69 13

АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ СССР
ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ
И ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Б. Ф. ВАСИЛЬЕВ

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

МОСКВА—1957

697.13+699.82 А
В19

АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ СССР
ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ ФИЗИКИ
И ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Б. Ф. ВАСИЛЬЕВ
канд. техн. наук

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Библиотека
Института
имени И. [illegible]
Инв. № 294182

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ЛИТЕРАТУРЫ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ
Москва—1957

ПЕРЕУЧЕТ 1980 г.

Научный редактор — канд. техн. наук *Брилинг Р. Е.*

В книге изложены результаты натурных теплотехнических исследований, проводившихся в течение ряда лет в жилых зданиях преимущественно массового строительства в различных городах СССР в зимних и летних условиях.

Исследования касаются теплопередачи наружных ограждений, их влажностного режима и воздухопроницаемости. Рассматриваются вопросы микроклимата помещений (распределение и изменение температур и влажности воздуха, воздухообмен помещений). Особый раздел посвящен вопросам, связанным с летним перегревом помещений в жарких климатических районах.

Книга предназначается для инженеров-строителей, проектировщиков и научных работников, работающих в области строительной теплотехники.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемый труд представляет собой обобщение результатов более чем десятилетней работы по натурным исследованиям температурно-влажностного режима жилых зданий и наружных ограждений, проведенным лабораторией теплофизики Института строительной техники Академии строительства и архитектуры СССР под руководством автора.

Практическое значение проведенных наблюдений заключается в том, что в результате их давались оценки конструкций с указанием их положительных и отрицательных качеств. Во многих случаях эта оценка намечает для конструкторов конкретный путь, по которому должно было идти совершенствование конструктивного решения и повышение долговечности конструкций. К числу последних относятся: исследования крупнопанельных конструкций, в результате которых была реабилитирована кирпичная стена без мокрой штукатурки; исследования, доказавшие непригодность стены из керамических блоков с крупными горизонтальными пустотами; исследования, показавшие, что в климате Средней Азии по условиям летнего перегрева достаточна стена в 1,5 кирпича и т. д.

К материалам, которые могут быть положены в основу проектирования и более углубленных исследований, можно отнести не затрагивавшийся до сего времени вопрос об исключительном значении в жарких климатических районах цокольного перекрытия, через которое из помещения первого этажа уходит большое количество тепла. Впервые в нашей литературе освещена огромная роль отраженной радиации в солнечном облучении стен в условиях городской застройки. Проведены наружные испытания конструкций, в которых применена в качестве теплоизоляции алюминиевая фольга. Подготовлена почва для применения в южных климатических районах искусственного охлаждения помещений и проведены (летом 1954 г. в Ташкенте, а летом 1956 г. — в Цхалтубо) впервые в СССР опыты по охлаждению при помощи теплового насоса и т. д.

Все эти разнообразные итоги наблюдений должны дать конструкторам материал для проектирования новых конструкций.

В работе отражены результаты наблюдений над различными

объектами в Москве и других городах СССР. В необходимых случаях делаются ссылки на испытания конструкций в холодильной камере лаборатории теплофизики, проведенные канд. техн. наук Ф. В. Ушковым.

Огромная по трудоемкости работа, естественно, потребовала для своего выполнения большого коллектива работников. Прежде всего необходимо отметить инж. А. З. Дмитриева, чья высокая квалификация и большая любовь к делу позволили оснастить исследовательские работы современной точной аппаратурой и проводить их на высоком техническом уровне. Неизменной участницей всех наблюдений и оформительницей их результатов была Н. П. Пылькина — старший техник-лаборант. Большое участие в отношении монтажа, обеспечения бесперебойного действия аппаратуры, а в некоторых случаях и в проведении самих наблюдений принимала Е. В. Шапошникова-Пешкова.

Кроме того, необходимо отметить группу аспирантов и диссертантов: Г. Н. Прозоровского, Ф. Т. Лисюру, В. С. Кролевца, Б. А. Смирнова, О. А. Мадатову, З. П. Ломтатидзе, В. Е. Константинову, Е. И. Семенову, Л. Н. Толстых и других.

Большую помощь в проведении исследований в Средней Азии оказал доцент Среднеазиатского политехнического института канд. техн. наук Г. Г. Мартиросян.

Тесная, повседневная связь лаборатории теплофизики со строительством сказалась в том, что в подавляющем большинстве случаев объекты зимних наблюдений, в которых были применены новые конструктивные решения, выдвигались строительными организациями. Во многих случаях отдельные конструктивные элементы были исследованы в лабораторных и натурных условиях. Общим признаком, объединяющим все объекты зимних наблюдений, является элемент новизны. Включение в некоторых случаях в круг исследований обычных конструкций преследовало только цели сравнения.

На выбор объектов летних наблюдений в большинстве случаев влияли соображения методического порядка. В этих случаях объект имел значение не сам по себе, а лишь как база для экспериментального выяснения различных закономерностей.

Б. Васильев

ВВЕДЕНИЕ

Наша страна отличается большим разнообразием климатических условий. Большая часть СССР расположена в сравнительно высоких широтах и удалена от морей. Наиболее южные, жаркие районы нашего Союза по большей части имеют резко выраженный континентальный климат.

В общем, по сравнению с остальными европейскими странами и США, наш Союз находится в невыгодных климатических условиях. Правда, в Северной Америке климат более суров, чем на соответствующих параллелях в Европе, но не следует забывать, что северная граница США находится (за исключением Аляски) на 49° сев. широты, т. е. примерно на широте таких наших южных городов, как Харьков и Полтава. Что же касается Канады, то там при чрезвычайной суровости зим не приходится бороться с летним перегревом помещений.

В табл. 1 приведено сопоставление климатических данных для некоторых пунктов СССР и зарубежных стран; показаны средние годовые температуры, средние температуры наиболее холодного и наиболее теплого месяцев, средние температуры условного отопительного сезона, т. е. времени года с температурами +5° и ниже, и продолжительность условного отопительного периода. Суровость зимнего периода выражается произведением продолжительности отопительного периода на средний температурный перепад (в тысячах градусо-дней).

В связи с суровостью климатических условий нашего Союза вопросы строительной теплофизики для нашей страны являются крайне актуальными.

Строительной теплофизике приходится иметь дело со многими физическими свойствами материалов: теплопроводностью, температуропроводностью, теплоемкостью, теплоустойчивостью, паропроницаемостью, воздухопроницаемостью, влажностью и рядом других свойств материалов, определяющих поведение их в конструкциях, разделяющих две среды с различными температурами и влажностями.

Назначение наружных ограждений с теплотехнической точки зрения — защита ограждаемого помещения (в котором в холод-

Таблица 1

Сопоставление климатических данных для некоторых пунктов СССР и зарубежных стран

Наименование пункта	Широта φ	Средняя годовая температура в град.	t наиболее теплого месяца в град.	t наиболее холодного месяца в град.	$t_{ср}$ отопительного периода в град.	Продолжительность отопительного периода в днях	Суровость зимы в тыс. градусо-дней
Ашхабад	37°57′	+15,7	+29,7	+0,4	+1,9	75	1,21
Сан-Франциско	37°48′	+13,4	+16,9	+9,9	—	—	—
Афины	37°58′	+18,6	+27	+9,3	—	—	—
Баку	40°21′	+13,9	+25,6	+3,4	+3,8	62	0,83
Нью-Йорк	40°23′	+11,3	+23,2	−0,6	+1	117	1,99
Мадрид	40°24′	+13,3	+24,3	+4,3	+4,7	42	0,56
Ташкент	41°20′	+13,2	+27	−1,3	+1	98	1,67
Чикаго	41°53′	+10,1	+23,3	−3,8	−0,4	131	2,41
Рим	41°54′	+15,4	+24,8	+6,7	—	—	—
София	42°42′	+10	+20,4	−1,7	+0,6	120	2,09
Новороссийск	44°43′	+12,6	+23,6	+2	+2,9	81	1,22
Белград	44°48′	+ 9,5	+22	−1,6	+0,8	107	1,84
Галифакс	44°39′	+ 6,2	+18,2	−5,6	−1,4	169	3,28
Сталинград	48°42′	+ 7,7	+24,7	−9,9	−4,9	162	3,71
Полтава	49°35′	+ 6,9	+20,6	−7,3	−3,3	165	3,51
Вена	48°15′	+ 9,2	+19,6	−1,7	+0.6	132	2,3
Париж	48°49′	+10,1	+18,3	+2,3	+2,7	100	1,53
Харьков	50°04′	+6,7	+20 6	— 7,7	— 3,5	166	3,5
Благовещенск	50°15′	−0,1	+21,2	−24,2	−12,9	201	6,21
Прага	50°05′	+8,8	+19	— 1,5	+ 0,7	137	2,37
Чита	52°02′	−3	+18,7	−27,4	− 13,9	222	7,08
Саратов	51°35′	+4,9	+21,1	−12,1	— 6,1	174	4,19
Берлин	52°33′	+9,1	+18,8	— 0,3	+ 1,4	132	2,19

Продолжение табл. 1

Наименование пункта	Широта φ	Средняя годовая температура в град.	t наиболее теплого месяца в град.	t наиболее холодного месяца в град.	$t_{ср}$ отопительного периода в град.	Продолжительность отопительного периода в днях	Суровость зимы в тыс. градусо-дней
Москва . . .	55°50′	+3,6	+18	—10,8	—5,3	194	4,52
Красноярск . .	56°01′	+0,6	+19,3	—18,6	—9,3	210	5,73
Свердловск . .	56°50′	+0,8	+17,2	—16,2	—8,2	211	5,53
Копенгаген . .	55°41′	+7,7	+17	— 0,4	+1,1	152	2,57
Ленинград . .	59°56′	+4,1	+17,5	— 7,7	— 3,7	193	4,19
Стокгольм .	59°21′	+5,9	+16,8	— 2.8	— 0,5	179	3,31
Осло	59°35′	+5,5	+17	— 4,5	— 1,7	183	3,61
Форт Черчиль	58°51′	—7,6	+12,4	—29,4	—13,4	269	8,45
Якутск	62°01′	—10,4	+19	—43,5	—23,5	240	9,96
Форт Конфиденс	66°40′	—10,3	+12,7	—34,1	—17,1	269	9,44
Каресуанда . .	68°27′	— 2,9	+12,3	—14,9	— 8,1	257	6,71

ное время года искусственно поддерживается определенная температура) от влияния наружной среды. Это обстоятельство определяет те физические процессы, изучение которых составляет предмет строительной теплофизики: теплопередачу непосредственно через ограждения, теплопотери вследствие воздухообмена (обусловленного ветровым и тепловым напорами), колебания температур в помещении во времени и в пространстве (в сопоставлении с отопительным режимом и с наружными тепловыми воздействиями), влажностный режим помещений и миграцию влаги в ограждениях (под действием разности парциальных давлений и температур). Все эти явления чрезвычайно осложняются в результате апериодических изменений температур и фазовых превращений.

В жарких климатических районах, где вопрос защиты помещений от летнего перегрева становится более актуальным, чем защита зимой от холода, возникают вопросы, связанные, с одной стороны, с интенсивным солнечным облучением, а с другой стороны, — с отсутствием искусственных мер поддержания определенной температуры воздуха в помещении. Вследствие этого приобретает исключительно большое значение теплоустойчивость ограждений и зданий и оказывается необходимым исследование всякого рода защитных приспособлений от перегрева помещений.

Натурные и лабораторные исследования, являющиеся отдельными звеньями научно-исследовательской работы, имеют свои специфические особенности. В то время как при проведении лабораторного опыта физическое явление может быть рассмотрено в чистом или, во всяком случае, очищенном виде, при проведении натурных наблюдений исследователь имеет дело с целым рядом факторов, накладывающихся друг на друга. При проведении натурных наблюдений наружный температурно-влажностный режим остается неуправляемым, внутренний же режим, в зависимости от обстановки наблюдений, может быть управляемым или только контролируемым. В первом случае, имеющем иногда место при постановке наблюдений в незаселенных неэксплуатируемых объектах, исследования приближаются к третьему виду экспериментации — павильонным испытаниям, занимающим промежуточное положение между лабораторным опытом и натурными наблюдениями.

Необходимость сочетания натурных и лабораторных исследований может быть проиллюстрирована следующими конкретными примерами.

1. Сборный железобетонный дом Березовского завода строительных конструкций (БЗСК), элементы которого не проходили лабораторных испытаний, был исследован в натуре, причем были получены убедительные доказательства недопустимости применения сквозных железобетонных ребер в стеновых панелях. Был разработан новый конструктивный вариант панелей с несквозными ребрами вразбежку. После натурных исследований, выявивших некоторые новые дефекты, конструкция была снова переработана с учетом всех замечаний, подвергнута лабораторным испытаниям и получила благоприятную оценку. Одновременно в лабораторной обстановке был исследован вопрос о предельных размерах теплопроводных включений и предложена эмпирическая формула, регламентирующая вопрос о допустимости простых теплопроводных включений.

2. Стена из керамических блоков с крупными горизонтальными пустотами была испытана в лабораторных условиях и рекомендована к применению с некоторыми ограничениями. Однако последующие натурные испытания показали, что на практике нельзя гарантировать надлежащего заполнения вертикальных швов раствором, вследствие чего фактическая теплозащитная способность стены совершенно не соответствовала расчетной. Стене была дана отрицательная оценка. В дальнейшем применение блоков этого типа для кладки наружных стен было запрещено, и в строительство были внедрены блоки с вертикальными щелевыми пустотами.

3. Натурные наблюдения на юге СССР дали возможность установить, что в жарких климатических районах через цокольное перекрытие в течение круглых суток тепло уходит из помещения, способствуя тем самым понижению температуры в поме-

щениях нижнего этажа. До проведения натурных наблюдений на этот важный факт не обращалось внимания.

Методика, применяемая в наших натурных наблюдениях, основывается на:

1) использовании современной аппаратуры отечественного производства соответствующей точности;

2) длительности наблюдений при частых круглосуточных замерах;

продолжительность зимних наблюдений составляет около месяца, реже — 3 недели, интервал между замерами — 3 часа; продолжительность летних наблюдений принимается 15—20 дней с интервалами между замерами в один час;

3) комплексности наблюдений (исследование ряда разнообразных факторов, оказывающих влияние на тепловлажностный режим);

4) проведении наблюдений в незаселенной опытной комнате, режим которой контролируется, а в некоторых случаях — задается.

Для температурных замеров, как правило, применяются взаимозаменяемые малогабаритные стоомные термометры сопротивления; через коммутационные щитки термометры сопротивления присоединяются к температуроизмерительному прибору инж. А. З. Дмитриева, сконструированному по схеме неравновесного моста.

Для измерения температур выше 60—70°, а также при исследовании ограждений с тонкими слоями (например, из фольги) применяются термопары медь — константан, присоединяемые через коммутационные щитки к микропотенциометру, переконструированному из переносного потенциометра ПП Гипроавиапрома. Гипертермопары применяются лишь при автоматической записи температур шеститочечным самописцем-потенциометром.

В некоторых случаях для контроля изменений температур, имеющих второстепенное значение (например, в помещениях, смежных с опытной комнатой), а также при проведении некруглосуточных наблюдений в заселенных комнатах применяются термографы.

При эпизодических замерах используются показания сухого термометра психрометра Ассмана.

Для замеров теплопотерь через ограждения нами применяется термотранзитометр инж. А. З. Дмитриева, присоединяемый к переносному потенциометру ПП или к потенциометру-самописцу.

Для замеров влажности воздуха в помещениях применяется психрометр Ассмана. При длительных наблюдениях в заселенных помещениях с неуправляемым тепловлажностным режимом употребляется гигрограф преимущественно с недельным заводом. В помещениях, смежных с опытной комнатой, устанавливается гигрограф или психрометр Августа. Показания гигрографа во

всех случаях периодически контролируются психрометром Ассмана.

Для замеров влажности воздуха в недоступных воздушных прослойках, имеющих значительный (не менее 1,0—1,5 $м^3$) объем, применяется психрометр Ассмана со специальным приспособлением. При небольших объемах воздушных прослоек может применяться электропсихрометр по принципу психрометра Августа со стаканчиками в виде сообщающихся сосудов. Для самых малых объемов пригоден колориметрический способ.

Для определения влажности материалов в ограждающих конструкциях до сих пор, из-за отсутствия соответствующих приборов, к сожалению, применялся несовершенный и грубый способ отбора проб шлямбуром с последующим высушиванием их в сушильном шкафу до постоянного веса.

Для замеров скорости ветра применялся чашечный анемометр, при небольших скоростях воздушных потоков — крыльчатый анемометр; направление ветра определялось самодельным вымпелом и компасом.

Для определения кратности воздухообмена антракометрическим способом применялся газоанализатор ВИП-2 (Институт патологии и терапии интоксикаций Академии медицинских наук), а в качестве источника углекислого газа — баллон с углекислотой.

При определениях воздухопроницаемости глухих участков стен и оконных проемов применяются одна или две (рабочая и защитная) металлические обоймы, размеры и форма которых определяются видом и характером исследовавшегося элемента ограждения; источник давления (в нашей практике — небольшие пылесосы промышленного типа); указатель давления — микроманометр Теплоавтомат, счетчик расхода — газовые часы или сухой газовый счетчик (в зависимости от величины расхода), секундомер.

В области радиационных исследований применяется для замеров интенсивности суммарного солнечного облучения пиранометр Янишевского, присоединяемый к переносному потенциометру ПП или к самописцу-потенциометру; для замеров прямой солнечной радиации — термоэлектрический актинометр, присоединяемый к переносному потенциометру; для измерения альбедо — альбедометр Былова — Янишевского, присоединяемый к гальванометру или к переносному потенциометру; для определения продолжительности солнечного сияния — гелиограф Кемпбела — Стокса, полярная модель.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ
РЕЖИМ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Глава I
ЗДАНИЯ СО СТЕНАМИ ИЗ КИРПИЧА И КЕРАМИЧЕСКИХ БЛОКОВ

1. Краткий обзор развития конструкций кирпичных стен. Теплотехнические особенности стен из кирпича и керамических блоков

В старые годы стены кирпичных домов независимо от теплотехнических соображений и от этажности зданий делались с большим запасом толщины. В конце XVIII и начале XIX вв. в средней полосе России, включая и Москву, толщина кирпичных стен достигала 140 *см*. С течением времени стены все более утонялись, и в годы, предшествующие Октябрьской революции, для Москвы толщина стены принималась в 2,5 кирпича, что с наружной и внутренней штукатурками составляло примерно 74 *см*.

В восстановительный период, наступивший после победы Октябрьской революции, при остром дефиците строительных материалов и нехватке рабочей силы, естественно, возник вопрос о нахождении путей дальнейшего утонения стены.

Толщина стены в 2,5 кирпича в средней полосе дореволюционной России обусловливалась, несомненно, общей экономической конъюнктурой и в то же время отвечала сложившимся в течение ряда предшествующих лет санитарно-гигиеническим требованиям, предъявлявшимся к жилищу.

Комплекс санитарно-гигиенических требований явился отправным пунктом при пересмотре конструктивных решений стен, начавшемся после окончания гражданской войны. Введение метрической системы измерений автоматически повлекло за собой некоторое утонение кирпичной стены. Старый кирпич, имевший размеры 6×3×1,5 вершка (26,6×13,3×6,7 *см*), был заменен кирпичом размерами 25×12×6,5 *см*. Вследствие такой замены теплозащитные качества стен снижались на 5,5 — 6%, чем можно было, конечно, пренебречь. В результате установилось требование о минимальном общем сопротивлении теплопередаче $R_0 = 1{,}10$ *м² час град/ккал*.

Однако по многим причинам стена в 2,5 кирпича не удовлетворяла строителей. Известные же в то время облегченные клад-

ки (например, Герарда) по разным причинам не получили большого распространения в городском строительстве.

Утонение массивной кирпичной стены без существенных изменений ее теплозащитных свойств могло быть достигнуто двумя способами: 1) путем применения облегченного кирпича как одного из компонентов кладки; 2) путем применения легкого (теплого) раствора, являющегося вторым компонентом кладки.

Облегченный кирпич в те времена мыслился как пористый кирпич, получаемый в результате выгорания опилок, примешанных к глине при формовании кирпича. Немногочисленные и не имевшие большого удельного веса в общей массе выпускавшейся продукции попытки выпуска пористого кирпича быстро заглохли из-за недоработанности технологического процесса.

Уменьшение толщины кирпичной стены пошло по второму пути, т. е. по пути применения легких растворов. Раствор занимает в общем объеме стены 25—26%, поэтому снижение его объемного веса на 400—600 *кг/м*^{3}, сказывается уменьшением объемного веса кладки на 100—150 *кг/м*^{3}. Такое снижение не давало возможности уменьшить толщину стены на 0,5 кирпича. Применение легкого раствора часто сопровождалось утолщением вертикального шва, параллельного плоскости стены, и нанесением «теплой» штукатурки на внутреннюю поверхность стены. Малая пластичность легкого раствора, непрочность теплой штукатурки являлись недостатками облегченных массивных стен.

В то же время малая пластичность и повышенная воздухопроницаемость легкого раствора создавали повышенную воздухопроницаемость кладки, в особенности сложенной в зимних условиях. Воздухопроницаемость различных кирпичных стен, по данным Р. Е. Брилинга, приведена в табл. 2.

Сама по себе воздухопроницаемость оштукатуренной стены на легком растворе не настолько велика, чтобы значительно повысить воздухообмен ограждаемого помещения. 1 *м*^{2} оконного проема при довольно плотном двойном переплете пропускает столько воздуха, сколько проникает через несколько десятков квадратных метров стены на легком растворе, оштукатуренной только с внутренней стороны. Однако ухудшение фактической теплозащитной способности стены против расчетной почти неизбежно вследствие появления продольной инфильтрации.

Стремление к облегчению кирпичных массивных стен привело, между прочим, и к тому, что в Москве в настоящее время имеется ряд домов со стенами в два кирпича на тяжелом растворе (причем во многих случаях наружная штукатурка отсутствует).

Такое облегчение характеризует некоторый отход от принятой системы нормирования температурно-влажностного режима жилых зданий. Так, например, хотя и возможно путем затраты большего количества топлива поддерживать в помещении ту же температуру (+18°), которая задана для помещений с «нормаль-

ными» ограждениями (в 2,5 кирпича), но при этом температура поверхности облегченной стены ($\tau_в$) окажется ниже температуры поверхности стены в 2,5 кирпича (в московских условиях разница может доходить до 1°). Даже столь небольшое понижение температуры в ряде случаев может послужить причиной образования конденсата на поверхности стены (главным образом, в углах). Кроме того, для людей, находящихся в помещении, оно явится причиной дополнительных теплопотерь излучением.

Таблица 2

Воздухопроницаемость кирпичных стен

Наименование стены	Толщина в *см*	Воздухопроницаемость в *кг/м² час мм* вод.ст.
Кирпичная стена без штукатурки на тяжелом растворе	64	1,09
То же, оштукатуренная с одной стороны	64	0,53
То же, оштукатуренная с двух сторон	64	0,026
Кирпичная стена без штукатурки на тяжелом растворе	52	0,52
То же, оштукатуренная с одной стороны	52	0,08
То же, оштукатуренная с двух сторон	52	0,026
Кирпичная стена ложковой кладки на тяжелом растворе	52	0,57
То же, оштукатуренная с одной стороны	52	0,071
То же, оштукатуренная с двух сторон	52	0,033
Стена из красного кирпича на легком растворе, без штукатурки	52	8,6
То же, второй образец	52	10,6
Стена из силикатного кирпича на легком растворе	52	4,9
Стена из красного кирпича на легком растворе	25	42
Стена из силикатного кирпича на легком растворе	25	23,6
Стена кирпичная с термовкладышами	38	1,16
То же, оштукатуренная с одной стороны	38	0,065

Однако в условиях эксплуатации стена в два кирпича на тяжелом растворе (даже неоштукатуренная с наружной стороны) не проявила в резкой степени тех недостатков, которые присущи, например, стене в два кирпича на легком растворе, считавшейся одно время до известной степени «эталоном». Поэтому возник вопрос, не следует ли узаконить стену в два кирпича на тяжелом растворе, а если это так, то не устарели ли существующие нормы?

Но стена в два кирпича по совокупности своих технико-экономических показателей, в том числе и по расходу кирпича, не могла считаться удовлетворительной. В результате появляются различные кирпичные конструкции, в большей или меньшей степени напоминающие стену Герарда. К числу их относятся кирпичные стены с заполнителями (Попова, Попова и Орлянкина,

Попова и Поповой и т. п.) и стены без заполнения полости между внутренней и наружной кирпичными ветвями (стена в 1,5 кирпича с воздушной прослойкой, стена П. С. Орлова и т. п.).

Применением конструкции без заполнения полости вопрос об облегчении ограждения решался более радикально.

Но, кроме чисто производственных и экономических соображений (например, о невозможности использования боя кирпича, об усложнении и удорожании кладки, о допустимой этажности и т. п.), применение таких стен ставило на очередь ряд теплотехнических вопросов. Следовало решить, безусловно ли необходима наружная штукатурка, можно ли заменить ее подрезкой швов, какой раствор нужно применять для кладки, имеют ли значение горизонтальные диафрагмы по высоте стены, каково значение продухов и т. д. Во всяком случае совершенно ясно и определенно возникал вопрос о воздухопроницаемости такой стены.

Великая Отечественная война, естественно, отодвинула на задний план развитие жилищного строительства. Сразу же после перелома в ходе военных действий с особой остротой возник вопрос об изыскании новых конструктивных решений. Было очевидно, что справиться с произведенными опустошениями и поднять жилищное строительство на более высокий уровень довоенными методами невозможно.

Очень большие выгоды сулил отказ от наружной и внутренней мокрой штукатурки. Штукатурные работы трудно поддаются механизации и весьма трудоемки. Наружная штукатурка требует устройства наружных лесов, которые при современных методах работ не применяются даже для кирпичной кладки. Кроме того, с наружной и внутренней штукатуркой вносится большое количество влаги в ограждающие конструкции.

Отказ от наружной мокрой штукатурки привел к необходимости расшивки (подрезки) швов стены хотя бы с наружной ее стороны. Подрезка швов — гораздо менее трудоемкая и более дешевая работа, проводимая одновременно с кирпичной кладкой и не требующая устройства наружных лесов.

Внешняя поверхность стены должна иметь привлекательный вид. Современный обыкновенный красный кирпич не обладает, однако, необходимыми декоративными качествами. Гораздо более декоративным оказался силикатный кирпич. В этом, помимо дешевизны, заключается одна из причин широкого распространения силикатного кирпича, хотя по своим теплотехническим качествам силикатный кирпич хуже красного. В дальнейшем широкое распространение получили керамические облицовочные плиты.

Внутренняя штукатурка была заменена сухой штукатуркой или облицовкой из гипсовых плит.

Внутренняя поверхность нередко имеет значительные неровности, которые раньше выравнивала и скрывала мокрая штукатурка. Несомненно, в будущем будут найдены и разработаны

приемы, которые позволят соблюдать ровную поверхность кладки не только с наружной, но и с внутренней стороны. Но до тех пор, пока этот вопрос не решен, сухую листовую штукатурку приходится располагать на относе. Это связано с необходимостью устройства каркаса, трудоемкого и требующего довольно большого количества древесины. Кроме того, недостатком сухой листовой штукатурки на относе является наличие швов, требующих кропотливой заделки или остающихся воздухо- и паропроницаемыми.

Установка листовой штукатурки по маркам также имеет недостатки.

В практике московского строительства примерами зданий, в которых осуществлен принцип полного отказа от мокрой штукатурки, могут служить дома Моссовета первой очереди, построенные на Песчаной ул., где стены выложены в 2,5 силикатных кирпича и внутренняя листовая штукатурка сделана на относе; дом Физического института Академии наук СССР (на Калужском шоссе), стены которого выложены в 1,5 силикатных кирпича и имеют внутреннюю облицовку из сплошных шлакогипсовых плит толщиной 10 *см*.

Р. Е. Брилинг проводил лабораторные испытания стен на воздухопроницаемость в 1938 г., когда вопрос о полном отказе от мокрой штукатурки в жилищном строительстве не ставился. Испытания стен без штукатурки представляли поэтому только методический интерес, так как было необходимо проследить влияние односторонней и двусторонней штукатурки на увеличение сопротивления воздухопроницанию. Вопрос же о воздухопроницаемости стен при замене штукатурки подрезкой швов не был исследован и не получил количественной экспериментальной оценки.

Таким образом, переход к новой фазе кирпичного строительства снова потребовал экспериментального выяснения ряда вопросов: о воздухопроницаемости неоштукатуренных стен с подрезанными швами, о влажностном режиме кладки из силикатного кирпича, о температурно-влажностном режиме прослоек при применении сухой листовой штукатурки и различных гипсовых плит. Все эти вопросы имели в конечном счете значение для выяснения теплозащитной способности стены в целом.

Дальнейшее облегчение стен из кирпича для многоэтажного городского строительства должно было неизбежно пойти по пути облегчения самого материала, т. е. по линии, не получившей должного развития в двадцатых годах. Таким образом, появляется многодырчатый кирпич.

Испытания стен, сложенных из многодырчатого кирпича (со 105 отверстиями — производства завода Азери в Эстонии и 60 отверстиями — Тучковского завода), были проведены в холодильной камере лаборатории теплофизики Института строительной техники и в теплотехническом павильоне ЦНИПС. В обоих случаях были получены весьма хорошие результаты, выдвинувшие

многодырчатый кирпич в теплотехническом отношении на одно из первых мест.

Многодырчатый кирпич наряду с лучшими теплотехническими показателями (коэффициент теплопроводности $\lambda = 0{,}48$ *ккал/м час град*) в то же время обладает всеми положительными качествами сплошного глиняного кирпича. Он достаточно прочен; процесс кладки, благодаря небольшим отверстиям, вглубь которых раствор почти не проникает, не закупоривает их, ничем не отличается от кладки сплошного кирпича. Никаких особенностей не представляет кладка углов оконных проемов и т. д. Благодаря значительной пустотности (порядка 20—28%) и облегчению веса кирпич может иметь полуторную высоту, что сокращает трудоемкость кладки.

Эффективность многодырчатого кирпича наглядно видна из следующего сравнения: вес стены в два многодырчатых кирпича на 36% меньше, чем вес стены в 2,5 обычных кирпича, теплозащитная способность стены на 14% больше обычной ($R_0 = 1{,}25$ *м²час град/ккал* вместо 1,10), что в эксплуатационных условиях обеспечивает снижение теплопотерь через стену на 10—12%.

К сожалению, многодырчатый кирпич требует для своего производства тонких глин, каких нет, например, под Москвой. Поэтому подмосковные заводы встали на несколько иной путь понижения коэффициента теплопроводности, а именно на путь сочетания дыр с пористостью материала. Таковы, например, 15-, 19-, 31-пористодырчатый кирпич Никольского, Кучинского и Очаковского заводов. Объемный вес (брутто) такого кирпича, испытанного в лаборатории теплофизики Института строительной техники, составлял 1 300—1 350 *кг/м³*. Коэффициент теплопроводности, в зависимости от дырчатости, оказался равным 0,50—0,55 *ккал/м час град*.

Появление дырчатого и пористодырчатого кирпича поставило следующие новые теплотехнические вопросы:

1) не будет ли в стенах происходить зимой накопления льда в пустотах, находящихся в зоне отрицательных температур;

2) какова воздухопроницаемость стены из многодырчатого и пористодырчатого кирпича;

3) не требуется ли обязательная облицовка стен из многодырчатого и пористодырчатого кирпича для защиты их от повышенной воздухопроницаемости, обеспечения от быстрого разрушения и придания им декоративности.

На некоторые из этих вопросов ответы уже получены, на другие — ответов еще нет.

Наряду с многодырчатым и пористодырчатым кирпичом в ассортименте керамических изделий появились керамические блоки [1] в первое время с крупными горизонтальными пустотами.

[1] В дальнейшем название «керамические блоки» отпало, и та разновидность керамической продукции, которая получила распространение в настоящее время, называется «семищелевой кирпич».

Большие размеры горизонтальных пустот значительно снижают теплотехнические качества блоков. Заполнение вертикальных швов, перпендикулярных поверхности стены, никогда не может обеспечить разобщение пустот, расположенных параллельно лицу стены. А это, по выражению профессора Н. А. Попова, создает в стене из керамических блоков «тепловой хаос». Хаотическое распределение температур в стене, во-первых, понижает эффективность кладки из керамических блоков; во-вторых, предварительный теплотехнический расчет становится проблематичным.

Сообщение между отдельными пустотами, находящимися в различных сечениях стены, кроме того, делает ограждение чрезвычайно воздухопроницаемым. Поэтому возникает необходимость в наружной облицовке стены.

Недостатки керамических блоков с горизонтальными пустотами не исчерпываются указанным выше. Горизонтальные пустоты блоков выходят в откосы оконных и дверных проемов, и требуется обрамление проемов кладкой из сплошного кирпича, блоков-напарников или же применение мокрой штукатурки.

Примерно так же обстоит дело и с образованием углов здания.

Крупные недостатки кладки из керамических блоков с горизонтальными пустотами привели в дальнейшем к запрещению их для кладки наружных стен и снятию с производства.

2. Влажностный режим кирпичных стен

Стена из обыкновенного кирпича содержит около 25% по объему раствора, имеющего начальную влажность около 20% (весовых). Таким образом, в стену здания вводится строительная влага, весовое количество которой по отношению к кладке в целом оценивается примерно в 4,5—5%.

Натурные наблюдения, проводившиеся автором летом 1939 г., показали, что к влаге, вносимой в стены с раствором, может добавляться значительное количество дождевой воды, поступающей в стены в тот период, когда здание еще не подведено под крышу. Особенно большое количество дождевой воды может поступить в стены при плотных железобетонных междуэтажных перекрытиях.

Таким образом, нередко кирпичное здание, сдаваемое в эксплуатацию, имеет повышенную влажность стен, в особенности при внутренней мокрой штукатурке. Наличие в стене строительной влаги требует в первые годы эксплуатации большой затраты топлива для компенсации дополнительных теплопотерь влажными стенами, а главное, для того, чтобы ускорить испарение строительной влаги из конструкций.

БИБЛ...
Белорусск... ...
ИНСТ...
имени И. ...
инв. № 237182

При нормальных условиях эксплуатации строительная влага в течение одного-двух лет испаряется из стен, и их влажностное состояние становится более или менее стабильным. Однако в течение года в зависимости от температурных и влажностных условий окружающей среды происходит перераспределение влаги и изменение ее общего количества в ограждении. Так, под действием значительной разности парциальных давлений водяного пара, содержащегося в воздухе помещений и в наружном воздухе, в зимнее время происходит некоторое накопление влаги в ограждении за счет поступления в него пара из воздуха помещения. Это явление усугубляется большой разностью температур внутреннего и наружного воздуха. Под действием этого фактора происходит оттеснение влаги к наружной стороне ограждения. Весной и летом под действием солнца и наружного теплого воздуха влага из стены уходит как наружу, так и в помещение. Уход влаги в сторону помещения обусловливает тенденцию к отсыреванию стен в марте. С наступлением холодного периода снова наблюдается перераспределение влаги и некоторое ее накопление.

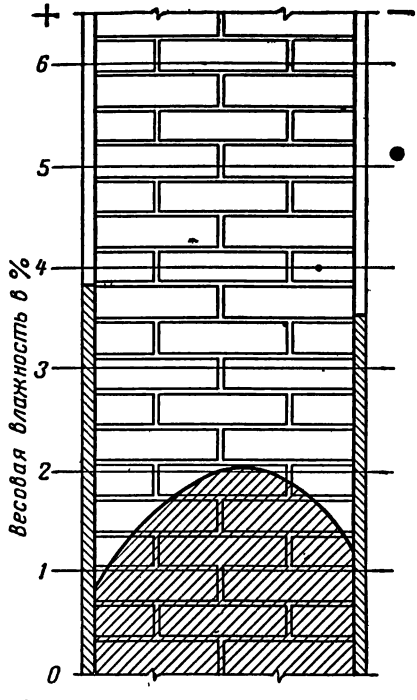


Рис. 1. Типичное распределение влаги в однородной стене

Миграция влаги в стенах под действием периодически изменяющихся влажностных и температурных условий окружающей среды, естественно, не может не отразиться на характере распределения влаги по сечению ограждения. Для однородной массивной кирпичной стены кривая распределения влаги по сечению имеет горб примерно по оси стены (рис. 1).

Конечно, это правильно только в общих чертах. В эксплуатационных условиях наблюдаются значительные отклонения. В зависимости от направления влажностного потока в данный период года горб кривой может передвигаться в сторону внутренней или наружной поверхности стены; влажность слоев, прилегающих к наружной поверхности стены, может значительно и довольно быстро изменяться в зависимости от косого дождя, солнечного облучения, образования и последующего оттаивания инея, сильного ветра и т. д. Кривые распределения влажности

в зоне отрицательных температур могут иметь провал. Ф. В. Ушков дал теоретическое обоснование этому явлению, указав, что подсыхание наблюдается именно там, где влага переходит из жидкой фазы в твердую.

В табл. 3 приведены средние значения весовой влажности отдельных слоев кирпичных стен по месяцам, полученные в результате отбора проб из 65 ограждающих конструкций толщиной в два кирпича и 20 конструкций в 2,5 кирпича.

В табл. 4 приведены средние влажности стен из силикатного кирпича по слоям, на основе обследования десяти объектов массового московского строительства, и по пробам, отобранным в

Таблица 3

Весовая влажность стен из красного кирпича (в процентах)

Стены в два кирпича на тяжелом растворе

Места взятия проб	Дата взятия проб				
	24/I	7/II	9/IV	23/V	8/VI
Штукатурка внутренняя . .	4,62	4,45	3,5	4,18	4,83
Слой под внутренней штукатуркой	1,51	1,85	0,38	1,86	0,78
15 *см* от внутренней поверхности	1,22	1,15	0,98	2,19	1
28 *см* от внутренней поверхности	1,22	1,05	1,21	2,31	1,04
40 *см* от внутренней поверхности	—	—	—	—	2,13
53 *см* от внутренней поверхности	—	—	—	—	1,6
Штукатурка наружная . .	—	—	—	—	3,1

Стены в 2,5 кирпича на тяжелом растворе

Места взятия проб	Дата взятия проб				
	25/I	8/II	13/IV	12/V	8/VI
Штукатурка внутренняя . .	4,7	4,17	3,6	5,1	3,6
Слой под внутренней штукатуркой	1,17	1,97	0,71	1	0,45
18 *см* от внутренней поверхности	0,67	0,97	1	0,8	0,7
34 *см* от внутренней поверхности	1,13	1,26	1,43	0,6	0,9
50 *см* от внутренней поверхности	2	0,7	0,61	—	0,1
66 *см* от внутренней поверхности	1,65	0,25	1,69	—	0,4
Штукатурка наружная . .	4,05	—	4,82	—	2,9

марте 1950 г. из стены корпуса № 3 по Песчаной ул. (эксплуатировавшегося первую зиму).

Таблица 4

Влажность стен из силикатного кирпича

Места взятия проб	При толщине стен	
	в два кирпича на тяжелом растворе с мокрой штукатуркой	в 2,5 кирпича на тяжелом растворе с сухой штукатуркой (первый год эксплуатаци)
Штукатурка внутренняя	3,70	—
Слой под внутренней штукатуркой	3,43	—
3 *см* от внутренней поверхности .	—	3,9
6	—	5,7
12	—	6,2
15	—	—
19	2,05	8,7
28	2,73	8,1
39	—	7,7
51	—	7,3

Стена с воздушной прослойкой в кладке, как и следовало ожидать, имела более благоприятный влажностный режим, нежели массивная стена. Обусловлено это повышенной проницаемостью стены и меньшими расстояниями, которые приходится пройти влаге для выхода ее из ограждения.

В табл. 5 приведены результаты изменения весовой влажности стен во времени по наблюдениям, проведенным над четырьмя различными стенами в опытном павильоне (рис. 2).

Таблица 5

Изменения весовой влажности четырех опытных стен во времени

Элементы конструкций	Весовая влажность в дни взятия проб						
	3 II 1944 г.	20/V 1944 г.	17/X 1944 г.	23/IV 1945 г.	16/V 1946 г.	21/III 1947 г.	средние значения (1944—46гг.
Штукатурка:							
стена I (без пароизоляции)	8,25	7,7	7,5	8,9	6,62	9,63	8,09
стена I (с пароизоляцией)	—	—	—	—	5,55	10,2	—
стена II	6,45	5,8	6,55	8,45	—	27,8	6,81
стена III	4,8	5,3	7,55	6	—	17,6	5,91
стена IV (без пароизоляции)	—	7,75	6,8	7,8	6,27	8,81	7,45

Продолжение табл. 5

Элементы конструкций	Весовая влажность в дни взятия проб						
	3/II 1944 г.	20/V 1944 г.	17/X 1944 г.	23/IV 1945 г.	16/V 1946 г.	21/III 1947 г.	Средние значения (1944-46 гг.)
стена IV (с пароизоляцией)	—	—	—	—	3,66	8,36	—
Кирпич:							
стена I (без пароизоляции)	2,87	3,05	1,64	0,76	—	1	2,08
стена I (с пароизоляцией)	—	—	—	—	—	1,85	—
стена II	1,63	1,42	0,16	0,6	—	1,05	0,95
стена III	1,2	1,15	1,26	0,45	—	2,64	1,02
стена IV (без пароизоляции)	2,59	1,22	0,17	0,3	—	1,74	1,07
стена IV (с пароизоляцией)	—	—	—	—	—	1,32	—
Оргалит стена III	10,45	12,05	13,5	8,45	—	15,27	11,11

До зимы 1946 г. наблюдения велись при влажности воздуха в помещении порядка 60%. В начале зимы 1946/47 г. влажность воздуха в помещении была доведена в среднем до 78,2%. Перед началом наблюдений внутренние поверхности коротких участков стен (рис. 2), не имевших пароизоляции (стены I и IV), были по штукатурке прошпаклеваны и окрашены масляной краской за два раза.

На основании данных табл. 5 можно сделать следующие заключения.

1. Покраска, примененная на стенах I и IV, малоэффективна. Влажность, полученная под пароизоляцией, больше, чем при отсутствии пароизоляции (и должна быть отнесена за счет колебаний влажности на отдельных участках стены).

2. Толь, расположенный под штукатуркой на относе, представляет собой более надежную изоляцию. Это видно, во-первых, по высокому проценту влажности тонкого слоя штукатурки, расположенной перед пароизоляционным слоем в стене II, во-вторых, по весьма малой влажности слоя кладки, находящегося непосредственно за воздушной прослойкой. Последнее, правда, находится в зависимости также и от осушающего действия воздушной прослойки, находящейся за слоем толя.

3. Менее совершенной оказалась изоляция битумом стены III.

При рассмотрении результатов влажности в разрезе всего периода испытаний видно, что до зимы 1945/46 г. (когда в павильоне поддерживалась влажность порядка 60%) влагосодер-

жание кирпичной кладки постепенно понижалось. К 23 апреля 1945 г. влажность кирпичной кладки всех стен стала менее 1%.

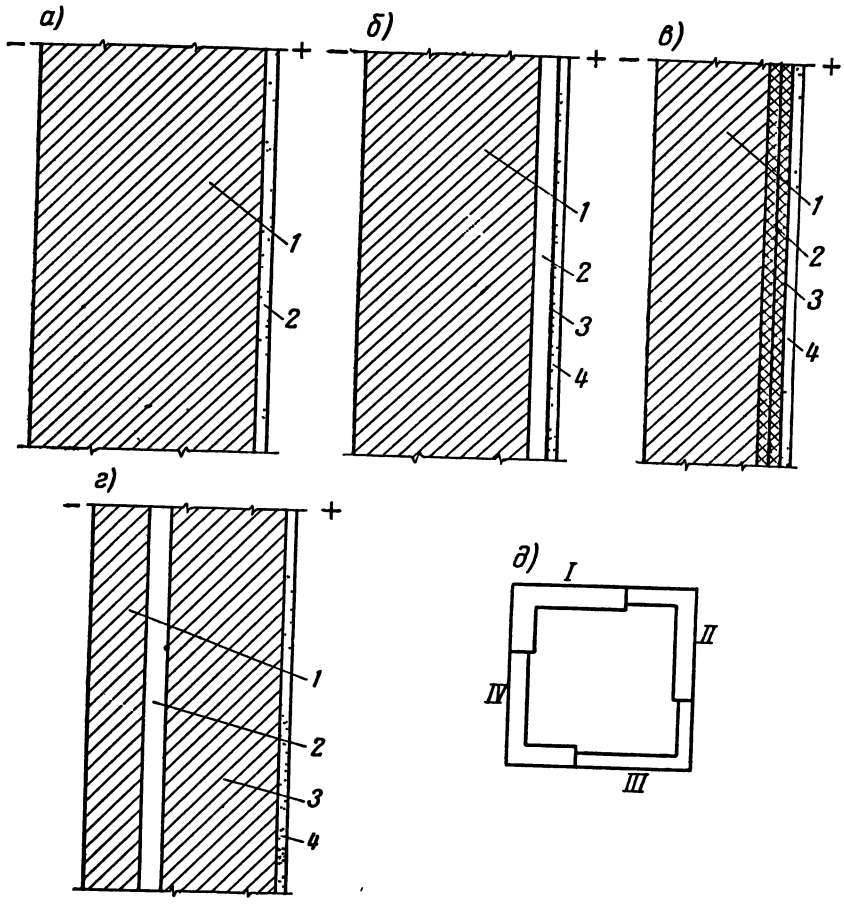


Рис. 2. Четыре кирпичных стены различных конструкций

а—стена *I* в два кирпича; *1*—два кирпича на легком растворе; *2*—внутренняя штукатурка; *б*—стена *II* в 1,5 кирпича со штукатуркой по сетке на относе: *1*—1,5 кирпича на легком растворе, *2*—рейки 40 × 40 *мм*, *3*—толь; *4*—штукатурка по сетке; *в*—стена *III* в один кирпич на легком растворе, *1*—один кирпич на легком растворе, *2*—два слоя древесноволокнистых плит (50 *мм*), *3*—толь, *4*—штукатурка по драни; *г*—стена *IV* в 1,5 кирпича на легком растворе; *1*—0,5 кирпича на легком растворе, *2*—воздушная прослойка 50 *мм*, *3*—один кирпич на легком растворе, *4*—внутренняя штукатурка; *д*—схема расположения стен

Влажность оргалита также оказалась ниже первоначального значения. Влажность штукатурки колебалась в небольших пределах.

Во второй половине зимы 1945/46 г. влажность воздуха в помещении была повышена, но это не сопровождалось ощутимым

увеличением ее в стеновых материалах. Лишь после зимы 1946/47 г., в продолжение которой влажность воздуха в павильоне поддерживалась на высоком уровне, влажность стеновых материалов заметно повысилась и в отдельных случаях стала в несколько раз больше, чем в начале наблюдений.

В табл. 6 приведены результаты влажности, полученные в первый год эксплуатации стены в 1,5 кирпича с внутренней штукатуркой и воздушной прослойкой в кладке (дом в Нижних Лихоборах).

Таблица 6

Влажность стены в 1,5 кирпича с воздушной прослойкой в кладке

	Весовая влажность в слоях					
	штукатурка внутренняя	на внутренней поверхности	12 *см* от внутренней поверхности	25 *см* от внутренней поверхности	30 *см* от внутренней поверхности	42 *см* от внутренней поверхности
СЗ стена	6,16	1,8	1,95	1,62	1,7	0,72
СВ стена	8,02	1,9	1,8	1,76	1,69	0,92
Среднее значение	7,09	1,85	1,88	1,69	1,7	0,82

В табл. 7 приведены результаты температурно-влажностного режима прослоек в стене в 1,5 кирпича с воздушной прослойкой в кладке, относящиеся к тому же дому.

Таблица 7

Температурно-влажностный режим прослоек стены

Элементы характеристики	1-й участок		2-й участок		3-й участок	
	1-й этаж	2-й этаж	1-й этаж	2-й этаж	1-й этаж	2-й этаж
Температура						
$t_в$	13,46	9,35	14,8	5,67	14,8	5,67
$t_{прослн}$	2,24	1,77	2,49	1,2	3,15	2,34
$t_н$	—0,91	—0,91	—0,91	—0,91	—0,91	—0,91
Абсолютная влажность						
$l_в$	—	—	7,18	—	7,13	—
$l_{прослн}$	3,63	4	3,95	3,96	5,05	4.69
$l_н$	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88	2,88
Относительная влажность						
$\varphi_в$	—	—	56,5	—	56,5	—
$\varphi_{прослн}$	87,8	86,4	72,1	79,2	87,8	86,4
$\varphi_н$	65,8	65,8	65,8	65,8	65,8	65,8

Опытная стена с воздушной прослойкой в кладке была разделена на три обособленных участка. На первом участке, неоштукатуренном снаружи, были устроены продухи, образованные вынутыми из наружной ветви стены кирпичами, — по три над цоколем и под карнизом. На втором участке, также неоштукатуренном снаружи, продухи отсутствовали. Третий участок отличался от второго наличием наружной штукатурки. На всех участках внутри была мокрая штукатурка в первом этаже и сухая листовая штукатурка на относе во втором этаже. Горизонтальной диафрагмы между первым и вторым этажами не было.

Из табл. 7 видно, что средняя абсолютная влажность на первом участке имеет наименьшее значение; к ней приближается влажность воздуха на втором участке; на третьем участке влажность имеет наибольшее значение. Абсолютная влажность в прослойке почти одинакова для первого и второго этажей. Относительные влажности в воздушных прослойках вторых этажей несколько выше из-за более низких температур. Во всех случаях влажностный режим воздушных прослоек можно считать удовлетворительным.

Данные об изменении во времени влажности стены в 1,5 кирпича с гипсошлаковой плитой на относе (рис. 3) приведены в табл. 8. Средняя влажность кладки из силикатного кирпича перед сдачей дома в эксплуатацию (в феврале 1950 г.) оказалась равной 5,6%.

Таблица 8

Изменение влажности стены в 1,5 кирпича с гипсошлаковой плитой на относе в процессе эксплуатации

Места взятия проб	Весовая влажность в дни взятия проб			
	III/52	IX/52	II/53	IV/53
Гипсошлаковая плита	15,23	16,04	14,75	16,38
Кирпич на глубине до 13 *см* от внутренней поверхности	—	3,95	3,22	1,93

Из табл. 8 видно, что силикатный кирпич стал достаточно сухим.

Большой интерес представляет влажностный режим воздушной прослойки такой стены. Наблюдения над ходом изменения относительной влажности и температуры воздуха в воздушной прослойке были начаты перед сдачей дома в эксплуатацию (с 8 февраля по 5 марта 1950 г.). Средние данные за этот период приведены в табл. 9.

В дальнейшем наблюдения над температурно-влажностным режимом воздушной прослойки продолжались в течение почти двух лет.

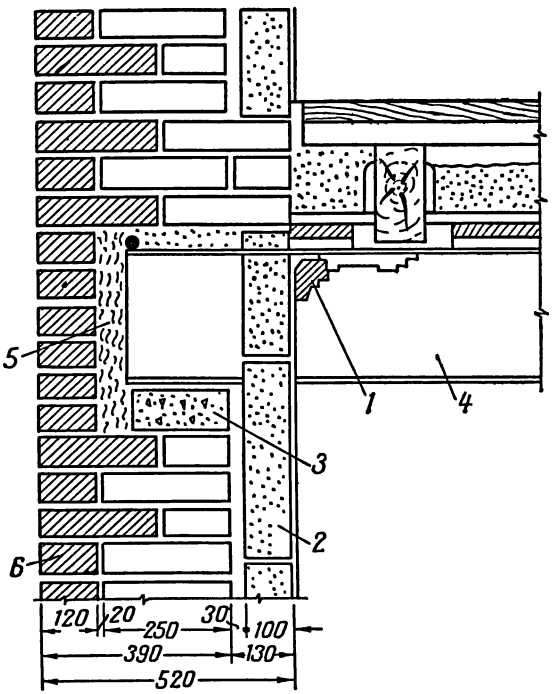


Рис. 3. Стена в 1,5 кирпича с гипсошлаковой плитой на относе

1—деревянный карниз; *2*—гипсошлаковая плита; *3*—железобетонная подушка 390×190×90; *4*—стальная балка (прогон); *5*—минеральный войлок 40 *мм*; *6*—облицовка силикатным кирпичом с расшивкой швов

Таблица 9

Температурно-влажностный режим воздушных прослоек стен в 1,5 кирпича с гипсошлаковой плитой на относе до сдачи дома в эксплуатацию

Элементы характеристики	Температура в град.	Относительная влажность в %	Абсолютная влажность в *мм* рт. ст.
Внутренний воздух (в помещении) .	14	64,4	7,72
Воздух в прослойке СВ стены . . .	2,7	90	5,38
Воздух в прослойке ЮВ стены . . .	2,6	99,5	5,32
Наружный воздух	—3,9	81,3	2,69

На рис. 4 и 5 показан ход изменения температур и влажности воздуха внутреннего, наружного и в прослойке в период эксплуатации дома после окончания основных наблюдений. Из рис. 4

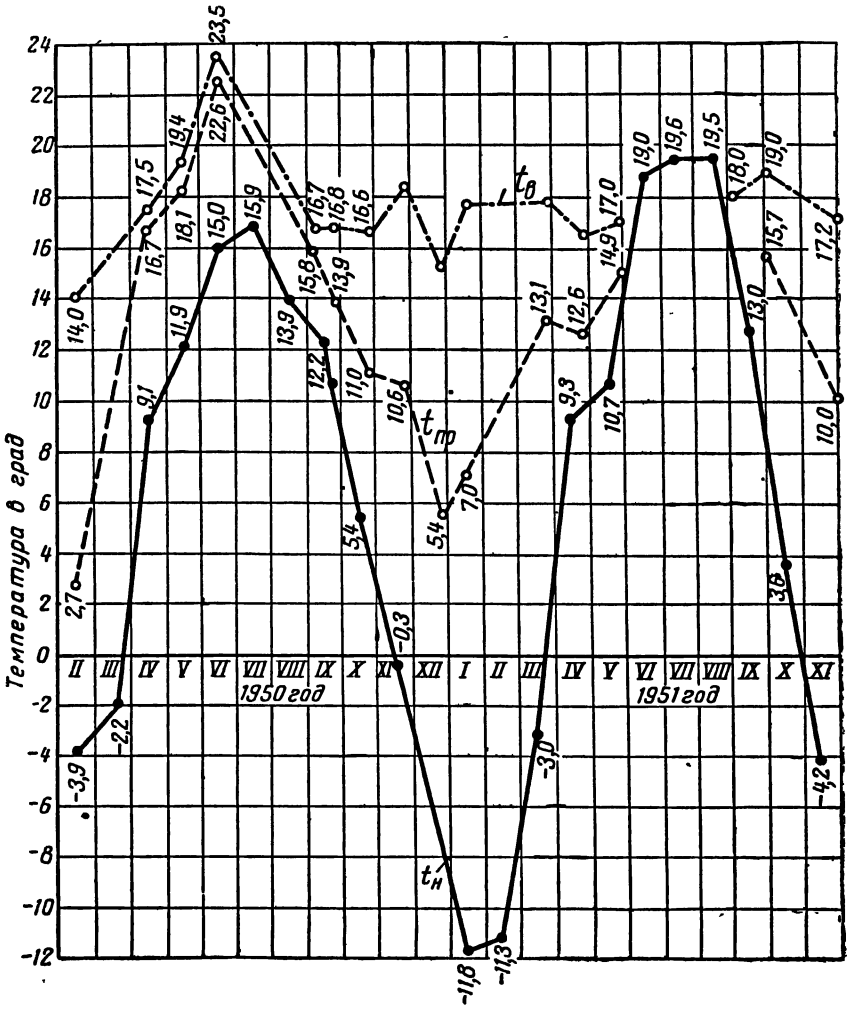


Рис. 4. Изменение температур воздуха внутреннего, наружного и в воздушной прослойке (стена в 1,5 кирпича с гипсошлаковой плитой на относе)

видно, что температура воздуха в прослойке ($t_{просл}$), приближавшаяся в первую зиму к температуре наружного воздуха ($t_н$) (что должно рассматриваться как ненормальное явление), с повышением $t_н$ быстро возрастает и, удалясь от температуры наружного воздуха, становится почти равной температуре внутреннего воздуха ($t_в$). Если в феврале перепад $t_в - t_{просл}$ состав-

лял 63,1% всего перепада $t_в - t_н$, то в июне он равен всего 10,6% от $t_в - t_н$.

Из рисунков следует также, что по сравнению с февралем 1950 г. положение в январе 1951 г. коренным образом изменилось. Кривая температур воздушной прослойки придвинулась к кривой температур внутреннего воздуха. Перепад $t_в - t_{просл}$ в январе 1951 г. составлял уже всего 36,5% перепада $t_в - t_н$ вместо 63,1% в феврале 1950 г.

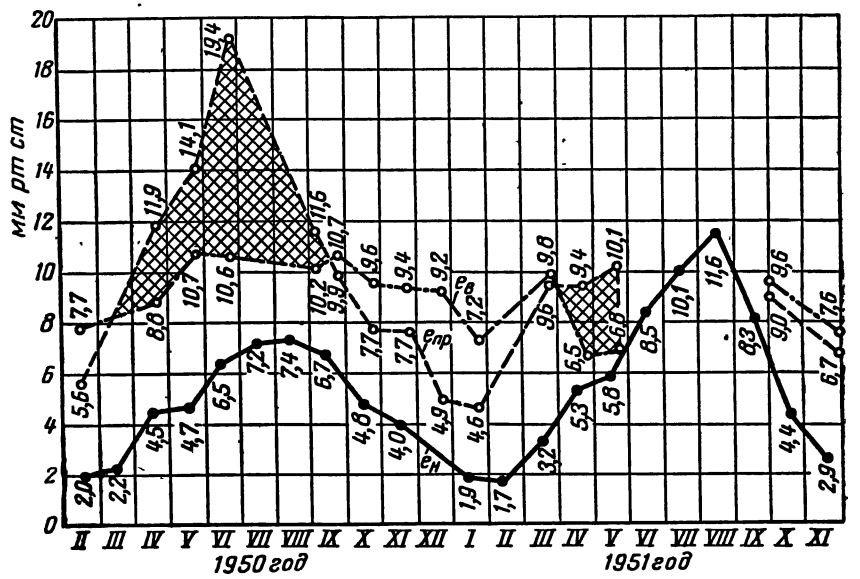


Рис. 5. Изменение абсолютной влажности воздуха внутреннего, наружного и в воздушной прослойке (стена в 1,5 кирпича со шлакогипсовой плитой на относе)

Из рис. 5 видно, что в феврале абсолютная влажность распределяется по обычному зимнему закону: влажность воздуха в прослойке занимает промежуточное положение между влажностью воздуха внутреннего и наружного. Однако уже в апреле она становится много выше влажности внутреннего воздуха, а в июне почти вдвое превосходит ее. Полученные данные говорят о том, что повышение температуры в воздушной прослойке сопровождается увеличением влажности воздуха вследствие интенсивного испарения влаги, главным образом, из кирпичной кладки, образующей холодную ограничивающую поверхность воздушной прослойки. Под действием разности парциальных давлений водяной пар стремится выйти и внутрь помещения и наружу. К концу сентября линии $e_{просл}$ и $e_в$ пересекаются, и кривая $e_{просл}$ переходит на зимнее положение. Дальнейший уход влаги из прослойки возможен только наружу.

В табл. 10 приведены данные о средних величинах температур, абсолютной и относительной влажности для воздуха наружного, внутреннего и содержащегося в воздушной прослойке за 193-дневный период — с 13 марта по 21 сентября 1950 г. (соответствующий интенсивному высыханию материалов).

Таблица 10

Температурно-влажностное состояние воздуха в период интенсивного высыхания материалов

Элементы взятия проб	Температура в град.	Абсолютная влажность в *мм* рт. ст.	Относительная влажность в %
Воздух в помещении	19,2	10	60
Воздух в прослойке	17,5	14	93
Воздух наружный	12	7,7	73

Лето 1950 г. было холодным и сырым. Дом был первый год в эксплуатации. Но даже по ходу кривых 1950 г. не было оснований опасаться неблагоприятного влажностного режима воздушной прослойки.

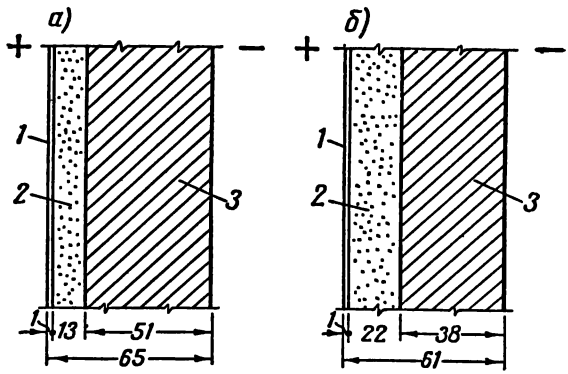


Рис. 6. «Московская экономичная» стена
а—в два кирпича; *б*— в 1,5 кирпича; *1*—сухая штукатурка, *2*—гипсошлакобетон, *3*—кирпич

Более благоприятное лето 1951 г. способствовало более интенсивному осушению воздуха в прослойке и при обследовании, проведенном в марте 1952 г., стены оказались совершенно сухими. Влажность воздуха в помещении была около 50% (см. табл. 8).

Так называемые «московские экономичные» стены (рис. 6) состоят из основной наружной ветви неоштукатуренной кирпичной кладки (преимущественно из силикатного кирпича), гипсо-

шлакового или шлакобетонного заполнения и внутренней облицовки из гипсовой листовой штукатурки (ригипса).

Такая конструкция позволяет в широких пределах изменять теплозащитные качества стены, в то же время сокращая расход кирпича. Принципиально возможная толщина кирпичной кладки в «московских экономичных» стенах колеблется от 0,5 кирпича с промежуточными пилястрами до двух кирпичей; для получения заданного сопротивления теплопередаче соответственно изменяется толщина заполнения. Фактически осуществленные в московском строительстве «экономичные» стены имели толщину основной ветви в два кирпича и в отдельных случаях — в 1,5 кирпича.

Результаты определения влажности материалов в «экономичных» стенах приведены в табл. 11.

Таблица 11

Влажность материалов „московских экономичных" стен (в процентах по весу)

Места взятия проб	Ввод в эксплуатацию	1952 г.		1953 г.	
		март	сентябрь	февраль	апрель
Кожухово, корпус 9:	Лето 1951 г.				
ригипс		21,2	18,9	21,3	—
гипсошлак (слой 13 *см*)		9,2	8	6,2	—
силикатный кирпич (в слое 13 *см*)		9,7	7,3	8,9	—
Кожухово, корпус 7:	Лето 1951 г.				
ригипс		19,8	20,8	21	21
гипсошлак (слой 6—7 *см*)		9	7,2	6,7	9,1
силикатный кирпич (в слое 13 *см*)		9,7	6,3	4,7	7,1
Песчаная, корпус 63, 6-й этаж:	Зима 1951/52 г.				
ригипс		19,5	18,8	18,2	21,3
гипсошлак (слой 13 *см*)		9,1	9,5	9,6	10,6
силикатный кирпич (в слое 13 *см*)		12	6,2	7,4	7,7
То же, 7-й этаж (1,5 кирпича):					
ригипс		22,4	15,4	21,3	—
гипсошлак (слой 22 *см*)		20	6,8	4,3	6,5
силикатный кирпич (в слое 13 *см*)		16,6	7,9	11,5	6,4
Улица Левитана, корпус 6:	Весна 1952 г				
ригипс		20,3	—	—	—
шлакобетон		14,6	—	—	—
силикатный кирпич (в слое 13 *см*)		10,4	—	—	—
Улица Левитана, корпус 11:	Весна 1952 г.				
ригипс		17,4	—	—	—
пористый шлакобетон (слой 11 *см*)		9,3	—	—	—
силикатный кирпич (в слое 13 *см*)		14,8	—	—	—

Из таблицы видно, что влажность ригипса колеблется в сравнительно узких пределах, почти не изменяясь во времени. Высокая влажность сухой листовой штукатурки должна быть отнесена в первую очередь за счет специфических свойств гипса. Наблюдения показывают, что ригипс на относе имеет влажность лишь на 1—2% меньше.

Меньшее единообразие обнаруживает влажность заполнителя. Наибольшая влажность гипсошлака (20%) отмечена в корпусе № 63 по Песчаной ул. (стена в 1,5 кирпича), когда корпус еще не был сдан в эксплуатацию. Большую влажность (14,6%) имел также шлакобетон в еще не сданном в эксплуатацию корпусе № 6 по ул. Левитана. Во всех остальных случаях при взятии мартовских проб в 1952 г. влажность гипсошлака близка к средней величине 9,5%. В дальнейшем влажность заполнения несколько уменьшается и на сентябрь 1952 г. составляет 7,9%, на февраль 1953 г. — 6,7%, на апрель 1953 г. — 7,9%.

Непомерно высокая влажность силикатного кирпича в «московских экономичных» стенах по данным, полученным в марте 1952 г., объясняется отчасти тем, что, кроме оставшейся строительной влаги, произошло зимнее ее накопление и перераспределение.

Средняя влажность кирпича в слое 0—13 *см* от внутренней поверхности кладки по мартовским замерам равна 11,9%. Затем влажность кирпича, как и гипсошлака, уменьшается и на сентябрь 1952 г., февраль и апрель 1953 г. соответственно составляет 6,9%; 8,2% и 7,2%, т. е. кирпич остается все же чрезвычайно влажным.

Полученные данные говорят о безусловно неблагоприятном влажностном режиме «московских экономичных» стен в первый год эксплуатации; не вполне благоприятный влажностный режим (повышенная влажность кирпича в слоях, примыкающих к заполнению) отмечался нами и в дальнейших наблюдениях.

Облегченная стена с утеплителем, расположенным между внутренним и наружным слоями кирпича, может быть образована из блоков Кузьмина-Самриной, предназначенных для сельского и колхозного строительства (рис. 7). Два опытных дома с такими стенами находятся на 53-м километре Ленинградского шоссе, в колхозе имени М. И. Калинина.

В табл. 12 приведены данные о весовой влажности стеновых материалов, средние по двум домам. Пробы отбирались из северных стен в 1951/52 г. с первой зимы после ввода домов в эксплуатацию. Положение точек в сечении показано на рис. 7.

Результаты показывают, что при небольшой влажности наружной и внутренней штукатурки еще более сухим оказывается кирпич с внутренней стороны стены. Значительно большая влаж-

ность отмечена, конечно, в самане, имеющем объемный вес 350—410 *кг/м*³. Наибольшая влажность должна быть на границе саманной плиты и наружного ряда кирпича, что не всегда получается из-за гнездового распределения влаги в крупных и неравномерных порах самана.

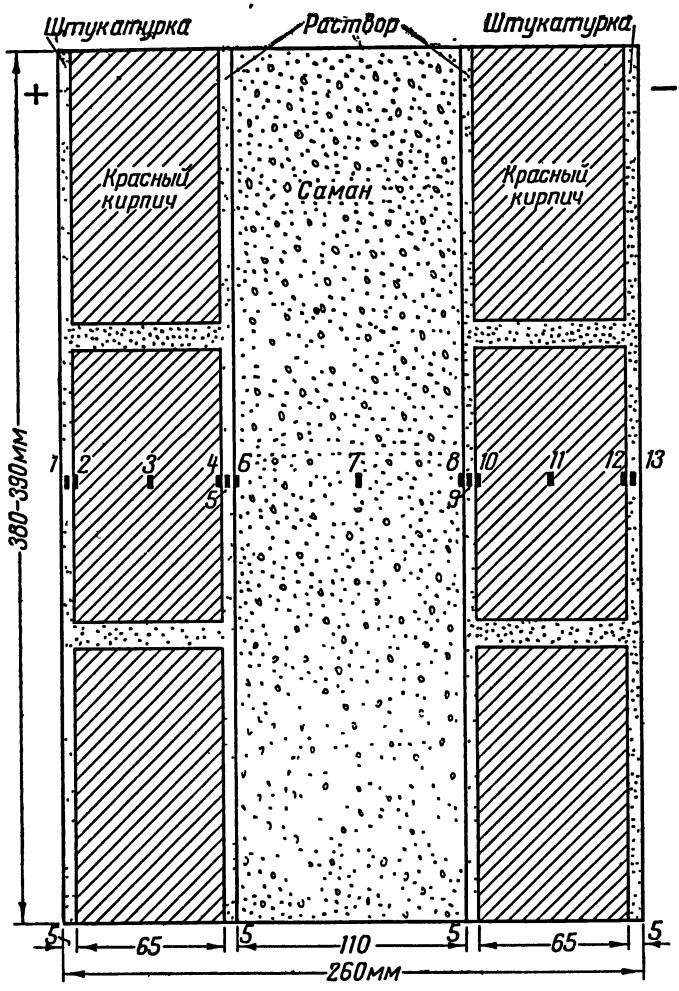


Рис. 7. Блок Кузьмина-Самриной с указанием мест взятия проб на влажность (вертикальный разрез)

Все же общий характер распределения влаги вырисовывается достаточно ясно и говорит об удовлетворительном влажностном состоянии самана.

Таблица 12

Весовая влажность стен из блоков Кузьмина-Самриной

Точки	Январь	Март	Июнь	Июль	Октябрь	Ноябрь	Февраль	Среднее
1	1,47	1,89	1,4	1,79	1,42	1,52	2,88	1,76
2	0,52	0,44	0,28	0,33	0,56	0,59	0,69	0,49
3	0,34	0,24	0,13	0,17	0,31	0,31	0.38	0,27
4	0,38	0,39	0,16	0,15	0,4	0,22	0,24	0,29
5	1,52	2,75	4,57	3,55	1,77	2,88	4,07	3,01
6	15,02	9,24	10,27	15,67	8,42	7,34	4,59	10,31
7	7,91	12,05	10,69	25,26	10,33	14,45	9,26	12,85
8	18,95	13,8	10,41	8,88	7,88	10,62	11,08	11,66
9	14,6	12,13	5,78	—	1,87	9,77	14,55	10,6
10	0,74	5,7	4,38	8,29	—	3,81	5,22	4,45
11	1,18	3,77	2,68	4,51	0,64	2,58	1,9	2,29
12	1,92	3,14	1,43	1,46	0,69	1,34	0,24	1,46
13	2,14	3,53	1,64	2	1,61	1,78	1,47	2,04

3. Воздухопроницаемость стен

Как уже указывалось в разделе 1 этой главы, массивные кирпичные стены с односторонней или двусторонней мокрой штукатуркой не давали никаких поводов заниматься их воздухопроницаемостью с точки зрения теплопотерь. Однако положение резко изменилось с внедрением в строительство пустотных кирпичных стен, керамических блоков и таких строительных деталей, как оконные блоки.

Воздухопроницание, или фильтрация, может быть **сквозным**, когда через все сечения, параллельные поверхности стены, в определенные промежутки времени проходит одно и то же количество воздуха. При **продольной** инфильтрации воздух, поступив в ограждение, не проникает в помещение, а, омывая внутренние слои, уходит из ограждения обратно другими путями, чем пути входа. **Внутренняя** инфильтрация (по терминологии Р. Е. Брилинга), есть по-существу конвекция в конструкции с пустотами или в материале с крупными незамкнутыми порами.

Сквозная фильтрация делится на **инфильтрацию** (воздушный поток направлен из ограждения в помещение) и на **эксфильтрацию** (воздушный поток направлен из помещения в ограждение).

Смещение температурного поля при наличии инфильтрации выражается в том, что кривая распределения температур по сечению стены провисает по отношению к расчетной кривой, вычисленной без учета воздухопроницаемости ограждения. При этом вся кривая смещается вниз, так что разность $t_н - \tau_в$ увеличивается, а разность $\tau_н - t_н$, наоборот, уменьшается.

При наличии эксфильтрации обнаруживается обратное явление.

Смещение температурных полей, замеченное и ранее, было в последние годы теоретически обосновано Р. Е. Брилингом и, главным образом, Ф. В. Ушковым, давшим формулы для определения температур τ_x в любом слое ограждения при наличии инфильтрации:

$$\tau_x = t_н + (t_в - t_н)\frac{e^{cJR_x} - 1}{e^{cJR_0} - 1},$$

где $t_н$ — температура наружного воздуха;

$t_в$ — температура внутреннего воздуха;

e — основание натурального логарифма;

c — теплоемкость воздуха, равная 0,24 *ккал/кг град*;

J — коэффициент фильтрации;

R_x — термическое сопротивление наружной части ограждения до рассматриваемого слоя (включая сопротивление теплопереходу) при отсутствии фильтрации;

R_0 — сопротивление теплопередаче ограждения при отсутствии фильтрации.

В данном случае неизвестной является величина τ_x.

Чтобы не усложнять вида формулы, можно решать задачу путем попыток, подставляя в приведенную формулу все известные значения за исключением τ_x и сравнивая вычисленные при этом значения τ_x с полученными из наблюдений.

Величины входящего и выходящего тепловых потоков определяются также по формулам Ф. В. Ушкова;

$$Q_{вход.инф} = \frac{cJ(t_в - t_н)}{e^{cJR_0} - 1} e^{cJR_0}, \quad Q_{выход.инф} = \frac{cJ(t_в - t_н)}{e^{cJR_0} - 1};$$

$$Q_{вход.эксф} = \frac{cJ(t_в - t_н)}{e^{cJR_0} - 1},$$

$$Q_{выход.эксф} = \frac{cJ(t_в - t_н)}{e^{cJR_0} - 1} e^{cJR_0},$$

где R_0 — сопротивление теплопередаче при отсутствии фильтрации.

Определение воздухопроницаемости ограждения может быть произведено также прямым натурным методом.

Результаты определения прямым натурным методом воздухопроницаемости стен в 2,5 кирпича без мокрой штукатурки (дома первой очереди на Песчаной ул. в Москве) приведены в табл. 13.

Таблица 13

Фактические коэффициенты воздухопроницания стен из силикатного кирпича с подрезкой швов

Стены	Корпус	Квартира	Этаж	Фактический коэффициент воздухопроницания	
				в $м^3/м^2$ *час мм* вод. ст.	в *кг/м³ час мм* вод. ст.
Наружная с расшивкой швов	11	1	1	0,1	0,13
» » » »	11	3	3	0,12	0,16
» » » »	13	27	1	0,06	0,08
» » » »	9	1	1	0,16	0,21
» » » »	9	1	1	0,25	0,32
» » » »	16	—	2	0,19	0,24
Среднее значение . .				0,15	0,19
Наружная с мокрой штукатуркой	13	27	1	0,05	0,07
Внутренняя	16	—	2	0,76	0,99

Повышенная воздухопроницаемость наружной стены корпуса № 16 объясняется, повидимому, недостаточно качественной расшивкой швов. То же относится и к стене корпуса № 9.

Результаты определения воздухопроницаемости стены корпуса № 13 с мокрой штукатуркой показывают почти полное совпадение с данными лабораторных испытаний Р. Е. Брилинга (K = =0,065 и 0,069 *кг/м²час мм* вод. ст.).

Для внутренней стены в 1,5 кирпича полученный коэффициент воздухопроницания 0,99 *кг/м² час мм* вод. ст. на 35% выше опубликованных лабораторных данных (0,71 *кг/м² час мм* вод. ст.).

За отсутствием соответствующих результатов лабораторных исследований воздухопроницаемость наружных стен с подрезкой швов можно сравнивать лишь с воздухопроницаемостью оштукатуренных и неоштукатуренных стен без подрезки швов. Результаты натурных исследований показывают, что подрезка снижает воздухопроницаемость стены в три-семь раз. В результате воздухопроницаемость такой стены только вдвое больше воздухопроницаемости оштукатуренной стены.

По визуальным наблюдениям и температурным замерам особо неблагополучными по продуваемости в домах на Песчаной ул. оказались места сопряжения кладки с коробками окон и балконных дверей. В связи с этим их воздухопроницаемость была также измерена непосредственно. Замеры показали огромную продуваемость, оцениваемую в 3 *м³/пог. м час мм* вод. ст.

Штукатурка внутренних откосов алебастровым раствором

уменьшает коэффициент воздухопроницания примерно вдвое, но такое уменьшение еще недостаточно.

В табл. 14 приведены сводные данные о сопротивлении теплопередаче стены в 1,5 кирпича с воздушной прослойкой в кладке, испытанной в опытном доме в Нижних Лихоборах. Термические сопротивления подсчитаны на основании замеренных температур и тепловых потоков.

Таблица 14

Сопротивление теплопередаче стены в 1,5 кирпича с воздушной прослойкой в кладке

Элементы сопротивления теплопередаче	Расчетное сопротивление	Северо-запад 1949 г.		Северо-запад 1950 г.		Северо-восток 1950 г.		Среднее расхождение в %
		$R_{факт.}$	в %	$R_{факт.}$	в %	$R_{факт.}$	в %	
Сопротивление $R_в$	0,133	0,06	—55	0,092	—31	0,08	—40	—42
Штукатурка внутренняя	0,033	0,027	—18	0,033	0	0,047	+42	+8
Внутренняя ветвь	0,385	0,515	+34	0,593	+54	0,52	+35	+41
Воздушная прослойка	0,2	0,103	—49	0,135	—33	0,149	—26	—36
Наружная ветвь .	0,185	0,175	—5	0,1	—52	0,156	—16	—24
Штукатурка наружная	0,027	—	—	—	—	0,016	—41	—46
Сопротивление $R_н$	0,05	0,034	—32	—	—	0,011	—78	—55
	1,013	0,914	—9,8	1,063	+4,9	0,979	—3,4	—2,3

Из таблицы видно, что за исключением сопротивления теплопереходу $R_в$ внутренние слои дают, как правило, сопротивления, преувеличенные по сравнению с расчетными, а наружные — преуменьшенные. Это и обусловливает то провисание кривой, о котором говорилось выше. Иными словами, систематическое завышение термического сопротивления внутренней ветви и такое же систематическое занижение термического сопротивления наружной ветви являются косвенными признаками инфильтрации воздуха через стену.

Заслуживают внимания данные о воздушной прослойке. Пониженное, по сравнению с расчетным, термическое сопротивление указывает на недостаточную ее изолированность. Для оштукатуренных снаружи стен (табл. 14, данные 1950 г.) термическое сопротивление воздушной прослойки равно в среднем 0,142. Для неоштукатуренной снаружи стены (табл. 14, данные 1949 г.) оно было 0,103 *м² час град/ккал.*

Распределение температур по слоям северо-западной неоштукатуренной и северо-восточной оштукатуренной снаружи стен

(рис. 8) показывает, что средняя температура воздуха в воздушной прослойке ниже среднеарифметической температуры на поверхностях воздушной прослойки. Это указывает на наличие инфильтрации. Чем больше воздухообмен, тем больше разница между величиной $t_{просл} = \frac{\tau_в + \tau_н}{2}$ и фактической температурой воздушной прослойки.

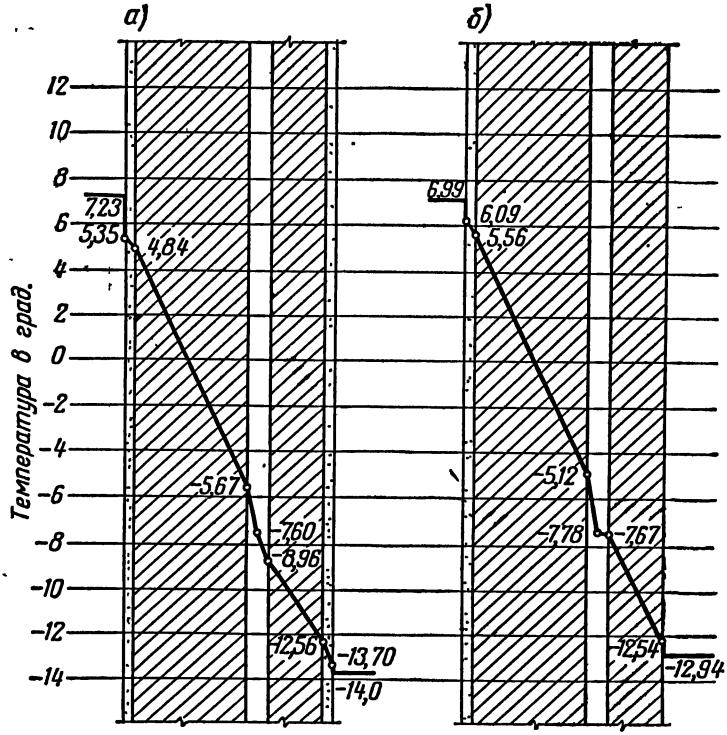


Рис. 8. Распределение температур по слоям стены в 1,5 кирпича с воздушной прослойкой в кладке
а—оштукатуренной снаружи, *б*—неоштукатуренной снаружи

В частном случае воздухообмен может быть настолько значительным, что температура воздуха в прослойке оказывается даже ниже температуры холодной поверхности, ограждающей воздушную прослойку. Именно такой случай наблюдается для неоштукатуренной снаружи стены (рис. 8, *б*). Для неоштукатуренной стены разность $\frac{\tau_в + \tau_н}{2} - t_{просл} = 1{,}38°$, а для оштукатуренной северо-восточной стены — 0,28°.

Стены из керамических блоков с горизонтальными пустотами (рис. 9) были испытаны на воздухопроницаемость прямым

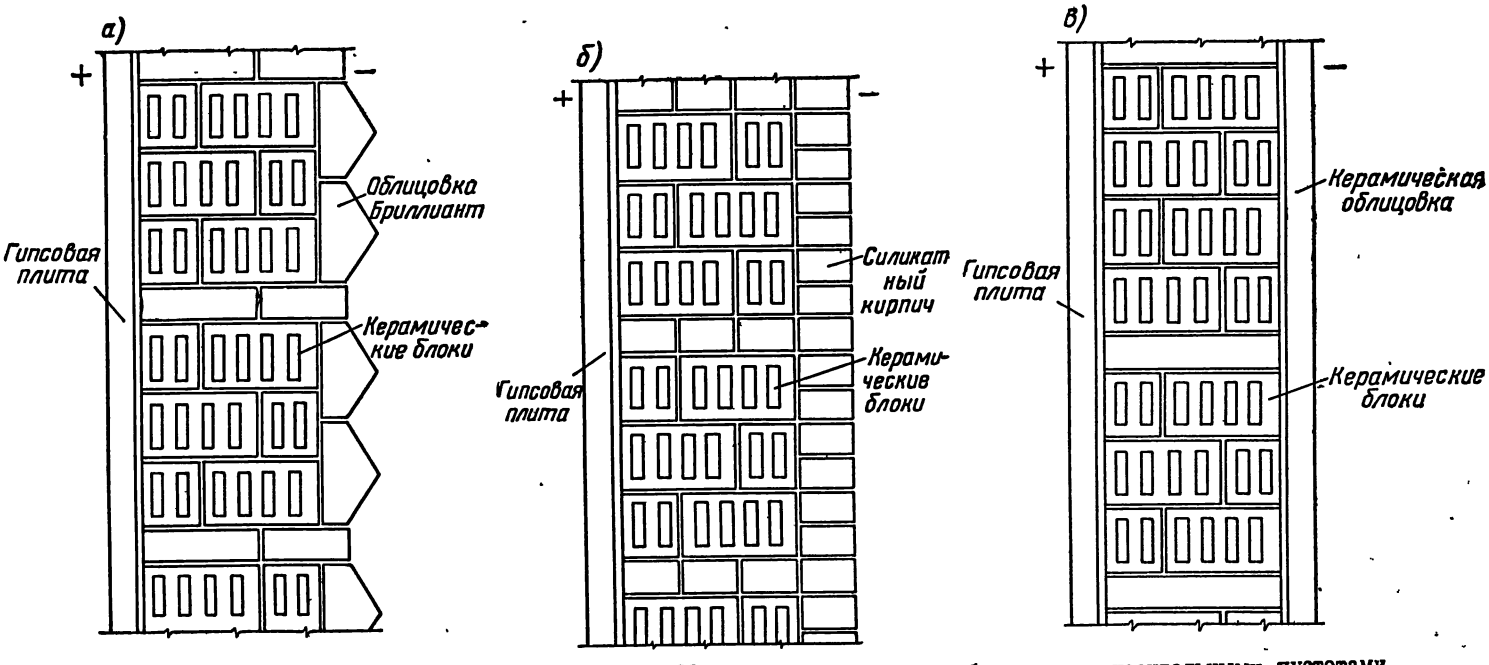


Рис. 9. Стена корпуса № 53 по Песчаной ул. в Москве из керамических блоков с горизонтальными пустотами

а—разрез по третьему этажу уличного фасада; *б*—разрез по третьему этажу дворового фасада; *в*—разрез по восьмому этажу уличного фасада

натурным методом. Полученные значения воздухопроницаемости оказались: для наружной ветви (кладка из керамических блоков) — 0,45 *м³/м² час. мм* вод. ст., для внутренней ветви (гипсовая плита) — 0,24 *м³/м² час. мм* вод. ст. Перед сдачей дома в эксплуатацию снова была определена воздухопроницаемость трех стен. На каждой из стен обойма устанавливалась на наружной ветви (на рис. 10 эта позиция обоймы обозначена словом «снаружи») и на внутренней ветви (на рис. 10 — «внутри»).

На рис. 10 в полулогарифмическом масштабе показаны полученные кривые воздухопроницаемости.

При рассмотрении рис. 10 можно выделить наружную ветвь стены уличного фасада на восьмом этаже как дающую исключительно большой расход и внутреннюю ветвь стены уличного фасада на третьем этаже, показавшую наименьший расход.

Причиной очень большой воздухопроницаемости в первом случае является отсутствие расшивки наружных швов на обоих фасадах восьмого этажа. В результате — значения воздухопроницаемости того же порядка, что и для наружной ветви уличного фасада. Несколько меньшие значения коэффициентов объясняются, по-видимому, тем, что при нерасшитых швах сопротивление воздухопроницанию облицовки, образованной рядом силикатного кирпича толщиной 12 *см*, все же больше, нежели сопротивление керамической облицовки толщиной всего 5 *см*. Наружная ветвь стены дворового фасада на третьем этаже, хорошо расшитая, имеет коэффициент воздухопроницания в 5—6 раз меньший.

Минимальный расход, полученный при испытании внутренней ветви уличного фасада на третьем этаже, обусловлен тем, что обойма была установлена на поверхности, окрашенной масляной краской. Правда, и в восьмом этаже на уличном фасаде внутренняя поверхность стены была отделана масляной краской, но в этом случае краска непрочно держалась на гипсовой плите, и наблюдалось частичное ее отслаивание. Внутренняя поверхность стены дворового фасада на восьмом этаже была оклеена обоями.

Результаты показывают, что воздухопроницаемость внутренней ветви, образованной плотными гипсовыми плитами, оклеенными обоями или окрашенными масляной краской, меньше воздухопроницаемости наружной ветви, состоящей из керамических блоков и облицованной керамическими плитами или силикатным кирпичом. Однако при надлежащей расшивке (подрезке) наружных швов разница между воздухопроницаемостью внутренней и наружной ветвей невелика.

В том случае, если обе ветви работают раздельно, сквозная воздухопроницаемость определяется воздухопроницаемостью более плотной ветви, в данном случае — гипсовой плиты. Но, кроме сквозной фильтрации, имеет место фильтрация продольная, понижающая температуру керамических блоков и воздушной прослойки.

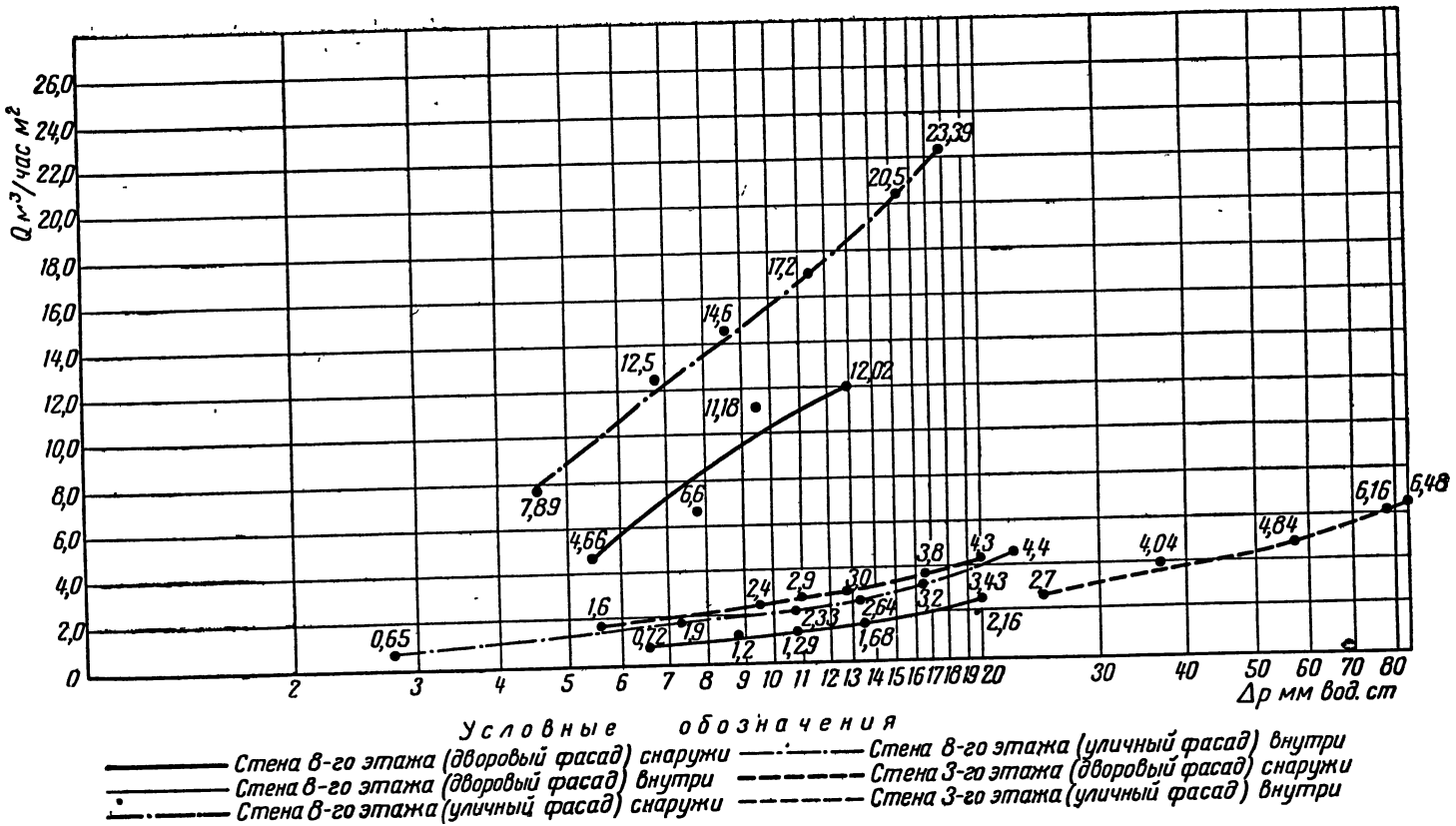


Рис. 10. Кривые воздухопроницаемости стены из керамических блоков с горизонтальными пустотами

Однако и при этих условиях воздухопроницаемость стены невелика: она всего в 4—5 раз больше воздухопроницаемости толстой кирпичной стены, оштукатуренной с двух сторон, и в общем воздухообмене помещения не может играть сколько-нибудь существенной роли.

Тем не менее, как это выяснилось на деле, теплозащитная способность стены оказалась значительно меньше, чем предполагалось. Причиной малой теплозащитной способности стены является наличие конвективных токов в толще ограждения из керамических блоков. В восьмом этаже, где отсутствует расшивка швов, имеет место и продуваемость. Конвективные токи возникают в результате свободного сообщения между пустотами, расположенными на одном и даже на различных горизонтах (через вертикальные швы). Степень сообщения между пустотами определяется характером кривой изменения давлений воздуха, измеренных во времени и в пространстве.

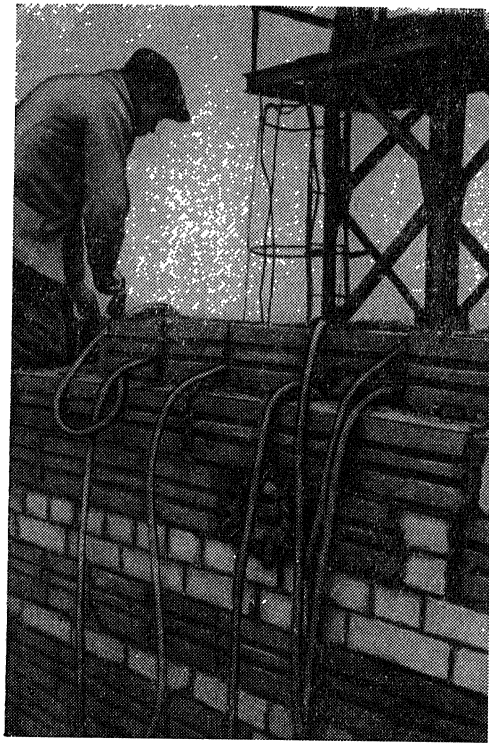


Рис. 11. Резиновые трубки, заложенные в стену из керамических блоков с горизонтальными пустотами

При помощи резиновых трубок (заложенных в воздушные прослойки стен в процессе кладки) к трем различным прослойкам присоединялись одновременно три микроманометра (рис. 11). Через каждые 5 сек. по всем микроманометрам производились отсчеты давлений. Замеры продолжались в течение 150 сек.

Из рис. 12, на котором показаны результаты одного из испытаний, видно, что пульсация ветра почти мгновенно передается по сечению стены, во всяком случае по ее наружной части до шва между блоками (трубки *14* и *4*). Это говорит о малом сопротивлении кладки ветровому напору.

Характер распределения давлений в толще стены виден из рис. 13. На левой части рисунка видно, что наибольшие пере-

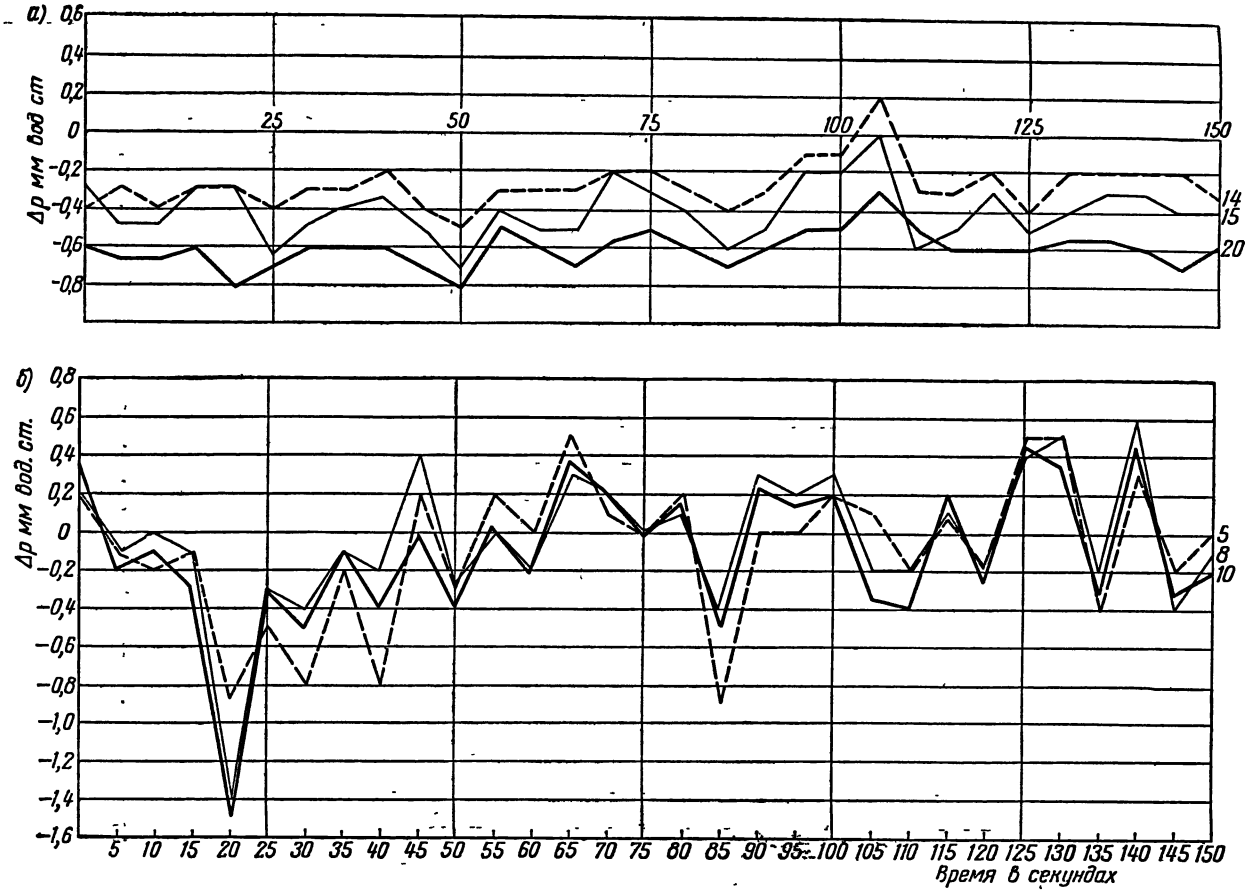


Рис. 12. Распределение давлений в воздушных прослойках стены из керамических блоков с горизонтальными пустотами

а—точки 14, 15 и 20; *б*—точки 5, 8 и 10

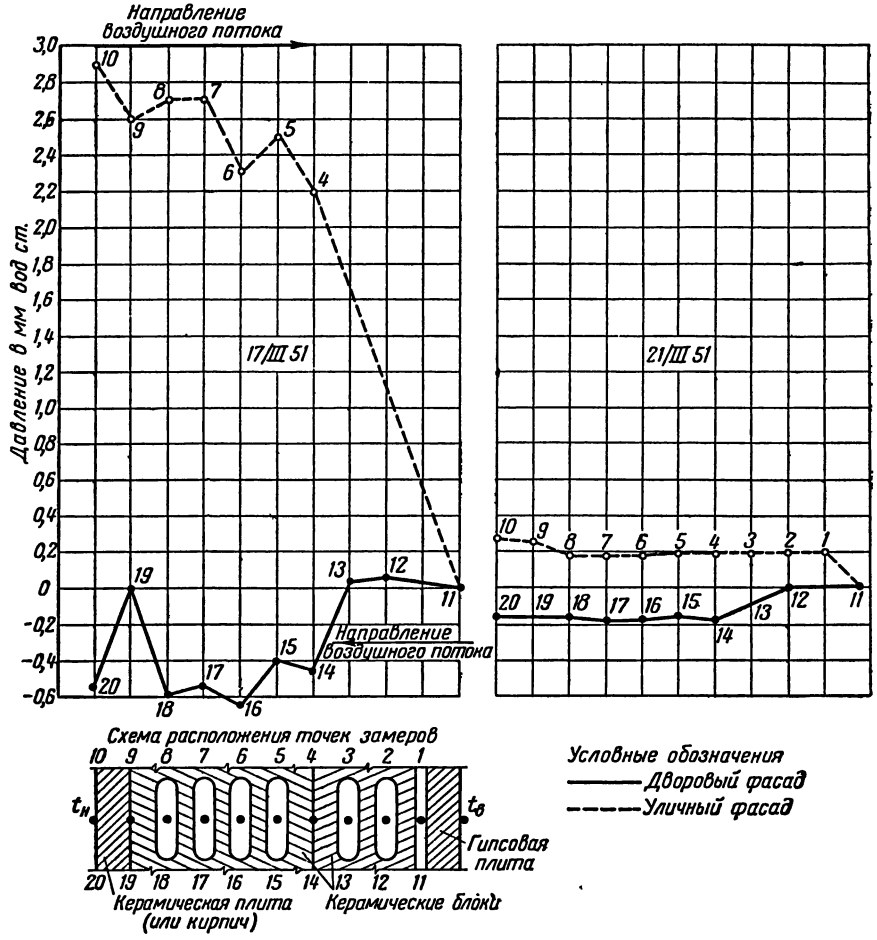


Рис. 13. Перепады давлений в стене из керамических блоков с горизонтальными пустотами

пады давлений наблюдаются в швах (точки *4* и *14*, *9* и *19*). Между сечениями, в которых воздух встречает наибольшие сопротивления, образуются из-за пульсации ветра местные горбы и впадины, что особенно хорошо видно на кривой для дворового фасада.

При небольших перепадах давлений (правая часть рисунка) кривые менее выразительны, но по ним видно, что почти по всему сечению кладки (на уличном фасаде — от точки *8* до точки *1*) устанавливается одно и то же давление, что опять-таки говорит о сообщении между пустотами блоков.

4. Теплопередача и температурный режим стен

Теплопередача стены зависит от ряда причин, в том числе от толщины и коэффициента теплопроводности применяемых материалов, их влажности и воздухопроницаемости. При одной и той же влажности сопротивление теплопередаче ограждения находится в известной зависимости и от агрегатного состояния влаги, так как теплопроводность кирпича увеличивается при переходе находящейся в нем влаги в твердую фазу.

Приведенные в табл. 15 данные о фактических величинах сопротивления теплопередаче кирпичных стен различных конструкций получены при проведении натурных наблюдений.

Таблица 15

Сопротивление теплопередаче стен различных конструкций

Конструкции стен	R_0 расч.	R_0 факт	Продолжительность эксплуатации в годах	Примечание
Красный кирпич на легком растворе с внутренней мокрой штукатуркой (53 *см*)	1	0,99 1,04 1,08	2 3 4	Постепенное высыхание кирпичной кладки (от 2,87 до 0,76%)
Силикатный кирпич на тяжелом растворе со шлакогипсовой плитой на относе (51 *см*)	1,26	1,1	1	Повышенная влажность[1] кирпича (5,6%)
Силикатный кирпич на тяжелом растворе с листовой гипсовой штукатуркой на относе (68 *см*)	1,3	1,12	1	Повышенная влажность кирпича (7,2%)
Красный кирпич на легком растворе с мокрой штукатуркой на относе и пароизоляцией (44 *см*)	1,01	1,17 1,23 1,24	2 3 4	Постепенное высыхание кирпичной кладки (от 1,63 до 0,60%)

[1] Указанная влажность — весовая.

Продолжение табл. 15

Конструкции стен	R_0 расч.	R_0 факт.	Продолжительность эксплуатации в годах	Примечание
Глиняный автоклавный кирпич с листовой штукатуркой на относе (68 *см*)	1,5	1,65	1	Несмотря на повышенную влажность (7,6%)
Красный кирпич со шлаковыми блоками на легком растворе и двусторонней мокрой штукатуркой (54 *см*)	1,27	1,12	1	
„Московская экономичная" стена в два силикатных кирпича на тяжелом растворе с утеплением гипсошлаком и листовой штукатуркой (65 *см*)	1,68	1,41	1	Исключительно высокая влажность кирпича (12%)
То же, в 1,5 силикатных кирпича (61 *см*)	1,99	1,59		Исключительно высокая влажность кирпича и заполнителя
Красный кирпич на легком растворе (колодцевая кладка с засыпкой шлаком) с двусторонней мокрой штукатуркой (54 *см*)	1,61	1,11	1	Повышенная воздухопроницаемость
Красный кирпич на легком растворе с воздушной прослойкой 5 *см* в кладке, наружной расшивкой швов и внутренней мокрой штукатуркой (44 *см*)	1,01	1,14 1,08 1,18	2 3 4	Постепенное высыхание кирпичной кладки (от 2,59 до 0,30%)
То же, но с наружной штукатуркой (45 *см*)	1,03	1,02	1	Повышенная воздухопроницаемость
Кирпично-саманные блоки Кузьмина-Самриной и красный кирпич с двусторонней штукатуркой (27 *см*)	1,5	1,5	1	
Керамические блоки с горизонтальными пустотами с облицовкой снаружи и гипсовой плитой на относе изнутри (62 *см*). (Расшивка швов)	—	1,44	1	Внутренняя и отчасти сквозная фильтрация
То же, но наружные швы не расшиты	—	0,98	1	Все виды фильтрации

В табл. 16 приводятся коэффициенты теплопроводности материалов, входящих в состав однородных и неоднородных стен (полученные из наблюдений).

Из таблицы видно, что средние результаты для кладки из красного кирпича можно считать близкими к расчетному значе-

нию. Во всех случаях кладка облегченных стен оказалась сухой, и даже в первый год эксплуатации влажностный режим стен был вполне удовлетворителен. Максимальная замеренная величина коэффициента теплопроводности кладки 0,9 *ккал/час. град* относится к случаю воздухопроницаемой стены при наличии инфильтрации.

Таблица 16

Коэффициенты теплопроводности различных материалов

Материал или конструкция	Фактические значения λ			Расчетные значения λ	Весовая влажность в %
	максимальные	минимальные	средние		
Кладка из красного кирпича на легком растворе	0,9	0,45	0,61	0,65	3,1—1,3
Кладка из силикатного кирпича на тяжелом растворе	1,44	1	1,09	0,75	16,6—7,2
Кладка из автоклавного глиняного кирпича на тяжелом растворе . . .	—	—	0,71	0,7	7,6
Гипсошлак	—	—	0,35	0,32	14,6
Оргалит ($\gamma = 178$ *кг/м*^{3})	—	—	0,05	0,05	9,5

Совершенно иное положение с кладкой из силикатного кирпича. Коэффициент теплопроводности его в некоторых случаях повышается вдвое по сравнению с расчетным. Это объясняется огромной влажностью кирпича в испытанных массивных конструкциях («московские экономичные» стены; кладка в 2,5 кирпича) в первый год эксплуатации. Положение могло бы казаться исключительно серьезным, если бы не было данных о высыхании стен в процессе эксплуатации (см. табл. 8). Однако не следует забывать, что силикатный кирпич в теплотехническом отношении по совокупности всех данных все же значительно хуже красного кирпича.

В табл. 17 приведены средние значения термических сопротивлений слоев стены из керамических блоков с горизонтальными воздушными прослойками с расшивкой и без расшивки швов.

Большой перепад температур в первом слое стены (считая от внутренней стороны) обусловлен наличием инфильтрации (провисание температурной кривой). Как и следовало ожидать, огромное повышение температурного перепада по гипсовой плите наблюдается при расшитых швах (вследствие повышения термического сопротивления конструкции в целом). Термические сопротивления остальных элементов конструкции чрезвычайно низки.

Таблица 17

Термические сопротивления (по слоям) стены из керамических блоков

Элементы сопротивления теплопередаче	Расчетные термические сопротивления	Кладка с нерасшитыми швами			Кладка с расшитыми швами
		замеры с дворового фасада	замеры с уличного фасада	средние значения	
Сопротивление тепловосприятию	0,133	0,115	0,107	0,111	0,128
Гипсовая плита (6 *см*) .	0,15	0,2	0,244	0,222	0,55
Воздушная прослойка между гипсовой плитой и блоками (2 *см*)	0,2	0,062	0,026	0,044	0,028
Стенки и перегородки блоков	0,038	0,028	0,01	0,019	0,026
Воздушные прослойки в блоках	0,18	0,015	0,038	0,024	0,072
Сопротивление теплоотдаче	0,05	0,079	0,027	0,053	0,134

В процессе наблюдений определялись фактические величины сопротивления теплопереходу. Средние значения для всех конструкций приведены в табл. 18.

Таблица 18

Величина сопротивления теплопереходу

Сопротивление теплопереходу	Максимальное	Минимальное	Среднее
$R_в$	0,158	0,043	0,105
$R_н$	0,134	0,011	0,054

При оценке полученных результатов следует учитывать, что вычисление величин R производится по формуле $\frac{\Delta t}{Q} = R$. Разности температур $t_в - \tau_в$ и $\tau_н - t_н$ получаются из температур, замеренных термометрами, установленными на соответствующих ограждениях, и термометрами, находящимися в воздушной среде на расстоянии 10 *см* от поверхностей соответствующих ограждений.

В то время, как воздушный термометр (если не говорить о влиянии излучения, которым в зимних условиях можно в большинстве случаев пренебречь) замеряет фактическую температуру воздуха, термометр, установленный на поверхности ограждения и имеющий толщину около 8 *мм*, находится под воздействием не только поверхностной температуры ограждения, но и температуры воздуха, омывающего ограждение. Поэтому на внутренней

поверхности ограждения термометр показывает несколько завышенную температуру, а на наружной поверхности — несколько заниженную. Иными словами, разности температур $(t_в - \tau_в)$ и $(\tau_н - t_н)$, вводимые в числитель дроби [1], всегда несколько преуменьшены, а, следовательно, значения $R_в$ и $R_н$ соответственно занижены.

Средняя величина $R_в$ получилась на 21% меньше принимаемой расчетной, а $R_н$ — на 8% больше.

Нормируемые значения $R_в$ и $R_н$ являются средними округленными величинами, более или менее отличающимися от действительных значений сопротивлений теплопереходу даже при скоростях омывающего воздуха, совпадающих с расчетными. Поэтому трудно было ожидать совпадения экспериментальных значений $R_в$ и $R_н$ с нормируемыми, тем более, что, как уже сказано выше, сопротивления теплопереходу, полученные нами из опытов, несколько занижены. Одной из главных причин расхождения значений $R_в$ можно считать это последнее обстоятельство. Что же касается $R_н$, то, очевидно, что в условиях городской застройки сопротивление теплопереходу оказывается бо́льшим, чем принимаемое по расчету 0,05 *м²/час. град/ккал.*

В некоторых случаях на фактические величины сопротивлений теплопереходу могла оказать влияние фильтрация.

Одной из теплотехнических характеристик стены является **разность температур внутренней поверхности на глади и в углах.** Так как при нормировании учитывается температура стены на глади, то очевидно, что меньшие опасения в смысле образования конденсата вызывает стена с меньшей разностью температур на глади и в углу.

В табл. 19 приведены некоторые данные о разностях температур $\tau_{гладь} - \tau_{угол}$ для кирпичных стен. В последних двух графах указаны минимальные расчетные температуры наружного воздуха, при которых еще не образуется конденсат на поверхности глади и углов.

Подсчет минимальной температуры наружного воздуха, при которой еще не образуется конденсат на внутренней поверхности стены, произведен для внутренней температуры +18° и относительной влажности 60%. При этих условиях точка росы равна 10,1°.

Условием, обеспечивающим отсутствие конденсата, является неравенство

$$t_в - R_в Q - d \geqslant 10{,}1°.$$

Если $t_в = 18°$, то

$$R_в Q + d \leqslant 7{,}9°.$$

---

[1] При вычислении коэффициентов сопротивления теплопереходу.

Таблица 19

Разности температур на поверхности глади и углов для различных кирпичных стен

Конструкция стены	$t_в - t_н$	Q	$t_в - \tau_в = 0{,}133Q$	$\tau_{гл} - \tau_{уг} = d$	$t_{н.мин}$	
					гладь	угол
1. Два кирпича на легком растворе с внутренней мокрой штукатуркой .	26,22	25,2	3,45	3,2	—42	—13,1
2. 1,5 кирпича на легком растворе с внутренней мокрой штукатуркой по сетке на относе	26,22	21,8	2,9	1,62	—53,4	—27,8
3. Один кирпич на легком растворе с утеплением двумя слоями оргалита, пароизоляцией и мокрой штукатуркой	26,22	16,1	2,14	2,13	—78,8	—30,5
4. 1,5 кирпича с воздушной прослойкой в кладке на легком растворе, с расшивкой наружных швов и внутренней мокрой штукатуркой . . .	26,22	22,3	2,07	3,29	—51,7	—15,1
5. То же, без расшивки швов . .	19,93	21,81	2,9	3,87	—36,3	— 5,3
6. Колодцевая кладка на легком растворе с засыпкой шлаком и с двусторонней мокрой штукатуркой (общая толщина 54 *см*)	26,47	23,95	3,17	1,84	—48	—23,7

Зная величины температурного перепада Δt и теплового потока, соответствующих замеренным температурам поверхности стены на глади и в углу, можно решить задачу о максимальном температурном перепаде $t_в - t_н$, при котором конденсат в углу еще будет отсутствовать. Зависимость выражается пропорцией:

$$\Delta t : (R_в Q + d) = (18 - t_{н.макс})\,7{,}9, \text{ откуда}$$

$$(18 - t_{н.макс}) = \frac{\Delta t \cdot 7{,}9}{R_в Q + d} \text{ и}$$

$$t_н = 18 - \frac{\Delta t \cdot 7{,}9}{R_в Q + d}.$$

Понижение температуры в углу обусловлено тем, что наружная поверхность, стены, имея большую площадь, чем внутренняя поверхность, для пополнения теплопотерь отбирает добавочное тепло с участков, примыкающих к углу. В результате температура в углу на внутренней и на наружной поверхностях стены всегда ниже температуры на глади. Очевидно, что при прочих равных условиях разности температур $d = \tau_{гл} - \tau_{уг}$ будут тем больше, чем толще однослойная стена. Наличие воздушной прослойки в конструкции ведет к большему или меньшему выравниванию температур и уменьшению разностей d. Разности, конечно, увеличиваются при увеличении температурного перепада.

С учетом сказанного следует рассматривать и табл. 19. Вполне закономерны малые разности d для стен 2 и 3. Несколько неожиданна большая разность температур для стены в 1,5 кирпича с воздушной прослойкой в кладке 4 по сравнению со стеной 1. Большая разность температур для стены 5 объясняется тем, что эта стена не оштукатурена, и к потерям теплопроводностью добавляются теплопотери вследствие воздухопроницаемости.

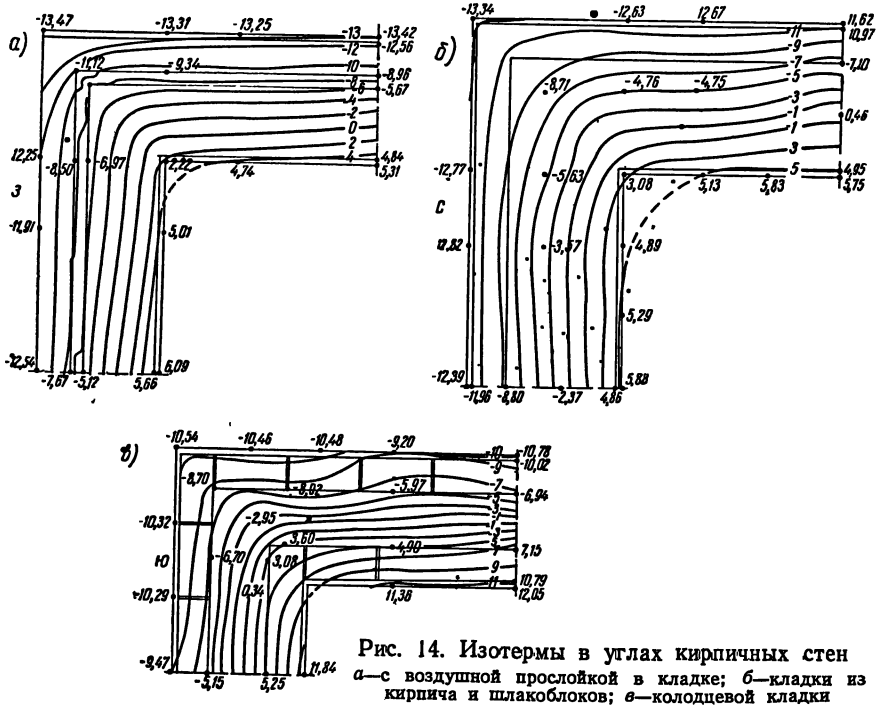


Рис. 14. Изотермы в углах кирпичных стен
а—с воздушной прослойкой в кладке; *б*—кладки из кирпича и шлакоблоков; *в*—колодцевой кладки

Ни одна из стен, указанных в табл. 19, не возбуждает опасения со стороны образования конденсата на глади. Образование конденсата в углу при климатических условиях Москвы возможно лишь для стены в 1,5 кирпича с воздушной прослойкой в кладке при отсутствии расшивки наружных швов (случай ненормальный).

На рис. 14 показано распределение изотерм в углу ограждения для некоторых из стен, помещенных в табл. 19.

При установке радиаторов в нишах наружных стен происходит ослабление стены в отношении ее сопротивления теплопередаче. Одновременно в месте устройства ниши наблюдается, вследствие повышенной температуры радиаторов, местное увеличение температурного перепада $\tau_в - \tau_н$, а следовательно, и теплового

потока. В результате происходит местное увеличение теплопотерь через стену.

На рис. 15 и 16 показано распределение изотерм на внутренней поверхности зарадиаторных стенок, полученных при проведении натурных наблюдений. Для подсчетов температур было при-

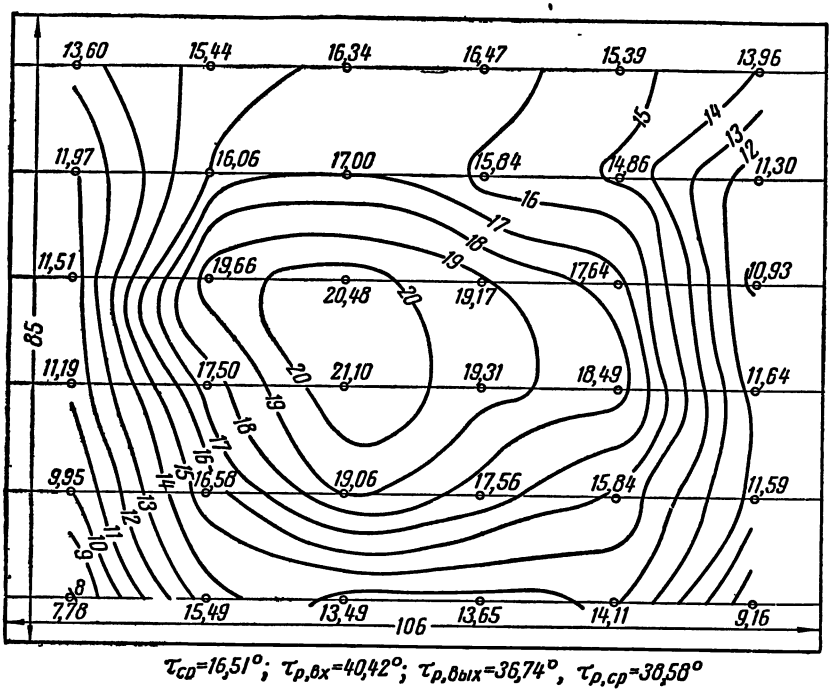


Рис. 15. Изотермы на внутренней поверхности зарадиаторной стены в доме с «московскими экономичными» стенами

нято, что температура наружной поверхности зарадиаторной части стены та же, что и на поверхности нормального сечения стены.

В табл. 20 приведены фактические данные распределения температур на наружной и внутренней поверхностях стены $\tau_н$ и

Таблица 20

Поверхностные температуры, термические сопротивления и соотношения тепловых потоков по основному сечению и сечению по радиаторной нише

Наименование помещения	$\tau_н$	$\tau_в$	$\tau'_в$	$\tau_р$	R	$R_р$	$\frac{Q_р}{Q}$
Угловая комната	—3,01	15,51	21,58	43,15	1,288	0,642	2,66
» »	—3,89	14,14	16,51	38,58	1,294	0,73	2,09

$\tau_в$, радиаторов $\tau_р$, внутренней поверхности зарадиаторной стены $\tau'_в$, термические сопротивления по основному сечению стены R и по радиаторной нише $R_р$, а также отношения тепловых потоков, проходящих через стену в ее нормальном сечении и в сечении через зарадиаторную стенку.

Для угловой комнаты теплопотери через зарадиаторную нишу составляли 15,6% от общих теплопотерь через вертикальные наружные ограждения, а для промежуточной комнаты — около 10%. Это дает основание поставить вопрос о необходимости принятия специальных мер для уменьшения теплопотерь через радиаторные ниши.

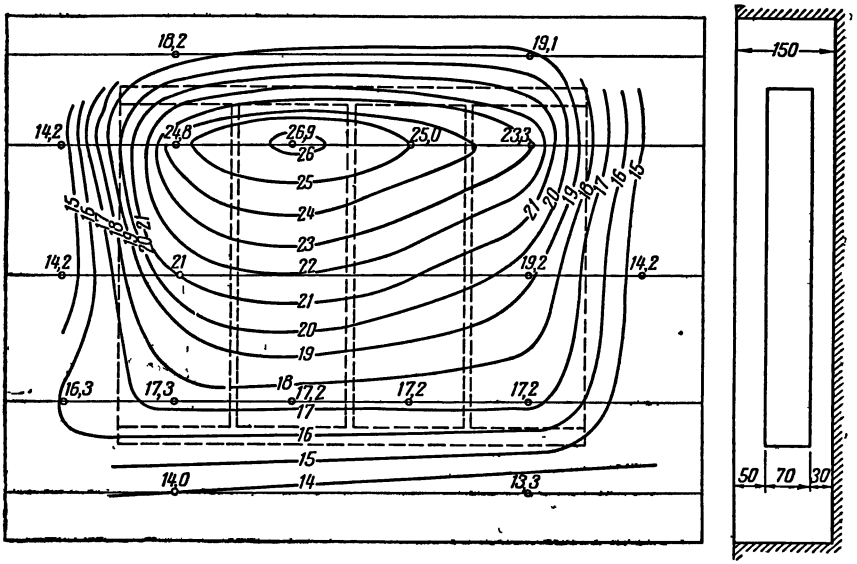


Рис 16. Изотермы на внутренней поверхности зарадиаторной стены в доме со стенами в 2,5 автоклавных глиняных кирпича

Следует учесть, что средняя температура на радиаторах, полученная при проведении наблюдений, заведомо низка из-за сравнительно теплой погоды, а отчасти из-за недостаточности отопления. При нормальном отоплении в наиболее холодные месяцы удельный вес теплопотерь через радиаторные ниши должен еще более возрасти.

Влияние солнечной радиации на стены южной ориентации можно проследить по рис. 17 и 18, на которых изображены температурные кривые для юго-западных стен третьего и восьмого этажей. В ясные дни после холодных ночей, когда температура воздуха достигала —13,5°, температуры слоев, близко расположенных к наружной поверхности, систематически значительно по-

вышались, что вызывало временное оттаивание замороженных слоев. В многократном повторении этого явления кроется опасность преждевременного старения и даже разрушения конструкций, в особенности имеющих южную ориентацию. Это в чрезвычайно резкой форме и наблюдается в Приморской области, где

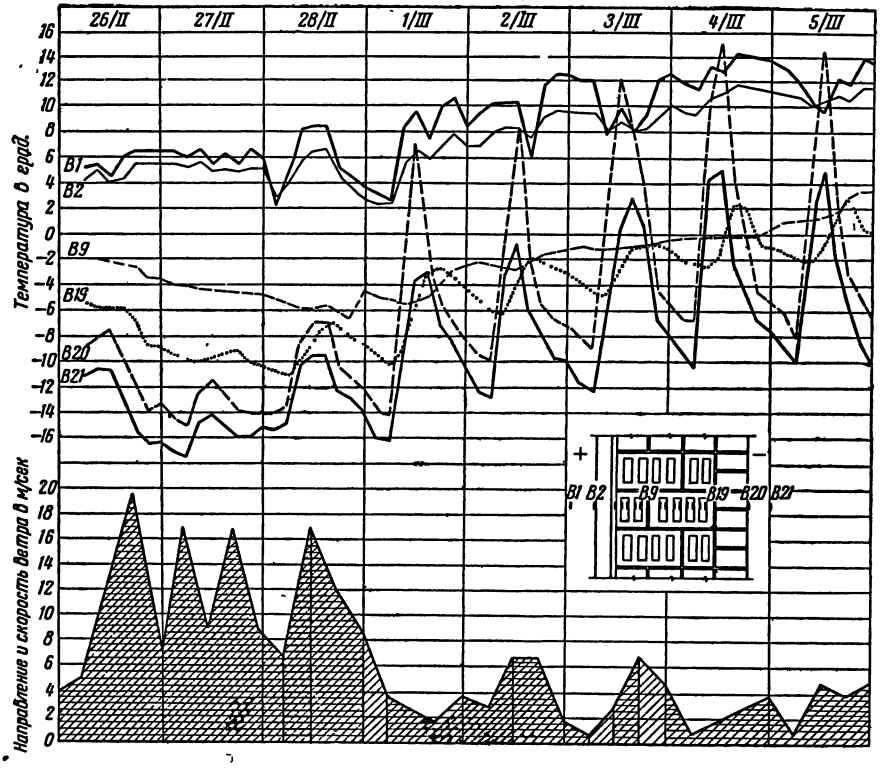


Рис. 17. Изменение температур по слоям юго-западной стены третьего этажа

очень низкие зимние температуры воздуха сочетаются с весьма интенсивной зимней солнечной радиацией.

При сравнении рис. 17 и 18 интересно отметить, что значительно большее повышение температуры под действием солнечного облучения наблюдается на стене третьего этажа. Этот факт может быть объяснен только тем, что под действием ветра, скорость которого возрастает с увеличением высоты, съем радиационного тепла со стены восьмого этажа оказывается большим, чем со стены третьего этажа.

5. Теплоустойчивость кирпичных стен

Теплоустойчивость ограждений проявляется в сопротивлении их изменениям температурного состояния под влиянием изменяющихся внешних тепловых воздействий.

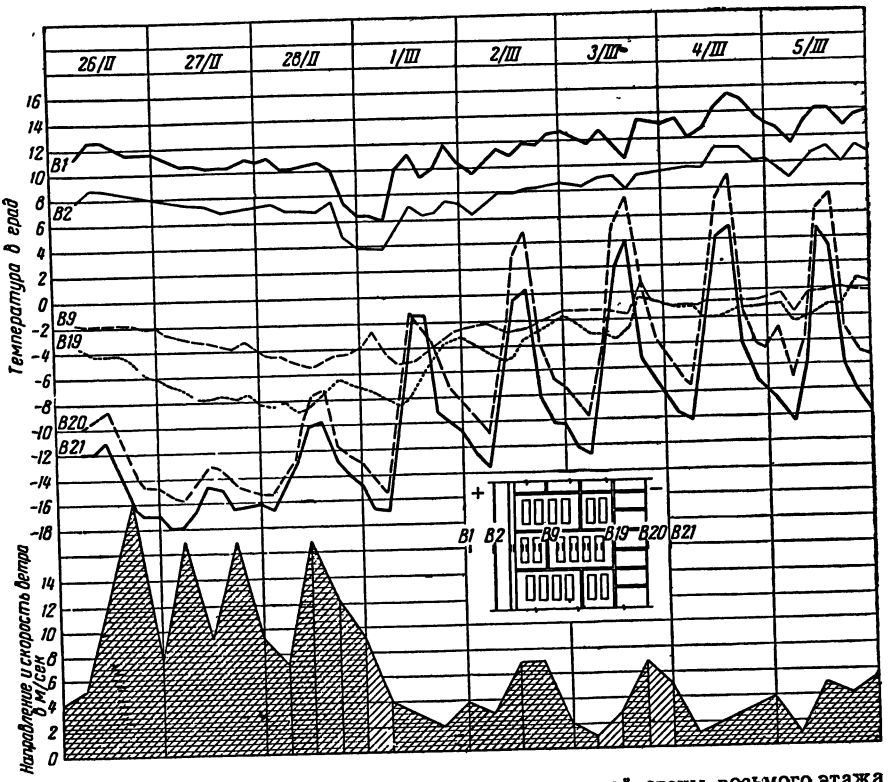


Рис. 18. Изменение температур по слоям юго-западной стены восьмого этажа

Тепловое воздействие может изменяться периодически или апериодически. В натурных условиях приходится всегда иметь дело с апериодическими изменениями теплового воздействия. А. М. Шкловер дал метод, позволяющий решать задачи, относящиеся к апериодическому тепловому воздействию, путем сведения их к задачам о тепловом воздействии, изменяющимся периодически.

При периодических изменениях теплового воздействия, повторяющихся многократно, и тепловые явления в ограждении изменяются также периодически. Иными словами, тепловой режим ограждения является как бы установившимся, но в противоположность случаю стационарного режима теплоемкость ограждения в данном случае имеет существенное значение.

Последнее обстоятельство вносит известное усложнение в решение задачи периодического теплового воздействия, однако математическое решение ее вполне возможно. Кривая периодического теплового воздействия, как и всякая кривая, может быть по способу Фурье представлена в виде геометрической суммы ряда гармонических (т. е. изменяющихся по закону синуса или косинуса) кривых.

Разложение в ряды Фурье уже при весьма небольшом числе гармоник дает почти полное совпадение вычисленной кривой с фактической. Следовательно, ритм любых температурных колебаний за любой промежуток времени может быть передан математически с желаемой степенью точности. Отсюда вытекает, что и периодические температурные колебания, возникающие под влиянием внешних периодических воздействий, могут быть выражены с желаемой степенью точности.

Однако при одном и том же периоде и ритме колебаний тепловые колебания в ограждении будут отличаться от колебаний, выражаемых кривой внешних тепловых воздействий. Причина этого отличия кроется в теплоемкости ограждения и в его теплозащитной способности.

По самой сути дела апериодическое тепловое воздействие выражается кривой, отдельные участки которой не могут быть отождествлены ни с предшествующими, ни с последующими участками.

Если взять какой-либо отрезок апериодической кривой, то, как сказано выше, мы можем представить его по методу Фурье в виде суммы гармоник; отличие от случая многократно повторяющейся периодической кривой будет состоять в том, что в начале данного отрезка времени в ограждении будет отсутствовать то совершенно определенное тепловое состояние, которое установилось бы в результате многократной периодической повторяемости теплового воздействия. При апериодическом тепловом воздействии тепловое состояние ограждения в начале рассматриваемого отрезка времени будет еще вполне зависеть от тех неопределенных температурных условий, которые имели место в отрезок времени, предшествующий рассматриваемому.

Можно быть уверенным в том, что по мере удаления от начальной точки кривая теплового воздействия все в большей степени влияет на тепловое состояние ограждения, в котором происходят температурные колебания. Ритм этих колебаний постепенно начинает соответствовать ритму кривой температурного воздействия. Если протяженность отрезка достаточна, то в конце отрезка ритм колебаний в ограждении полностью соответствует ритму периодических колебаний теплового воздействия.

Таким образом, остается сделать, по существу, только один шаг, а именно, взяв достаточно продолжительный отрезок времени, предположить, что до начала отрезка кривая многократно повторялась. Следствием такого условного допущения будет только

то, что в начале отрезка фактические температуры по слоям ограждения не будут соответствовать вычисленным, в дальнейшем же течении кривой должно получаться все большее совпадение вычисленных и фактических величин. Длина отрезка выбирается в зависимости от теплоемкости ограждения. Чем больше теплоемкость, тем больше времени требуется для того, чтобы тепловые колебания в ограждении вошли в ритм колебаний теплового воздействия. Чем меньше теплоемкость, тем меньший требуется срок.

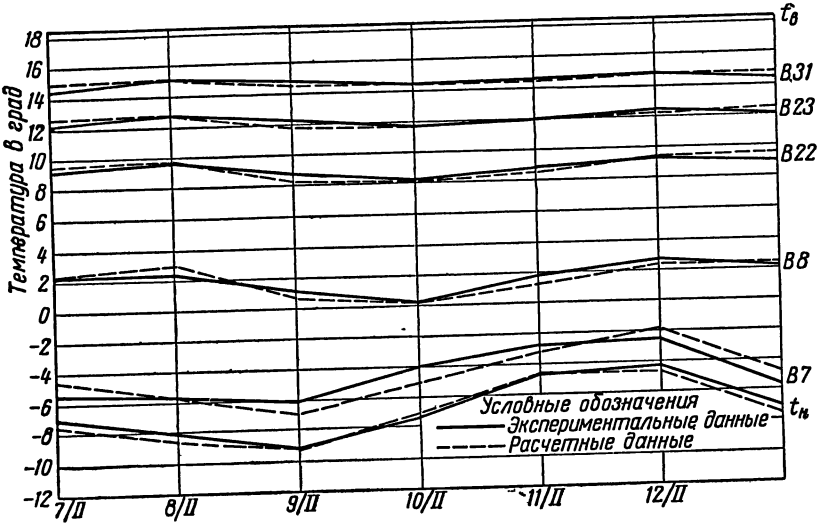


Рис. 19. Фактические и расчетные температуры по слоям стены *II* опытного кирпичного павильона. *В 7, В 8* и т. д. — наименования точек замеров

В процессе павильонных наблюдений над четырьмя кирпичными стенами, показанными на рис. 2, при наличии автоматической терморегуляции оказалось возможным произвести сравнение между полученными непосредственно температурами по слоям стен и температурами расчетными, вычисленными по таблицам и графикам, предложенным А. М. Шкловером. Для двух стен был выбран отрезок времени в 12 дней, характеризовавшийся резкими и быстрыми изменениями температуры наружного воздуха; внутренняя температура, наоборот, была особенно ровной. Для остальных двух стен был принят шестидневный период, заключавшийся в том же отрезке времени.

На рис. 19 и 20 показаны результаты сравнения расчетных температур с фактическими для стены *II*, давшей наилучшие результаты, и стены *IV*, давшей наихудшие результаты. Рисунки показывают, что сходимость расчетных и фактических данных вполй-

не удовлетворительна. Для наружных поверхностных температур сходимость значительно хуже, так как сказывается влияние ветра.

Проведенные исследования показывают, что метод А. М. Шкловера может быть положен в основу расчета зданий на теплоустойчивость.

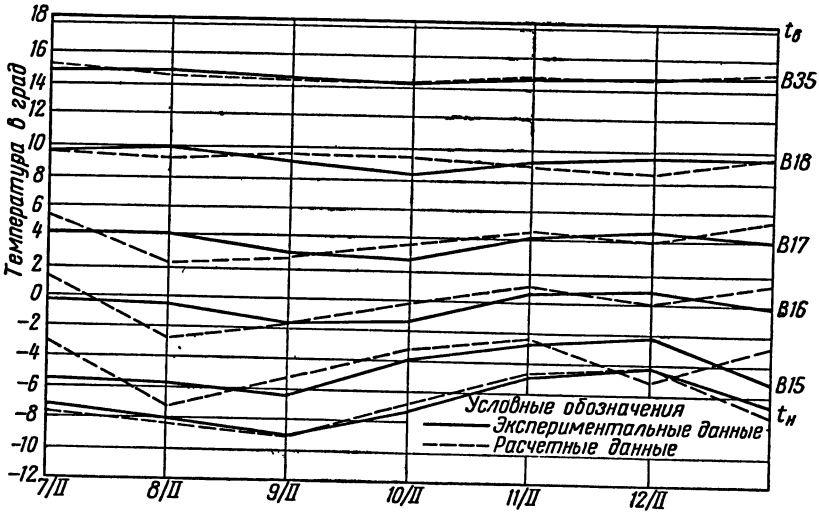


Рис. 20. Фактические и расчетные температуры по слоям стены *IV* опытного кирпичного павильона

6. Выводы из наблюдений и обобщения

Проведенные наблюдения дают основание утверждать, что массивные стены в 2,5 и в 2 кирпича на тяжелом и легком растворах с односторонней или двусторонней мокрой штукатуркой не имеют никаких особых теплотехнических преимуществ по сравнению с многими облегченными стенами из сплошного глиняного или силикатного кирпича. В отношении же влажностного режима нередко в первые годы эксплуатации толстая массивная стена оказывается в положении худшем, нежели правильно спроектированная стена эффективной конструкции, обладающая той же теплозащитной способностью. Самым же главным является то, что эти стены ни в коей мере не отвечают современным темпам ввода зданий в эксплуатацию.

Таким образом, можно исключить из дальнейшего исследования массивные стены с односторонней (только внутренней) и двусторонней мокрой штукатуркой.

Стена в 2,5 кирпича с подрезкой наружных швов и с листовой внутренней штукатуркой мало сокращает трудоемкость и об-

ходится не дешевле стены с мокрой штукатуркой. Но она ценна тем, что ускоряет темпы ввода здания в эксплуатацию в любое время года.

Переход к такой конструкции был в свое время для строителей смелым шагом, так как даже среди инженеров возникала боязнь повышенной воздухопроницаемости стен, а после первых неудач раздавались призывы возвратиться к мокрой штукатурке.

Проведенные наблюдения ясно показали, что фактической причиной недостаточно удовлетворительного режима домов на Песчаной ул. в Москве, где впервые были применены такие стены, кроме неналаженности системы отопления, была чрезвычайно повышенная продуваемость по периметру сопряжения оконных блоков с кирпичной кладкой.

В этом отношении повторилось буквально то же самое, что наблюдалось в строительстве крупноблочных домов в 1939—1940 гг. В 1941 г. при проведенном автором инструментально-визуальном обследовании было обнаружено, например, сильное дутье по периметру оконных коробок в пяти комнатах из девяти в доме по Велозаводской ул. В остальных четырех комнатах тоже наблюдалось дутье, но в меньшей степени. В 14 из 16 обследованных комнат в домах № 42 по Бережковской набережной и № 3/9 по Б. Полянке также было отмечено сильное дутье.

В последнее время такое же явление отмечено в крупнопанельных бескаркасных домах в Магнитогорске, крупноблочных домах в Ленинграде и кирпичных домах разных конструкций в Москве.

Эти примеры показывают, что механический перенос отдельных традиционных решений в сборное строительство недопустим. Из результатов исследований, проведенных лабораторией теплофизики, строители домов на Песчаной ул. вывели правильное заключение, и в домах следующей очереди были приняты меры к недопущению дефектов, подобных обнаруженным.

Однако рассматриваемая стена, кроме устранимых и мнимых теплотехнических недостатков, имеет крупный дефект — внутреннюю облицовку листовой штукатуркой. В производственном отношении недостаток заключается в необходимости устройства каркаса или марок, в теплотехническом — в почти неизбежном проникании теплого и влажного воздуха из помещения в зазор между сухой штукатуркой и кирпичной кладкой. При этом на поверхности кирпича должна происходить конденсация пара. Это — постоянный источник увлажнения, действующий в период эксплуатации.

Отбор проб из внутренних слоев кирпичной кладки таких стен подтверждает сказанное. Подсчет же показывает, что за отопительный период, продолжающийся в Москве 194 дня при средней температуре —5,3°, в стене может накопиться 6,14 *кг/м²* конденсированного водяного пара, что соответствует равномерному

повышению объемной влажности на 0,5% и понижению термического сопротивления на 1—2%.

Более рациональной следует считать **стену в 1,5 кирпича с внутренней отделкой гипсовой плитой толщиной в 8—10** *см*. Воздухопроницаемость стены в 1,5 кирпича при надлежащей подрезке швов не более воздухопроницаемости стены в 2,5 кирпича. Гипсовая облицовочная плита (без пустот), установленная на выступ кладки, образует достаточно воздухонепроницаемый слой. Это дает возможность учитывать полностью термическое сопротивление воздушной прослойки. Так как сравнительно толстая (8—10 *см*) гипсовая (отощенная шлаком или опилками) плита создает добавочное термическое сопротивление в 0,30—0,40 $м^2час\ град/ккал$, то конструкция вполне оправдывается расчетом и практикой.

Еще лучше вместо гипсовых плит применять гипсобетонные панели.

Среди кирпичных стен рассматриваемая конструкция является безусловно наиболее эффективной для многоэтажного строительства.

Стена в 1,5 кирпича с воздушной прослойкой в кладке по расходу кирпича эквивалентна предшествующей стене, но совершенно не допускает использования боя, требует устройства скреп между наружной и внутренней ветвями, большей тщательности кладки и более воздухопроницаема, поскольку состоит из двух ветвей толщиной в один и в 0,5 кирпича. Кроме того, этажность такой стены более ограничена.

При повышенной воздухопроницаемости стены с воздушной прослойкой в кладке требуется весьма тщательная расшивка швов снаружи, а лучше — и со стороны воздушной прослойки. В качестве внутренней облицовки может быть принята мокрая или листовая штукатурка. Легкий раствор должен быть решительно отвергнут. **Главный эффект применения кирпичной стены с воздушной прослойкой в кладке основан не на уменьшении теплопередачи в результате использования свойств легкого раствора, а на снижении коэффициента теплопроводности кладки благодаря осушающему действию воздушной прослойки.** Деление воздушной прослойки поэтажными диафрагмами желательно.

Преимущество стены в 1,5 кирпича с воздушной прослойкой в кладке по сравнению со стеной в 1,5 кирпича с внутренней облицовкой гипсовой плитой заключается в более благоприятном влажностном режиме. **В условиях повышенной влажности** внутреннего воздуха жилых зданий стена в 1,5 кирпича с воздушной прослойкой в кладке является лучшей из всех испытанных кирпичных стен.

На рис. 21, *б* показана разновидность описанной стены. Тепловые мосты, получающиеся в этом варианте, не имеют существенного значения, зато отпадает необходимость в применении

хомутов или иных скреплений между наружной и внутренней ветвями, а также в устройстве поэтажных диафрагм.

В случае устройства стены в 1,5 кирпича с воздушной прослойкой в кладке следует обращать особое внимание на утепление зоны междуэтажного перекрытия (см. главу VI).

Стена в 1,5 кирпича со штукатуркой на относе не может иметь при мокрой штукатурке по металлической сетке массового

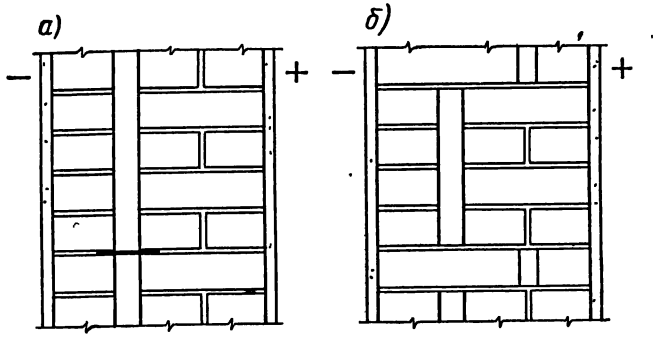


Рис. 21. Разновидность стены в 1,5 кирпича с воздушной прослойкой в кладке

а—с соединением внутренней и наружной ветвей хомутами; *б*—с перевязкой внутренней и наружной ветвей

распространения. Теплозащитные качества стены хорошие; благоприятный влажностный режим кладки при наличии пароизоляции в виде толя может считаться обеспеченным. В случае повышенной влажности внутреннего воздуха стена ведет себя неудовлетворительно, так как тонкий штукатурный слой увлажняется до недопустимых пределов.

Стена в 1,5 кирпича с утеплением двумя слоями оргалита, предназначенная для малоэтажного строительства, по своим теплозащитным свойствам весьма эффективна. Однако круг ее применения ограничивается все же случаями, когда нельзя рассчитывать на получение сухой штукатурки или гипсовых плит. Устройство под мокрой штукатуркой надежного пароизоляционного слоя обязательно. При повышенной влажности воздуха в помещении эта стена так же непригодна, как стена в 1,5 кирпича со штукатуркой на относе.

Колодцевая кладка с засыпкой шлаком является одной из разновидностей стены Герарда со всеми присущими этой стене теплотехническими достоинствами и недостатками. Однако засыпная конструкция не является в настоящее время прогрессивной и в ближайшем будущем сойдет на нет.

Сделанные у испытанной стены скосы следует рекомендовать для кирпичных стен, не имеющих запаса в сопротивлении теплопередаче.

Также не имеют перспектив для массового распространения **«московские экономичные» стены.** Неудовлетворительный влажностный режим, особенно в первый год эксплуатации, незначительная фактическая экономия кирпича, трудность стандартизации и индустриализации производственного процесса являются крупными недостатками рассматриваемых стен. Применение их может быть оправдано лишь сугубо временными конъюнктурными условиями.

Удовлетворительные результаты, полученные при исследованиях **блочной стены Кузьмина-Самриной,** дают право говорить об этой конструкции как об одной из тех, которые могут найти применение в колхозном строительстве. Однако это не означает, что блоки Кузьмина-Самриной займут первенствующее положение. Мы находимся как раз в том периоде, когда ведутся настойчивые изыскания дешевых индустриальных конструкций, и блоки Кузьмина-Самриной являются первой, но, конечно, не последней попыткой решения этого вопроса.

Натурные наблюдения, проведенные пока только в одном доме со **стенами из керамических блоков,** в полной мере показали справедливость критики конструктивного оформления блоков (см. п. 1 этой главы). Сообщение пустот между собой делает ненадежными результаты теплотехнических расчетов, и стена часто оказывается неполноценной.

Эта неполноценность обусловливается, главным образом, наличием конвективных токов по всему сечению стены. Поэтому даже при хорошей расшивке швов и незначительной сквозной воздухопроницаемости теплотехнические качества стены не соответствуют тому, чего следовало бы ожидать при надлежащем использовании воздушных прослоек. Наличие же сквозного продувания, легко возникающего при тонких перегородках между пустотами, еще больше ухудшает качества стены, которую по совокупности ее характеристик нельзя признать удовлетворительной.

В настоящее время совершенствование конструкций керамических блоков идет по трем путям:

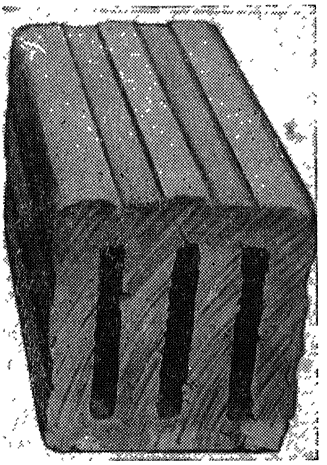
1) уменьшение ширины горизонтальных пустот с таким расчетом, чтобы при образовании вертикальных поперечных швов каменщик мог полностью покрыть раствором торцы блоков (рис. 22, *а*); иногда ради удобства технологического процесса одна из пустот (рис. 22, *б*) делается широкой, причем предполагается, что благодаря перевязке блоков эта пустота будет локализована в пределах высоты одного ряда кладки на небольшом пространстве по ширине;

2) устройство заглушек для широких (нещелевидных) горизонтальных пустот — предложение Экспериментального завода керамических блоков Моссовета, вызванное тем, что уменьшение ширины щелей затрудняет изготовление блоков;

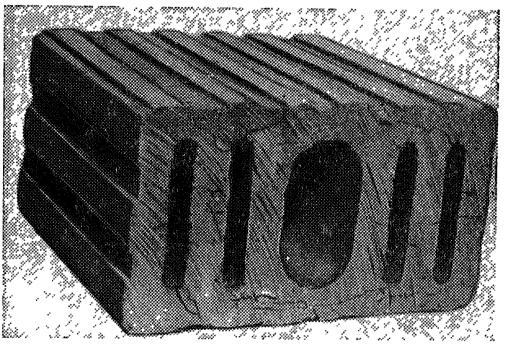
3) появление блоков с **вертикальными** сквозными щелевыми (рис. 22, *в*) и с несквозными широкими пустотами.

Вероятно, что третье направление окажется, в конце концов, самым правильным, тем более, что, как уже указывалось в п. 1 этой главы, неизбежным следствием устройства горизонтальных пустот в

а)



б)



в)

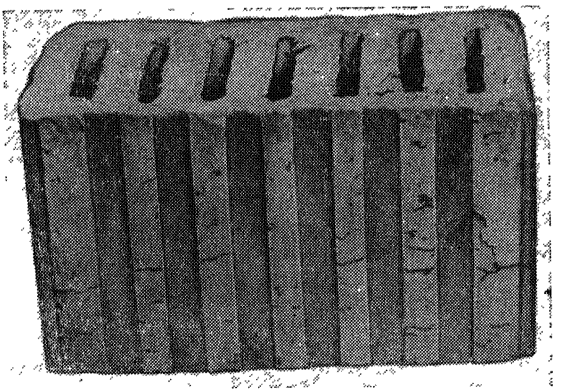


Рис. 22. Варианты керамических блоков

а—с щелевидными горизонтальными пустотами; *б*—с горизонтальными пустотами: боковыми — щелевидными, средней — широкой; *в*—с вертикальными щелевидными пустотами

блоках являются неудобства при образовании оконных и дверных проемов, а также углов.

Глава II.

КРУПНОПАНЕЛЬНЫЕ И КРУПНОБЛОЧНЫЕ ДОМА

1. Наружные ограждения крупнопанельных и крупноблочных домов и их конструктивные варианты

Крупнопанельное и крупноблочное строительство представляет собой наиболее прогрессивную форму домостроения, переносящего на завод изготовление укрупненных конструктивных элементов.

Применение многослойных конструкций, включающих в себя плотные и теплопроводные железобетонные слои, ставит перед теплофизикой специфические вопросы, от успешного разрешения которых зависит доброкачественность конструкций. Крупнопористые и просто пористые бетоны, применяемые в крупнопанельных и крупноблочных конструкциях, обладают свойствами, которые требуют проведения специальных исследований.

Первые крупнопанельные дома имели многослойные стеновые панели; одним из слоев панелей, независимо от конструктивного решения (каркасного или бескаркасного), был железобетон. Панели всегда имели высоту одного этажа (дом в 7-м квартале Песчаных улиц в Москве имеет глухие панели высотой в два этажа). В большинстве случаев оконные проемы входят в состав оконных панелей. В некоторых случаях (дома на Хорошевском шоссе в Москве) оконные проемы образованы укороченными панелями, располагаемыми над окнами и под окнами. В настоящее время намечается переход к однослойным панелям из легкого бетона (дом Академии архитектуры СССР на 6-й улице Октябрьского поля в Москве).

Первые крупноблочные дома имели стены из блоков, уложенных в четыре яруса по высоте этажа (четырехрядная разрезка). В дальнейшем осуществился переход к трехрядной, а затем к двухрядной разрезке; однако и в настоящее время не отказались окончательно от четырехрядной разрезки. Отличительными чертами крупноблочных зданий являются: бескаркасная схема, в подавляющем большинстве случаев однослойность блоков с образованием оконных проемов из глухих блоков различной высоты.

Отказ от многослойности стеновых панелей в крупнопанельном домостроении при бескаркасной схеме и увеличение высоты блоков имеют следствием почти полное слияние крупнопанельного домостроения с современным крупноблочным.

Железобетонные многослойные стеновые панели могут быть представлены следующими принципиальными решениями:

1) железобетонная плита располагается с теплой стороны ограждения, а утеплитель — с холодной стороны;

2) железобетонная плита располагается с холодной стороны ограждения, а утеплитель — с теплой стороны;

3) утеплитель заключается между внутренней и наружной железобетонными плитами;

4) железобетонная плита заключается между внутренним и наружным слоями утеплителя.

Наиболее совершенной является схема 1. Такое решение обеспечивает стену от накопления в ней влаги, проникающей из помещений, и устраняет опасные тепловые мосты. Среди немногочисленных пока вариантов конструкций сборных железобетонных домов это решение еще не нашло практического применения, главным образом, из-за ограниченного пока выбора утеплителей и отсутствия надежных мер защиты их от атмосферных воздействий.

К схеме 2 относятся стены дома на Соколиной горе и крупнопанельных домов на Хорошевском шоссе в Москве; к схеме 3 — стены домов Березовского завода строительных конструкций и бескаркасные крупнопанельные дома в Магнитогорске. Принципиально возможная схема 4 применения пока не получила.

Крупные блоки применяются в большинстве случаев сплошные; в ленинградском строительстве — с вертикальными цилиндрическими пустотами. Разрабатываются конструкции блоков с щелевидными и другими пустотами.

Практическому осуществлению крупнопанельного строительства, получившего фактически свое начало в период первой послевоенной пятилетки, предшествовали и сопутствовали натурные и лабораторные исследования, проведенные лабораторией теплофизики в предшествующие годы.

2. Влажностный режим крупнопанельных и крупноблочных стен

Влага, поступающая из воздуха помещения в панельное ограждение, сконструированное по схеме 2 (утеплитель — внутри, железобетонная плита — снаружи), встречается в конце своего пути с наименее влагопроницаемым слоем — железобетоном, имеющим коэффициент паропроницания $0{,}158 \cdot 10^{-2}$ *г/м час мм* рт. ст. и образующим, таким образом, конструктивный барьер перед выходом ее наружу. Процесс перераспределения влаги, уже находящейся в ограждении, также приводит к тому, что в зимнее время за счет подсушивания слоев, расположенных ближе к внутренней поверхности, происходит увлажнение слоев, прилегающих к наружной поверхности ограждения.

Вследствие этого в зимний период перед внутренней поверхностью наружной железобетонной плиты неизбежно скопление влаги.

В ограждении, сконструированном по схеме 3 (железобетон—утеплитель—железобетон), будут происходить те же явления с той только разницей, что доступ влаги в ограждение из помещения здесь значительно более затруднен, чем при схеме 2, из-за наличия внутренней железобетонной плиты, но зато более затруднено

и высыхание конструкции летом. Сезонные колебания влажности в стене по схеме 3 при прочих равных условиях должны быть меньше, чем в ограждении, сконструированном по схеме 2.

Изложенные выше схематические представления о ходе влажностных процессов в ограждениях требуют некоторых поправок.

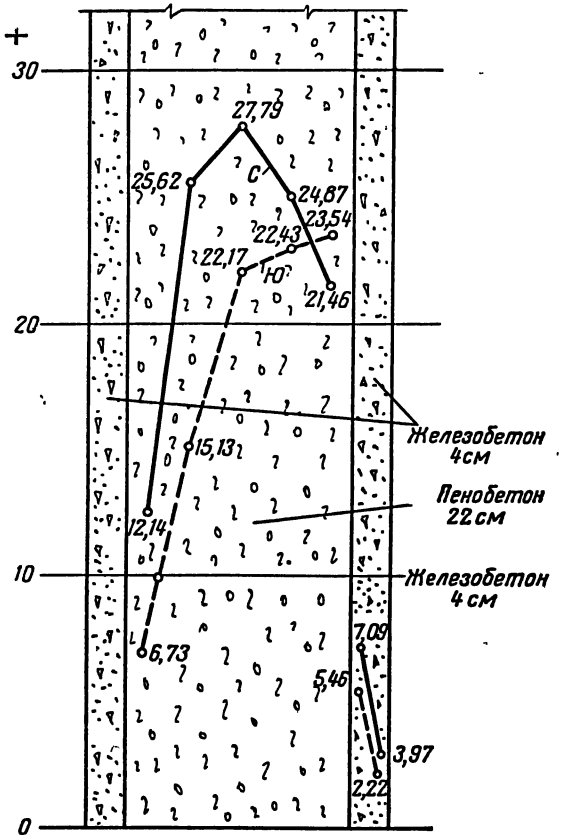


Рис. 23. Зимнее распределение влаги в северных и южных стенах крупнопанельных бескаркасных домов в Магнитогорске

На рис. 23 представлено зимнее распределение влаги в северных и южных стенах крупнопанельных бескаркасных домов в Магнитогорске, выполненных по схеме 3.

Из рисунка видно, что только в южной стене влажностная пика находится у наружной железобетонной плиты. Влажностная пика в северной стене находится ближе к середине сечения. Это может быть объяснено тем, что влага, замерзающая в пористых материалах при температурах, близких к нулю, образует

в зоне отрицательных температур ледяной барьер, препятствующий дальнейшему продвижению влаги. Магнитогорск отличается ясной зимней погодой. Под действием солнечной радиации, проникающей в слои, примыкающие к наружной поверхности ограждения, в этих слоях происходит многократное оттаивание и замораживание (см., например, стр. 52—53, рис. 17—18), в результате чего влага скачками перемещается к наружной поверхности. В местах с большой зимней облачностью (например, в Ленинграде) таких явлений в стенах, ориентированных на юг, не наблюдается, и вообще разница между средней влажностью стен, ориентированных на север или юг, зависит больше не от ориентации, а от характера окружающей застройки. В Магнитогорске же эта разница совершенно очевидна.

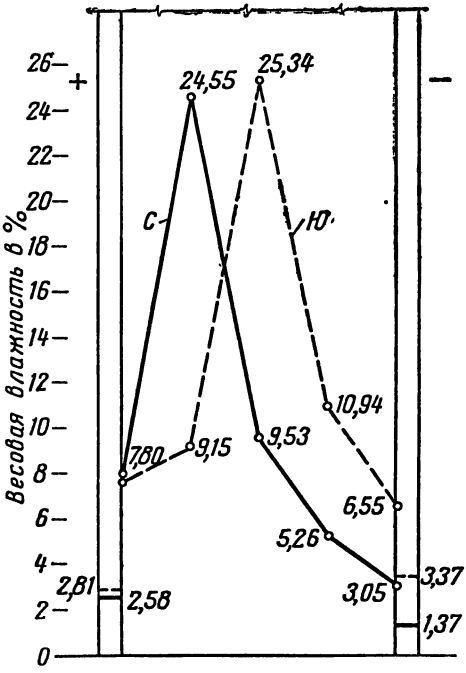


Рис. 24. Зимнее распределение влаги в однослойной пенобетонной стены: *С*—влажность стены, ориентированной на север; *Ю*—стены, ориентированной на юг

Высказанное выше предположение об образовании внутри ограждения ледяного барьера подтверждается рис. 24, на котором показано зимнее распределение влаги в пенобетонной стене, оштукатуренной снаружи и изнутри, и не имеющей, следовательно, того конструктивного барьера, какой имеют стены крупнопанельных домов. Пенобетонный дом, построенный в 1930—1931 гг., находится в Магнитогорске (ул. Чехова, 2).

На рис. 25 показано среднее влажностное состояние стен, ориентированных на север и на юг, крупнопанельных домов в Магнитогорске, вступивших в различное время в эксплуатацию (конструкция стен показана на рис. 23). Рисунок показывает медленный процесс освобождения конструкций от влаги. Можно подметить, что при средних влажностях порядка 25% и более высыхание конструкций обычно происходит независимо от времени года. При влажностях выше 20%, как правило, происходит обычное зимнее накопление влаги.

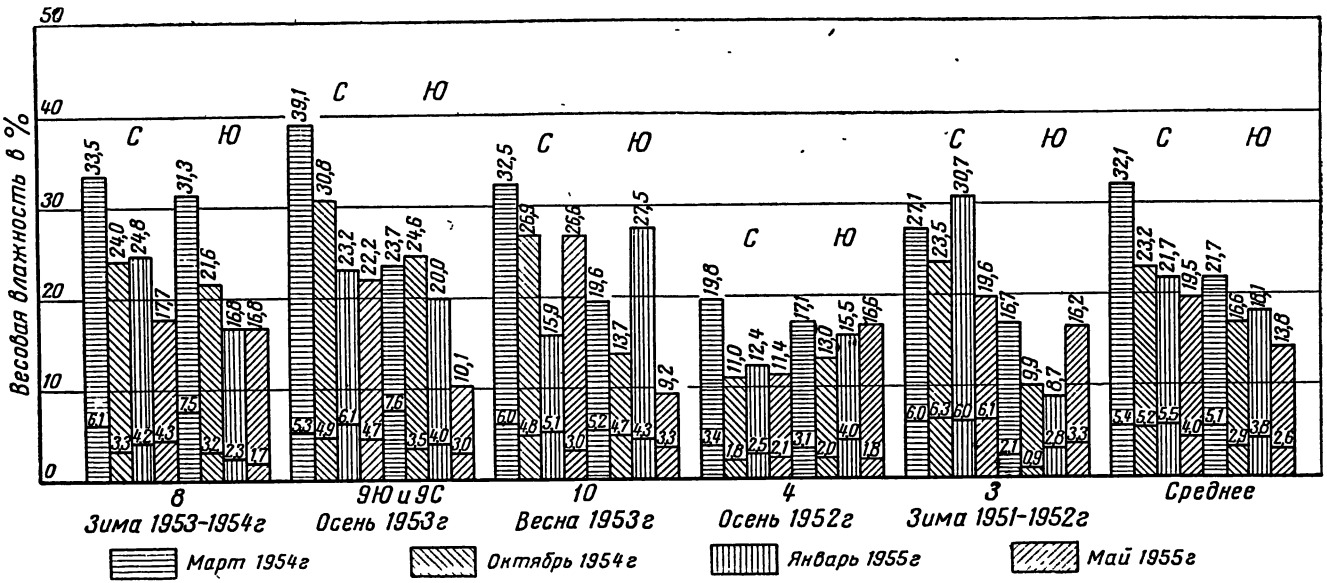


Рис. 25. Изменения влажностного состояния северных и южных стен крупнопанельных домов в Магнитогорске, вступивших в различное время в эксплуатацию

В первой строке под графиками даны обозначения домов, во второй строке — время ввода их в эксплуатацию. Для каждого из домов первые 4 столбика относятся к северной стене, остальные 4 — к южной

Цифры над столбиками обозначают весовую влажность пенобетона, цифры в нижнем ряду — весовую влажность наружного железобетонного слоя

Данные о влажности материалов стен крупнопанельных домов (Хорошевское шоссе в Москве), относящихся к схеме 2, в первую зиму их эксплуатации и через 5 лет приведены в табл. 21.

Таблица 21

Влажность (весовая) материалов стен крупнопанельных домов (в %)

Материал	Период эксплуатации	
	1 год	5 лет
Пенобетон	27,4	13,6
Гипсовая плита . .	19,6	—

Примечание. Средний объемный вес пенобетона — 580 *кг/м*³.

На рис. 26 показано состояние стены при ее вскрытии, произведенном в первую зиму эксплуатации. Вскрытие относится к периоду сильных морозов (11 января 1951 г., $t_н$ = = —32°; до этого в течение двух недель держались морозы со средней температурой — 23°).

На поверхности пароизоляционного слоя со стороны теплового потока были отмечены сырые налеты, а местами — капельный кон-

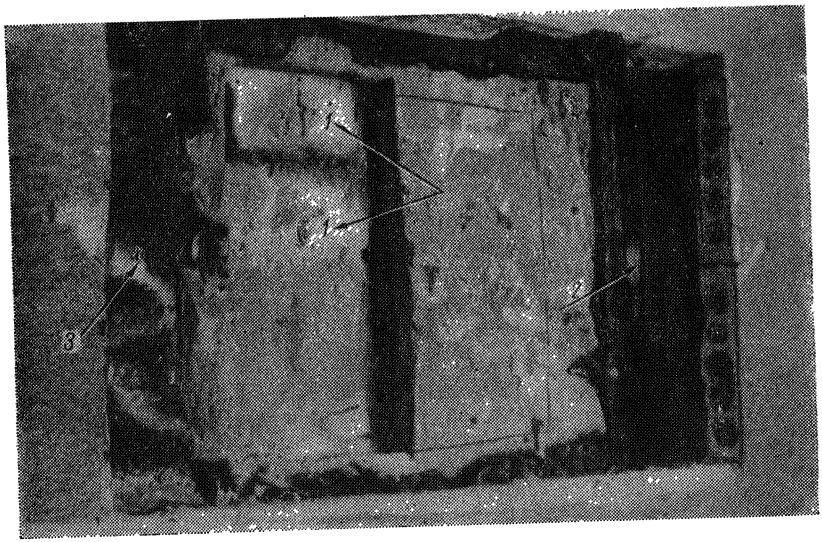


Рис. 26. Состояние внутренних слоев стены дома на Хорошевском шоссе в Москве, обнаруженное при вскрытии. Сняты гипсовые плиты и пароизоляционный слой. Вынута часть первого слоя пенобетона

1—наледи; *2*—иней; *3*—пароизоляция против стыка панелей

денсат. Также местами на стыках панелей отмечался значительный иней, а на металлических накладках — наледи в виде сосулек. Под пароизоляционным слоем, вблизи от металлических частей, также наблюдался иней. В значительном количестве иней

оказался и на внутренней поверхности железобетонной плиты. Однако установлено, что наклейка пароизоляционного слоя была выполнена недостаточно удовлетворительно. Так, например, в месте вскрытия пароизоляционный слой против стыка панелей не был наклеен вовсе и висел самостоятельно.

Влажность (весовая) материалов крупнопанельных стен Березовского завода строительных конструкций, спроектированных по схеме 3 и состоящих из двух железобетонных плит толщиной по 2,5 *см* с заполнением между ними минеральной ватой слоем в 15 *см*, приведена в таблицах 22 и 23.

Таблица 22

Влажность материалов стены, ориентированной на северо-восток (Березовский завод строительных конструкций) в первую зиму эксплуатации

Места взятия проб	Дата	
	15—23/II	24/III
Минеральная вата у наружной поверхности	5,8	5,1
Минеральная вата у внутренней поверхности	0,2	0,1
Бетон наружной плиты	3,9	2,8
Бетон внутренней плиты	1,2	1,2
Бетон чердачного блока	1,9	1,6
Минеральная вата из стены под оконной коробкой	5,5	—

Влажность железобетона в стенах дома Березовского завода по первому варианту, также относящемуся к схеме 3, после двух лет эксплуатации оказалась равной 2,7%, влажность минеральной ваты — 1,65%.

Таблица 23

Влажность материалов стен домов (Березовский завод строительных конструкций) после 7 лет эксплуатации

Места взятия проб	Влажность (весовая) в %
Железобетон, внутренняя плита	2,06
Минеральная вата, внутренний слой	0,06
Минеральная вата, средний слой	0,4
Минеральная вата, наружный слой	0,53
Железобетон, наружная плита	1,26

При обследовании, проведенном в конце января 1955 г., влажность материалов в стенах тех же домов, эксплуатировавшихся в среднем 7 лет, оказалась намного меньше (табл. 23).

Сравнивая влажность железобетонных слоев в стенах магнитогорских крупнопанельных домов (см. рис. 23) с данными табл. 22 и 23, можно видеть, что она корреспондирует влажности утеплителя.

На рис. 27 показана

средняя влажность шлакобетонных крупноблочных стен после длительной (16—20 лет) эксплуатации. Равновесная влажность стен этих домов зависит от климатических условий, эксплуатационного режима здания и рецептуры материала блоков.

Фактические значения влажности крупноблочных стен в процессе производства, на заводских складах, в период монтажа и в

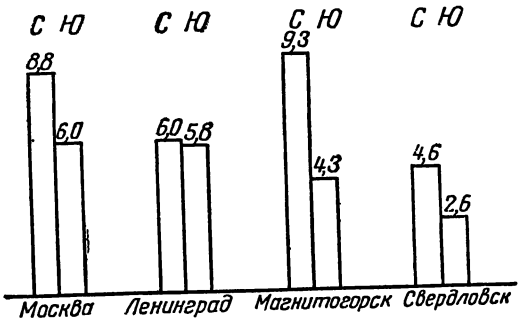


Рис. 27. Влажность стен крупноблочных домов после длительной эксплуатации: *С* — северная стена; *Ю* — южная стена

первые годы эксплуатации, полученные в результате массового обследования зданий в Москве и Ленинграде, приведены на рис. 28. В Ленинграде изготовление шлакобетона производилось на бегунах, в Москве — в бетономешалках.

3. Воздухопроницаемость конструкций и распределение температур в ограждениях

На рис. 29 и 30 представлен ход изменения температур по слоям северо-восточной и северо-западной стен дома на Соколиной горе (конструкция их показана на рис. 32). Из рассмотрения кривых видно, что со второй половины дня 22 января наступило похолодание с сильным ветром. Но уже 25 января температура вернулась к своему прежнему уровню.

По данным метеорологической станции Балчуг, средняя температура января 1949 г. была —3,2° вместо нормальной —10,5°. Температура внутреннего воздуха $t_в$ в течение всего времени, за исключением периода 22—25 января, колебалась незначительно и поддерживалась на высоком уровне $t_{в.ср} = 25°$.

Из сравнения рис. 29 и 30 отчетливо видно, что изменения температур по слоям северо-западной стены происходят значительно спокойнее, чем по слоям стены северо-восточной. В то время, как температуры по слоям северо-западной стены изменяются на всем протяжении (за исключением периода 22—23 января) без резких скачков, кривые северо-восточной стены имеют участки (например, 22—23 января), на которых изменения тем-

пературы не обусловлены изменениями $t_н$ и $t_в$. В особенности это явление заметно на участке 22—25 января для северо-восточной стены.

Объяснения этих явлений следует искать в действии ветра. Северо-западный ветер, дувший с нарастающей силой 22 января

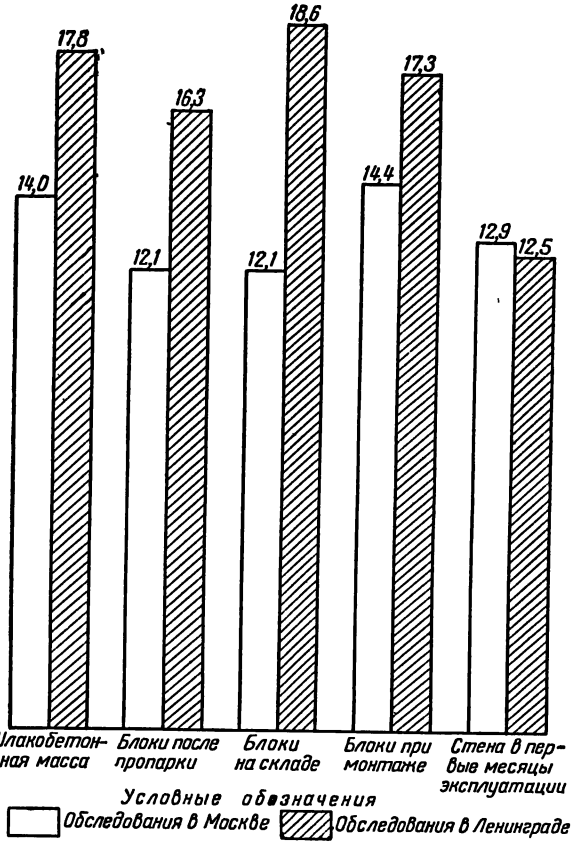


Рис. 28. Влажность крупноблочных стен в процессе производства, на заводских складах, в период монтажа и в первые годы эксплуатации по данным массового обследования в Москве и Ленинграде

и достигший скорости 7—8 *м/сек* 23—24 января, в сочетании с понижением $t_н$ обусловил исключительно резкое падение температур во всех слоях северо-восточной стены, не исключая температуры ее внутренней поверхности. Изменение температур даже в точке 3—3 оказалось бо́льшим, чем изменение наружных температур. Это указывает на сильное влияние, оказываемое ветром на распределение температур в стенах.

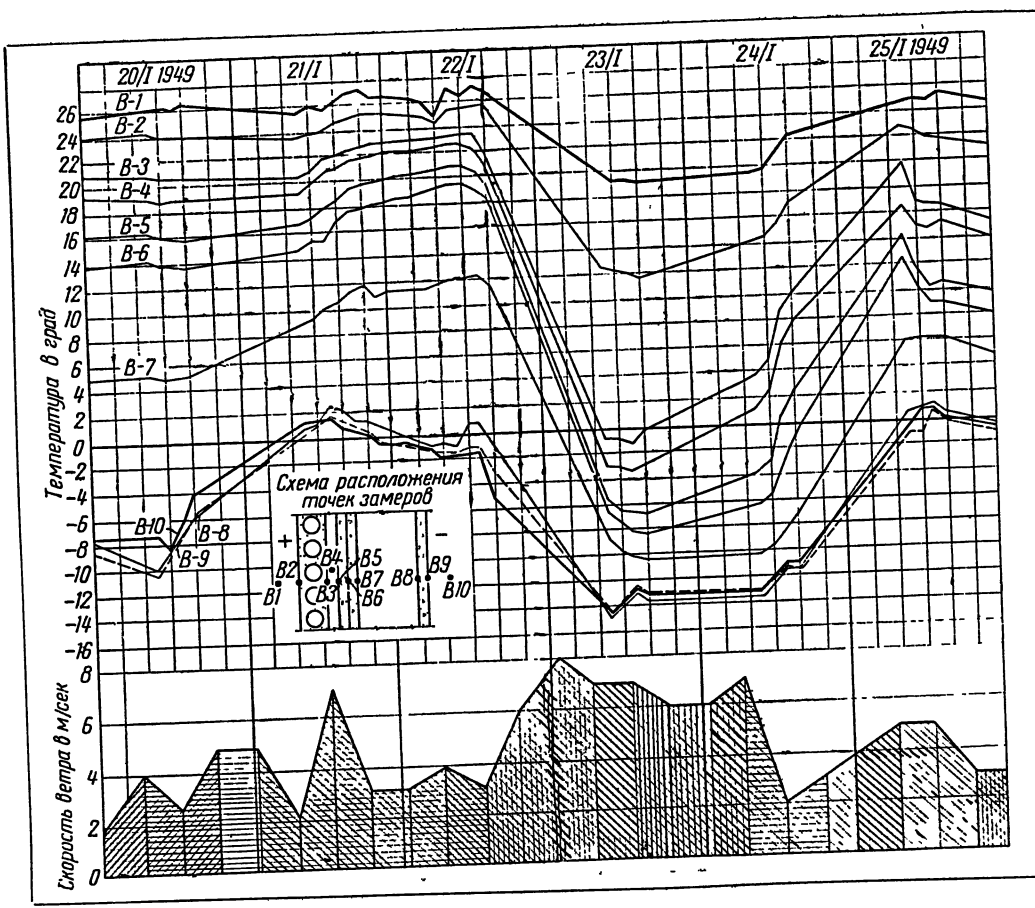


Рис. 29. Изменение температур по слоям северо-восточной стены крупнопанельного дома на Соколиной горе в Москве

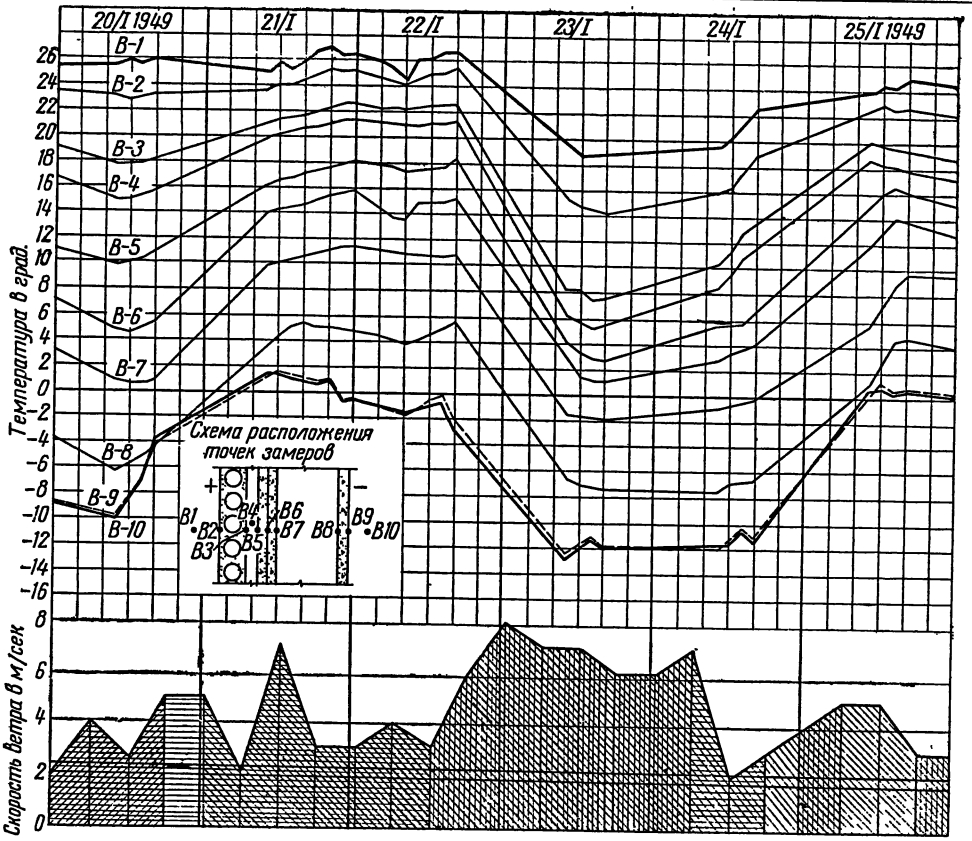


Рис. 30. Изменение температур по слоям северо-западной стены крупнопанельного дома на Соколиной горе в Москве

Господствующими направлениями ветра для Москвы зимой являются западное и юго-западное. С этой точки зрения опытная квартира, находившаяся в северо-восточной части дома, была в более благоприятных условиях, нежели квартиры, расположенные в северо-западном и юго-западном углах. В самой опытной квартире в более неблагоприятных условиях, чем северо-западная, оказалась заветренная северо-восточная стена. 22—23 января температура холодной стороны облицовочной гипсовой плиты северо-восточной стены упала до —0,9°, в то время как температура такой же поверхности на северо-западной стене не опускалась ниже 7,4°. На это могли повлиять и привходящие обстоятельства, например, фактическая ширина швов между железобетонными плитами, состояние асбестоцементных плит и т. п., но несомненно, что главную роль играло направление ветра.

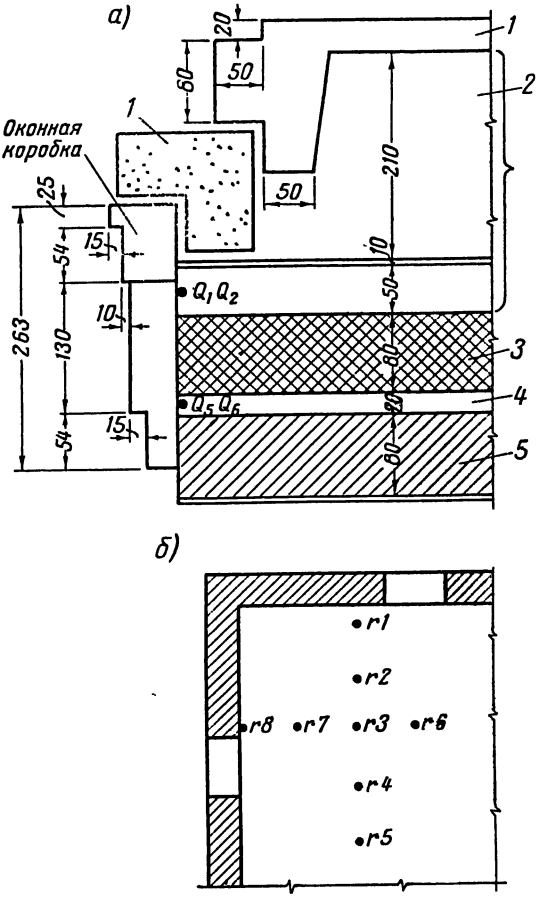


Рис 31. Расположение точек замеров

а—на оконных коробках; *1*—железобетонная панель; *2*—воздушная прослойка, заполненная минеральной ватой; *3*—асбестоцементные плиты; *4*—воздушная прослойка; *5*—пустотелые гипсовые плиты; *б*—на чердачном перекрытии *ч* 1, *ч* 2 и т д.—точки замеров

В табл. 24 приводятся замеренные температуры в точках *01—08* (рис. 31 *а*) в наиболее холодный день (23 января), в день, когда температуры в точках *01—08* были наивысшими (9 января), и средние значения температур за весь период наблюдений.

Из таблицы следует, что:

а) температуры на оконной коробке в границах теплой прослойки лишь немного выше температур холодной прослойки;

б) диапазон температурных колебаний для обеих воздушных прослоек составляет 38°, что в два с лишним раза больше диапазона колебаний $t_н$ в течение января (по метеорологической сводке абсолютный максимум за январь был +3,5°, абсолютный минимум —14,5°, т. е. $t_{н\,макс} - t_{н.мин} = 18°$);

в) средние температуры в точках *01—08* на несколько градусов ниже температур воздуха в соответствующих прослойках;

г) в теплые дни и за весь период наблюдений в верхних точках (четные номера) температуры выше, чем в нижних (нечетные номера); в холодные дни отмечено обратное положение.

Все эти факты говорят о том, что в ограждение свободно проникает воздух как снаружи, так и из помещения; этот воздух, не встречая сколько-нибудь значительного сопротивления, переходит из одной прослойки в другую; кроме того, имеют место продольная инфильтрация и конвективные токи воздуха.

Таблица 24

Температуры в точках *01—08*

Дата	Точки				Дата	Точки			
	03	*04*	*07*	*08*		*01*	*02*	*05*	*06*
23/I	—12,18	—12,31	—12,31	—13,08	23/I	—12,82	—13,08	—13,32	+13,2
9/I	20,63	24,63	22,25	24,88	9/I	19,87	24,5	19,61	24,75
Среднее значение .	8,63	13,78	12,23	13,09	Среднее значение .	6,79	10,42	7,95	13,1

Распределение температур (расчетное и фактическое) в стене в зависимости от направления ветра показано на рис. 32.

По расчету минеральная вата должна была при данном температурном перепаде иметь среднюю температуру $\frac{17{,}7-4.1}{2} = 6{,}8°$; под действием холодного воздуха, проникающего в ограждение, температура ее понизилась до 4,6°. Количество тепла, теряемого вследствие этой причины минеральной ватой на каждый 1 $м^2$ ограждения при толщине заполнения 22 *см*, объемном весе ваты 250 $кг/м^3$ и удельной теплоемкости 0,18 *ккал/кг град*, равно

$$(6{,}8 - 4{,}6)\,0{,}18 \cdot 250 \cdot 0{,}22 = 21{,}78 \text{ ккал}/м^2 \text{ час}.$$

Воздух повысил свою температуру с —4,8° до +4,6°, т. е. на 9,4°. Количество воздуха v, необходимого для понижения средней температуры минеральной ваты до 4,6°, определяется из уравнения

$$v = 21{,}78 : (9{,}4 \cdot 0{,}3) = 7{,}5 \ м^3/м^2 \text{ час}.$$

Если считать, что при ширине плиты 1 *м* на каждый 1 $м^2$ приходится 1 *пог. м* шва шириной 1 *см*, то окажется, что средняя

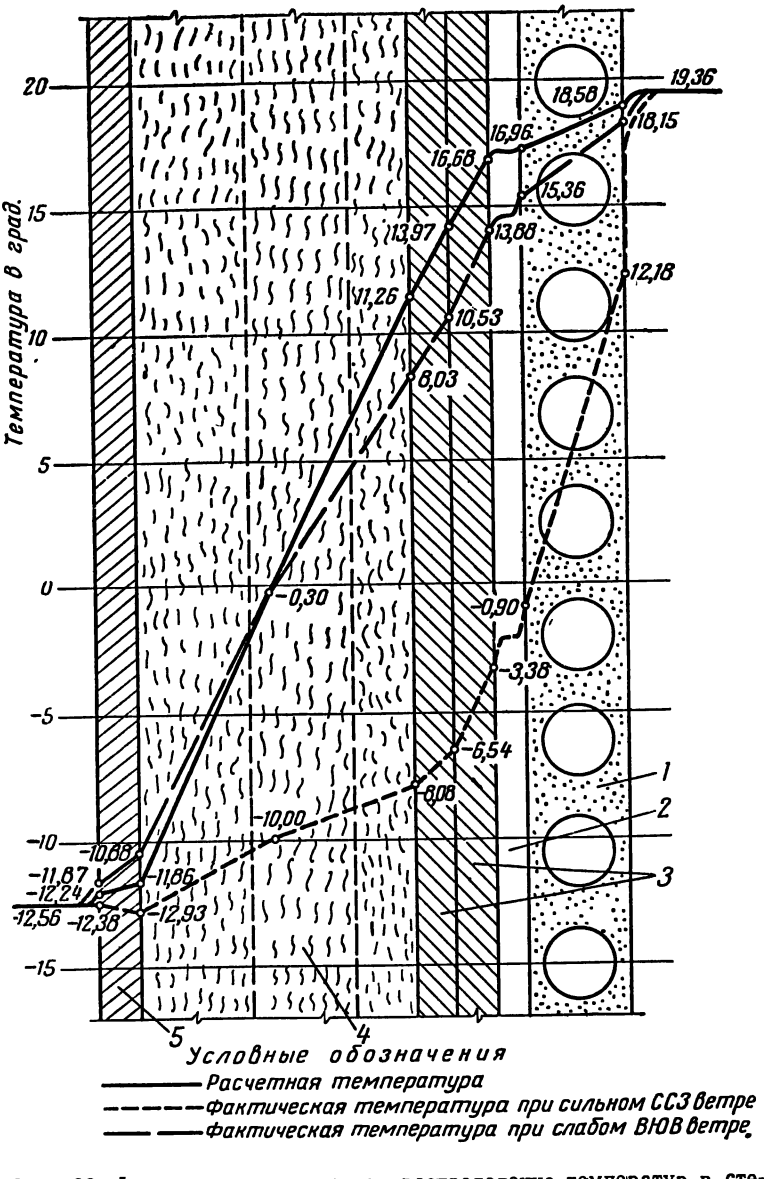


Рис. 32. Фактическое и расчетное распределение температур в стене дома на Соколиной горе в Москве

1—гипсовая плита 80 *мм*; *2*—воздушная прослойка 20 *мм*; *3*—асбестоцементная плита 35 *мм*; *4*—минеральная вата 270 *мм*; *5*—железобетонная плита 40 *мм*

скорость прохождения воздуха через щель составляет 21 *см/сек*. Средняя скорость ветра за тот же период равна 4 *м/сек*.

Воздух, входящий в прослойку, заполненную минеральной ватой, частично проникает в следующие слои ограждения, частично проходит по прослойке и создает условия для продольной инфильтрации; часть воздуха из-за пульсации выходит обратно.

Характерные дни 22—24 января, когда ветер, имевший скорость 7—8 *м/сек*, был направлен почти нормально к поверхности северо-западной стены, показывают, что значительно более сильное охлаждение северо-восточной стены по сравнению с северо-западной стеной произошло именно вследствие продольной инфильтрации в северо-восточной стене.

Можно предполагать, что укладка асбестоцементных плит насухо чрезвычайно облегчила проникновение холодного воздуха через щели между плитами утеплителя; в особенно резкой форме это явление отмечено у мест примыкания утеплителя к оконным коробкам (см. стр. 74).

Воздухопроницаемость междуэтажных незамоноличенных в полную меру перекрытий такова же, как и стен. В табл. 25 приведены температуры за наиболее холодный день 23 января, теплый день 9 января и средние температуры за весь период по точкам Л (на лотке железобетонного перекрытия) и П (на чистом полу).

Таблица 25

Температуры лотка железобетонного перекрытия и пола в зависимости от наружной температуры (рис. 33)

№ точки	23 января		9 января		За весь период	
	пол	лоток	пол	лоток	пол	лоток
1	4,87	4,87	27,38	28	21,93	22,88
2	6,54	3,58	26,25	26,5	22,04	20,8
3	7,18	7,43	26,25	26,63	21,96	21,91
4	6,66	4,61	25,75	25,75	20,82	20,12
5	8,84	5,77	27	28	22,87	22,82
6	8,97	—	26,38	—	22.52	—
7	10	8,58	26	27,5	22,7	22,57
8	11,02	8,97	25,38	27,25	21,67	22,87
9	8,97	12,36	25,38	27,25	21,93	21,85
10	10,37	8 58	25,75	27,5	22,65	22,58
11	11,02	10	25 38	27,38	22,53	22,81
12	11,79	10,77	25.25	27,5	22,21	22,85
13	7,43	3,32	25.87	27.13	21,57	21,33
14	11,04	8.71	25,25	27,25	22,21	22,39
15	12,18	10,38	25,38	27,38	22,51	22,66
16	12,95	—	25,13	—	22,89	—
Среднее значение	9,5	7,3	25,3	27,3	22,3	22,3

Из таблицы видно, что и в данном случае амплитуда колебаний температур, в особенности для точек на лотках, больше размаха колебаний $t_н$. В периоды понижения температур средняя температура на лотках на 2,3° ниже температуры пола; наоборот, в периоды повышения температур на лотках устанавливается даже немного бо́льшая (на 2°) температура, чем на полу.

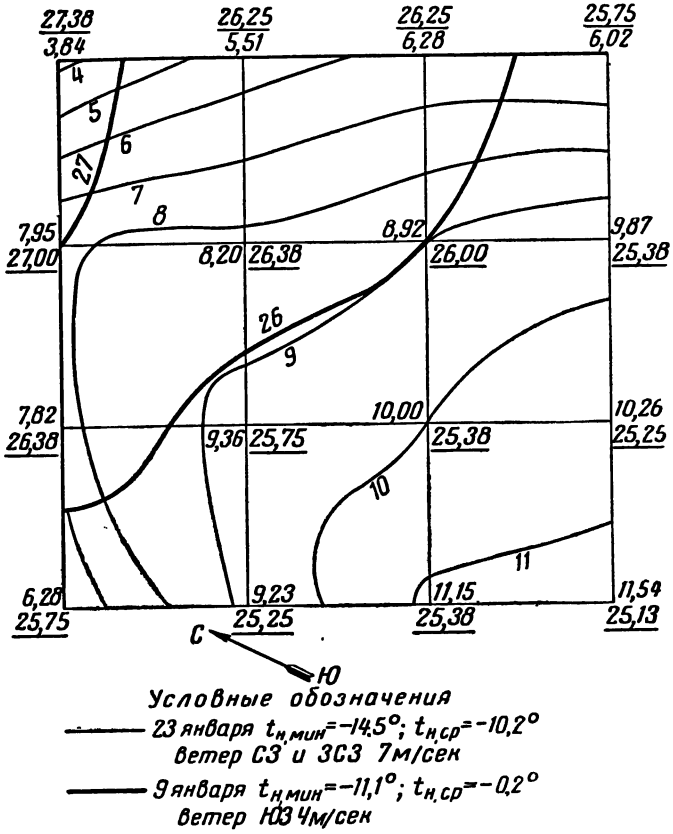


Рис. 33. Изотермы лотков у наружного угла междуэтажного перекрытия в доме на Соколиной горе в Москве (подчеркнутые температуры замерены 9 января)

Объясняется это тем, что теплый воздух из расположенной ниже квартиры третьего этажа, поднимаясь кверху, поступает в междуэтажную зону. Аналогию этого можно найти в чердачном перекрытии.

На рис. 33 показаны изотермы лотков у наружного угла междуэтажного перекрытия. На рисунке видно, что метеорологические условия необычайно резко влияют на распределение температур по поверхности перекрытия.

В табл. 26 приведены данные о распределении температур на лотках чердачного перекрытия (рис. 31, *б*).

Таблица 26

Распределение температур на лотках чердачного перекрытия

№ точек	Дата		Среднее значение	№ точек	Дата		Среднее значение
	23/I	9/I			23/I	9/I	
ч1	8,97	21,25	18,14	*ч5*	5,38	19,1	16,69
ч2	9,1	20,75	18,02	*ч6*	12,82	20,25	18,45
ч3	8,2	20	17,58	*ч7*	10	19,74	17,92
ч4	6,79	19,74	16,99	*ч8*	—7,69	21	14,83

Из этой таблицы можно видеть, что наинизшая температура чердачного перекрытия имела место в точке *ч8*, находящейся у северо-западной стены (рис. 31, *б*). Особенно сильно понижается температура в этой точке при наличии северных ветров. В тихую погоду и при ветрах другого направления температура в этой точке может даже превосходить температуры в других точках. Это указывает на то, что точка *ч8* лежит на пути воздушных потоков.

Распределение средних температур на линии *ч1—ч5* показывает, что ток воздуха в перекрытии имеет преимущественное направление от запада к востоку.

Наружные швы между стеновыми панелями домов первой очереди на Хорошевском шоссе заделывались раствором. Тем не менее слабым местом этих стыков является их воздухопроницаемость. На рис. 34 показано распределение температур по стыку между панелями в корпусе № 2. Оно говорит не только о фильтрации наружного воздуха через стыки, но и о проникании теплого воздуха из нижерасположенных этажей. Положительная температура +3,11° при $t_н$ =—4,5° ясно это показывает.

Во многих случаях в крупнопанельных и крупноблочных домах обнаружено продувание по периметру окон.

4. Теплопередача и температурный режим ограждений. Тепловые мосты

Включение в состав панелей эффективного утеплителя позволяет конструировать ограждения крупнопанельных зданий с большим сопротивлением теплопередаче. Наличие в составе панели железобетонной плиты с ребрами обусловливает наличие тепловых мостов.

Наиболее характерной в этом отношении является стеновая панель **Березовского завода строительных конструкций по первому варианту** (рис. 35). Общее сопротивление теплопередаче

стены по глади равно по расчету 2,82 *м²час град/ккал,* непосредственными же термотранзитометрическими замерами установлено общее сопротивление теплопередаче 2,52 *м²час град/ккал,* т. е. на 10,7% меньше расчетного. Одной из наиболее возможных причин расхождения может быть влияние теплопроводных

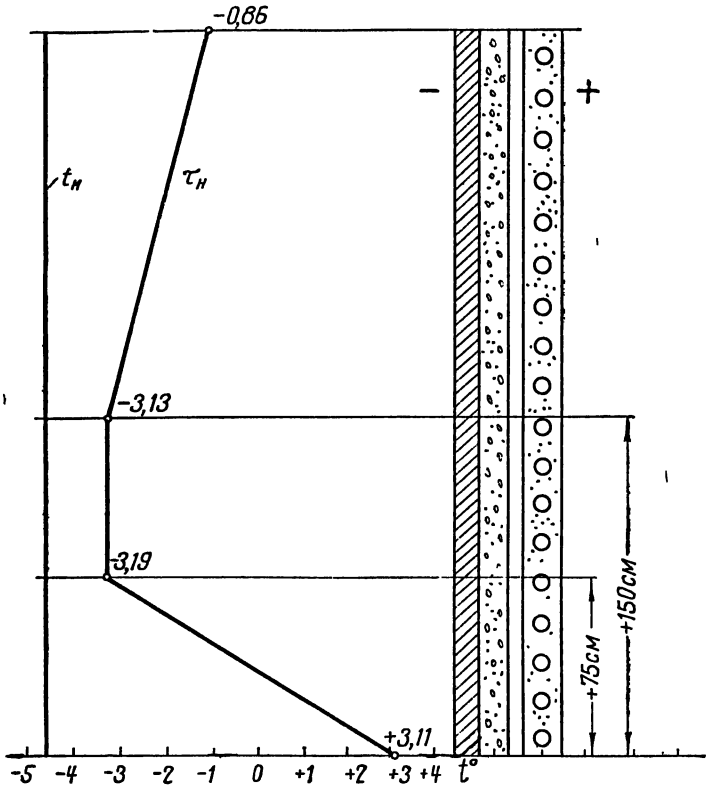


Рис. 34. Распределение поверхностных температур по стыку между стеновыми панелями в корпусе № 2 по Хорошевскому шоссе в Москве

ребер и стыков на температуру поверхности стены (см. ниже, п. 5).

Как бы то ни было, но **с точки зрения теплопотерь** дело обстоит вполне благополучно даже при том условии, что примерно 10% площади занято ребрами и стыками, имеющими сопротивление теплопередаче всего 0,42 *м² час град/ккал.* **С точки же зрения распределения температур** на внутренней поверхности стены получается совершенно ненормальное положение. На рис. 36 представлены изотермы внутренней поверхности стены. Крайне неравномерное распределение поверхностных температур объяс-

няется наличием в стене теплопроводных включений в виде промежуточных вертикальных ребер и вертикальных обвязок стеновых панелей. Из рис. 36 также видно, что на понижение темпе-

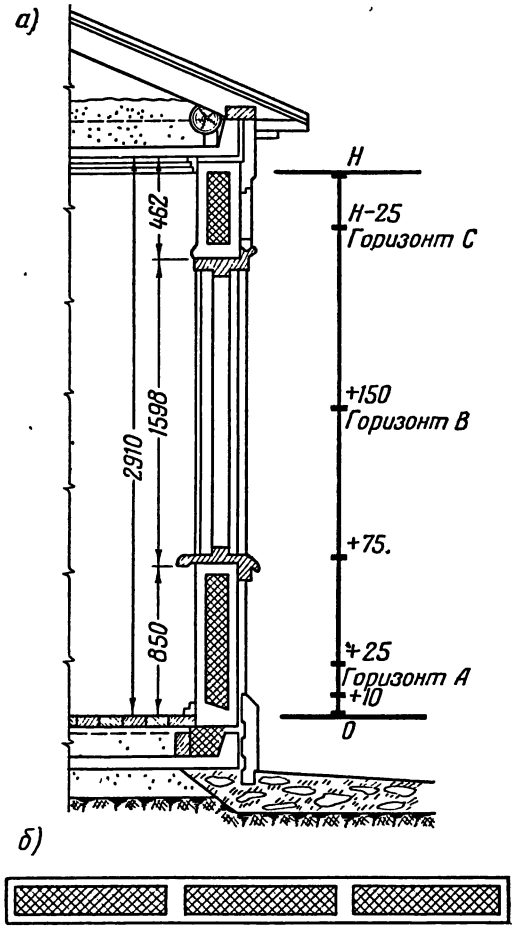


Рис. 35. Схема конструкции стеновой панели дома Березовского завода строительных конструкций (первый вариант)

а—конструктивный разрез; *б*—горизонтальный разрез

ратур стены у пола, а в особенности у потолка, оказывают влияние нижняя и верхняя обвязки стенового элемента.

Распределение температур на поверхностях стены еще более невыгодно в оконных элементах, так как в них дополнительно введены надоконные и подоконные ребра. Средняя температура

внутренней поверхности по подоконному ребру равна 11,16°. Если учесть, что подоконное ребро находится на уровне +85 *см*, то при сравнении с изотермами на рис. 36 становится ясно, что

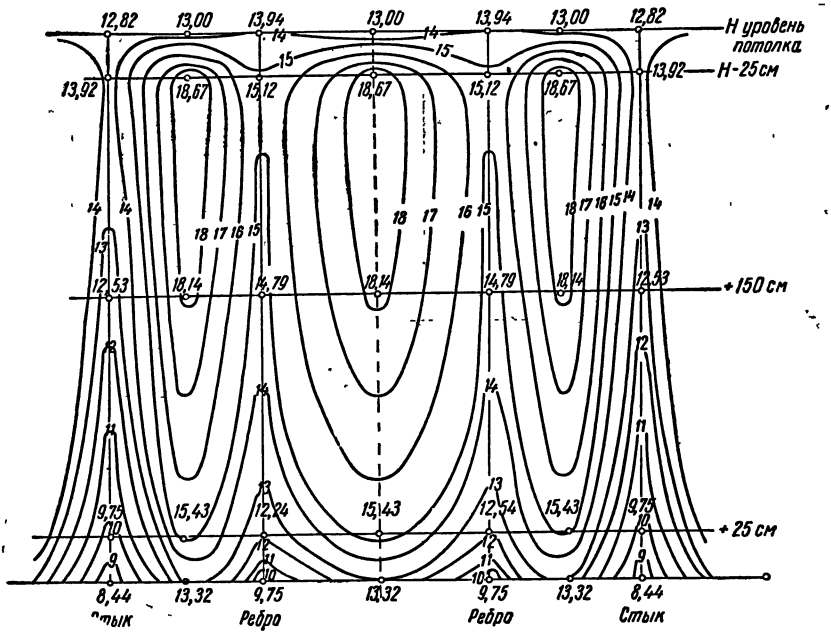


Рис. 36. Распределение температур на внутренней поверхности стеновой панели дома Березовского завода строительных конструкций (первый вариант)

температурные условия в оконном стеновом элементе резко отличаются от температурных условий в глухой панели.

Значительно благополучнее обстоит дело в углу наружных стен. Это благополучие объясняется принятыми конструктивными мерами. На рис. 37 показан конструктивный разрез угла.

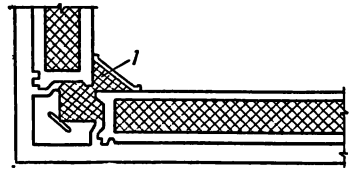


Рис. 37. Конструктивный разрез угла дома БЗСК

1—угловая пилястра (под пилястру в угол закладывается минеральный войлок)

От неудачного решения стеновых панелей Березовского завода строительных конструкций пришлось отказаться, и, таким образом, появился **второй конструктивный вариант** того же завода. В этом варианте ребра стеновых панелей были разобщены (рис. 38); по-прежнему оставалось высоким общее сопротивление теплопередаче. В табл. 27 приведено его расчетное значение.

Таблица 27

Сопротивление теплопередаче по глади стены (дом Березовского завода строительных конструкций, второй вариант)

Элементы сопротивления	δ в *м*	λ	$R_{слоя}$
Сопротивление теплопереходу $R_в$.	—	—	0,133
Железобетон	0,025	1	0,025
Минеральная вата	0,18	16,7	3,006
Железобетон	0,035	1	0,035
Сопротивление теплопереходу $R_н$.	—	—	0,05
			$R_0 = 3{,}249$

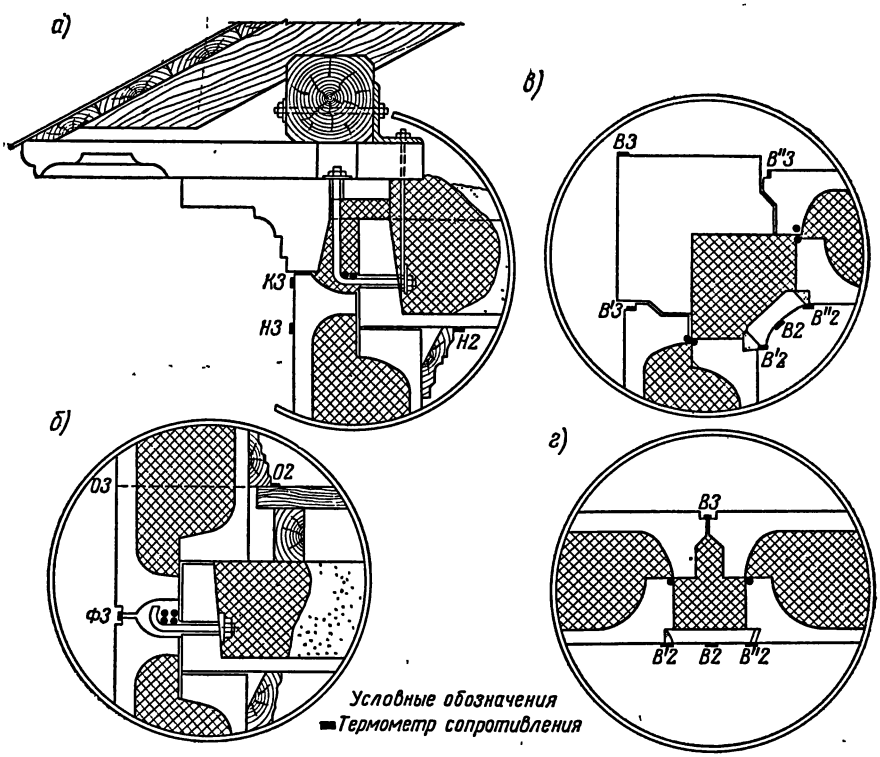


Рис. 38. Второй конструктивный вариант стеновой панели дома БЗСК
а—верхний узел; *б*—нижний узел; *в*—наружный узел; *г*—стык стеновых панелей; буквами с цифрами обозначены термометры сопротивления, установленные при проведении натурных исследований

Фактическое сопротивление теплопередаче, полученное по 81 замеру, равно 3,4 *м² час град/ккал*, что дает расхождение по-

рядка 5%, т. е. находится в пределах точности измерений. Более близкое совпадение расчетной и фактической величин R_0 объясняется, по-видимому, отсутствием сквозных ребер, что имело место в первом варианте.

На рис. 39 показано распределение температур по поверхности и в зоне стыка, а также температур воздуха в доме Березовского завода строительных конструкций.

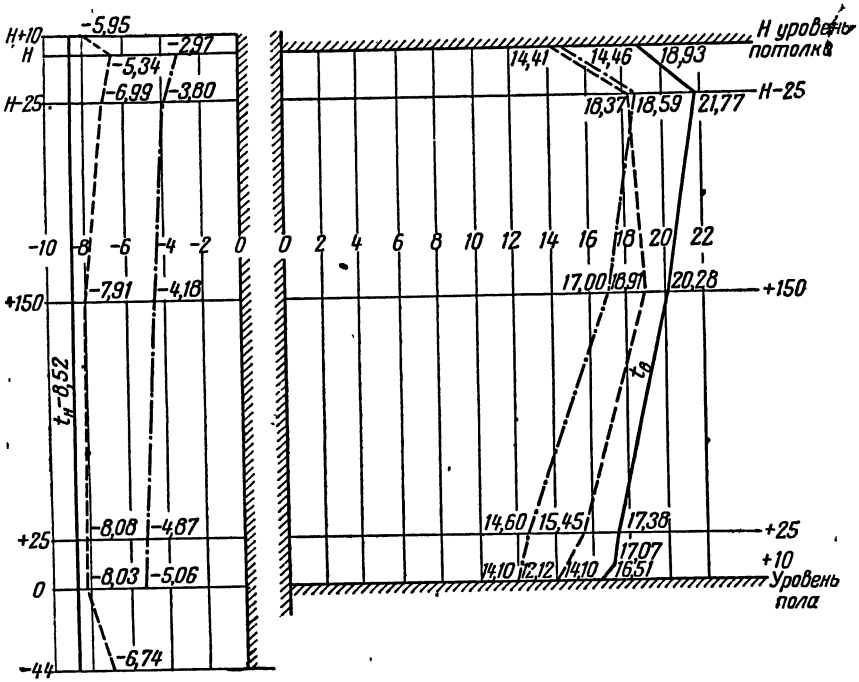


Рис. 39. Распределение по вертикали поверхностных температур на глади стены и на стыке и температур воздуха в доме Березовского завода строительных конструкций (второй вариант)

При рассмотрении внутренних температур видно общее повышение их от пола к потолку, но с резким падением на участке *(H-25)—H*.

Температура поверхности, особенно в зоне стыка, близко следует изменениям температуры воздуха. Почти полная параллельность кривых температур воздуха и стыка показывает идентичность условий теплопередачи по всему стыку от пола до потолка. На участке *0—(+150)* кривая температур на поверхности идет также почти параллельно кривой распределения температур воздуха, но на более близком расстоянии от нее, что отвечает большему сопротивлению теплопередаче на глади, чем в зоне стыка. Дальше кривая температуры поверхности резко отходит от кри-

вой, характеризующей температуру воздуха, и на дальнейшем протяжении почти сливается с кривой температур в зоне стыка. Это означает, что у потолка величину теплопотерь определяет теплопередача верхнего перекрытия. Характер кривых при этом показывает, что повышенная теплопередача обусловлена наличием теплового моста, а не фильтрацией воздуха.

То же подтверждают и кривые наружных поверхностных температур в сочетании с температурой наружного воздуха, которая в пределах высоты стены может считаться постоянной (—8,52°).

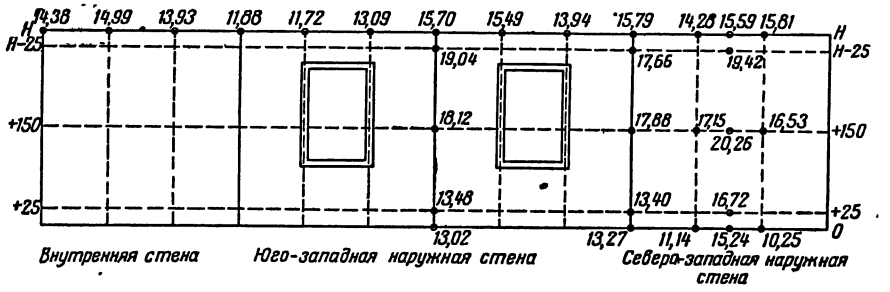


Рис. 40. Развертка. Фактические температуры на внутренней поверхности стены дома Березовского завода строительных конструкций (второй вариант); $t_{в.ср}=21,12°$, $t_{н.ср}=-7,53°$

Характер изотерм на внутренней поверхности наружной стены (рисунок не приводится) в смягченном виде напоминает рис. 38. Сказанное относительно идентичности условий теплопередачи по линии сопряжения потолка со стеной подтверждается полностью. На развертке (рис. 40) показаны замеренные фактические температуры на внутренней поверхности стен.

Распределение температур, показанное на рис. 40, могло бы считаться вполне благополучным, если бы не было слишком низких температур (10,25°) по ребрам у пола. Температуры же на стыках и в углу вполне удовлетворительны.

На рис. 41 показано распределение температур на внутренней и наружной поверхностях по периметру окна на юго-восточной стене дома Березовского завода по второму варианту.

При температурном перепаде $\Delta t=26,09°$ перепад по конструкции окна составляет от 17° (в нижней части окна) до 19,7° (в верхней части окна). Это указывает на значительно меньшее сопротивление теплопередаче по обводу окна по сравнению с глухими частями стены. Температуры поверхности по обрамлению окна на уровне +150 *см* на 9° ниже, чем на глади стены. Температуры же по нижнему горизонтальному участку ниже, чем на полу по ребрам. Все это говорит об оконном проеме как о слабом месте конструкции.

Причин малого термического сопротивления три. Первая из них — наличие пути наименьшего сопротивления для теплового потока через оконную коробку и межстекольное пространство. Вторая причина — фильтрация воздуха по периметру оконного проема. В разных точках фильтрация, конечно, не одинакова, и этим объясняются неравные температуры в разных точках на

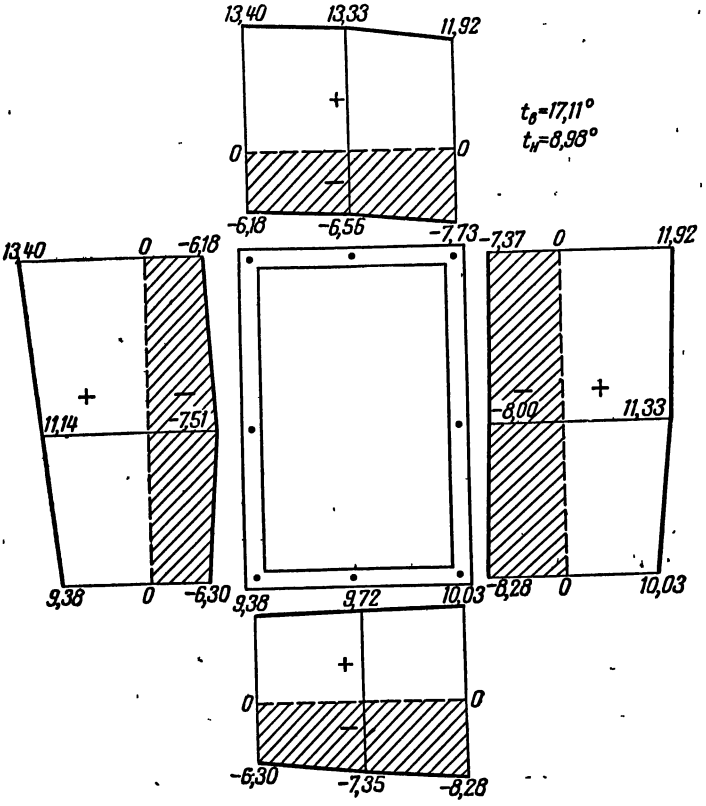


Рис. 41. Распределение внутренних и наружных поверхностных температур по обводу окна дома Березовского завода строительных конструкций (второй вариант)

одном горизонте и некоторые другие искажения, затемняющие общую картину. Тем не менее можно подметить, что холодный воздух входит в помещение в нижней части окна. Это обусловливает понижение температуры внутренней поверхности нижнего элемента оконного обрамления. В верхней части окна теплый воздух выходит из помещения, вследствие чего температуры на внешней поверхности верхнего элемента оконного обрамления повышаются.

Соотношения коэффициентов теплоперехода $\alpha_в$ и $\alpha_н$ в нижней и в верхней частях окна оказываются поэтому совершенно различными.

В качестве третьей причины, накладывающейся на первые две, можно указать на чрезмерное снижение температуры внутренних поверхностей, обусловленное тем, что оконная коробка установлена заподлицо со стеной и омывание теплым воздухом ребра стеновой плиты происходит только на узком его торце.

Потенциально большое сопротивление теплопередаче стеновой панели дома на Соколиной горе (см. рис. 33) при полном отсутствии тепловых мостов используется крайне плохо вследствие огромной воздухопроницаемости ограждений. В табл. 28 приведено сопоставление расчетного и фактического сопротивлений теплопередаче стены.

Приведенное в табл. 28 фактическое распределение температур по слоям ограждения является средним за весь период наблюдений. В отдельные же моменты, как показывает рис. 33, провисание температурной кривой становится еще больше.

Из табл. 28 видно, что фактическое сопротивление теплой воздушной прослойки упало почти до нуля, что свидетельствует о незамкнутости прослойки. Такой вывод не является неожиданным: по условиям производства работ и нельзя было получить замкнутой воздушной прослойки. С наружной стороны воздушная прослойка сообщается через неплотности между плитами утеплителя с наружным воздухом. С внутренней стороны воздушная прослойка ограничена гипсовыми плитами, имеющими незамкнутые горизонтальные пустоты.

Таблица 28

Расчетное и фактическое R_0 стены дома (Соколиная гора, Москва)

Элементы сопротивления	$R_{расч}$	Расчетная температура	$R_{факт}$	Фактическая температура
		25,29		25,29
Сопротивление теплопереходу $R_в$.	0,133	24,5	0,133	21,67
Гипсовая плита	0,25		0,139	
Воздушная прослойка	0,19	23,01	0,025	17,88
Асбестоцементная плита I	0,35	21,82	0,155	17,19
Асбестоцементная плита II	0,35	19,74	0,091	12,97
Минеральная вата	3,674	17,66	0,429	10,48
Железобетонная плита	0,06	—4,1	0,06	—1,21
Сопротивление теплопереходу $R_н$.	0,05	—4,41	0,072	—2,84
		—4,8		—4,8
R_0	5,057		1,104	

При кладке плит, производящейся в последнюю очередь, после установки всех остальных слоев стены каменщик не может как следует заполнить раствором ту часть вертикального шва, которая находится на линии пустот и у наружной поверхности плиты. Можно с уверенностью сказать, что на практике из 8-сантиметровой ширины шов заполняется на каких-нибудь 2—2,5 *см*, остальная же часть ширины шва остается открытой, и пустоты гипсовой плиты сообщаются с прослойкой. Конвекция, возникающая при этом, снижает термическое сопротивление не только воздушной прослойки между гипсовой и асбестоцементными плитами, но и сопротивление самой гипсовой плиты, которая в данном случае используется нерационально.

Термическое сопротивление весьма воздухопроницаемой минеральной ваты используется в среднем всего на 11,7%.

Сопоставление расчетного и фактического сопротивлений теплопередаче стены **крупнопанельного дома на Хорошевском шоссе** приведено в табл. 29.

Таблица 29

Расчетное и фактическое R_0 стены крупнопанельного дома (Хорошевское шоссе, Москва)

Элементы сопротивления	Расчетные			Фактические	
	λ	R	Q	λ	R
Железобетонная плита 5 *см*	1,16	0,043	10,65	—	0,123
Пенобетон 19 *см*	0,2	0,95	10,65	0,216	0,881
Воздушная прослойка 5 *см*	—	0,2	10,65	—	0,086
Гипсовая пустотелая плита 10 *см*	0,3	0,333	10,65	0,272	0,367
Сопротивления теплопереходу $R_в$, $R_н$	—	0,183	10,65	—	0,17
R_0		1,709			1,627

Общее сопротивление теплопередаче незначительно (на 4,8%) отличается от расчетного. Обычные в натурных замерах наблюдаемые завышения сопротивлений наружных слоев и занижения сопротивлений теплопереходу имеют место и в данном случае. Наибольшую разницу дает воздушная прослойка, что вполне понятно при пустотной гипсовой плите.

Наличие воздушной прослойки у внутренней поверхности ограждения делает распределение температур по поверхности стены совершенно равномерным.

Общее сопротивление теплопередаче стен **бескаркасных крупнопанельных домов в Магнитогорске** (утепленных пенобетоном), полученное как среднее из четырех определений в первый и во второй годы эксплуатации, равно 1,71 *м² час град/ккал*.

Общее сопротивление теплопередаче ленинградских крупноблочных стен из блоков толщиной 50 *см* с цилиндрическими вертикальными пустотами, облицованных изнутри гипсом, по натурным определениям равно: при объемном весе порядка 650 *кг/м*³ R_0=0,97, при объемном весе порядка 750 *кг/м*³ R_0=0,89 *м² час град/ккал*.

5. Выводы из наблюдений и обобщения. Теплотехнические вопросы, стоящие перед крупнопанельным и крупноблочным строительством

Как указано в п. 1 этой главы, основными вопросами, возникшими перед крупнопанельным домостроением, были вопросы, связанные с тепловыми мостами (теплопроводные включения); с обеспечением плотности вертикальных и горизонтальных стыков; с влажностным режимом ограждений, главным образом, стен, осложненным применением с наружной стороны железобетонного слоя.

Если в 1946—1947 гг. многим еще не был в полной мере ясен вред тепловых мостов, то натурные наблюдения совершенно определенно выявили недостатки таких решений, как первый вариант конструкций ограждений Березовского завода.

Эти натурные наблюдения натолкнули конструкторов на мысль применить панели со смещенными ребрами (второй вариант), а последующие лабораторные испытания, проведенные Ф. В. Ушковым в холодильной камере, дали ему возможность предложить формулу, регламентирующую допустимость теплопроводных включений в виде простых ребер:

$$R_{\text{о.вкл}} = 0{,}65\,[R_{\text{о.норм}}]\sqrt{\frac{R_{\text{о.норм}}}{R_{\text{о.факт}}}},$$

где $R_{\text{о.норм}}$ — термическое сопротивление нормативное;
$R_{\text{о.факт}}$ — термическое сопротивление по основному сечению, но не более 2;
$R_{\text{о.вкл}}$ — термическое сопротивление по теплопроводному включению.

Коэффициент 0,65 справедлив при отношении толщины теплопроводного включения к его высоте, равном около 0,2. При уменьшении этого отношения уменьшается и коэффициент.

Те же лабораторные испытания ясно показали, что тепловые потоки идут не только по направлению, перпендикулярному плоскости стены, спроектированной по первому варианту, но и по обводу панели. На это указывает постепенное повышение температур на теплой поверхности стены по мере удаления от теплопроводного включения и такое же понижение температур на холодной поверхности стены (рис. 42). Лабораторные испытания показали также, что влияние температуры внутренней поверхности по

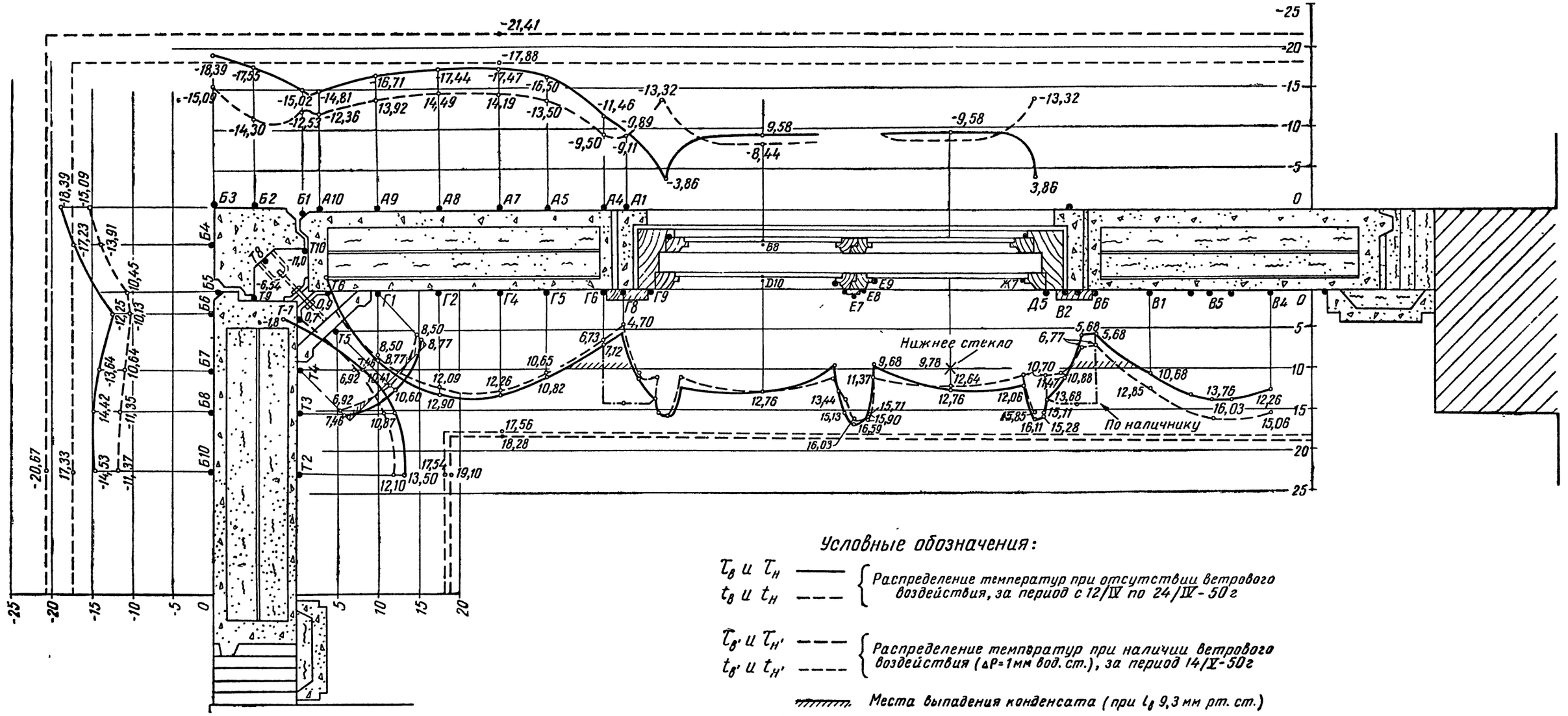


Рис. 42. Влияние тепловых мостов в железобетонных панелях на распределение температур

включению на температуру глади стены наиболее резко затухает при малотеплопроводном утеплителе.

В дальнейшем в лаборатории теплофизики В. К. Ивашковой при помощи электроинтегратора проф. Л. И. Гутенмахера были исследованы температурные поля различных конструкций. Это позволило сделать необходимые обобщения и дать конструкторам указания для проектирования узлов стыкования более подробные, чем приведенные в СНиП.

При схеме 2 (железобетонная плита с холодной стороны, утеплитель с теплой стороны) стык, как правило, перестает быть теплопроводным включением, влияющим на температуру внутренней поверхности. Дело в том, что в осуществленных по этой схеме конструкциях стеновая панель, выпускаемая с завода, не имеет готовой внутренней отделки. По конструктивным соображениям отделочный слой, устраиваемый при монтаже здания, отделяется от основной части стены воздушной прослойкой, благодаря чему происходит выравнивание температур на внутренних поверхностях стены независимо от положения междупанельных стыков.

На примере Соколиной горы видно, как вредна повышенная воздухопроницаемость. При расчетном сопротивлении теплопередаче, равном 5, фактическое сопротивление по средним данным за период наблюдений оказалось всего 1,1 *м² час град/ккал*.

Соображения о процессе увлажнения наружных стен и фактические данные о влажности ограждений приведены в п. 2 этой главы. В виде общего положения можно высказать утверждение, что при прочих равных условиях утеплитель в конструкции будет поглощать тем больше влаги, чем больше его пористость.

Из применяемых в настоящее время утеплителей нашли себе большое распространение в строительной практике минеральная и шлаковая вата и минераловатный войлок. Коэффициент паропроницаемости шлаковой ваты $\mu = 6{,}5 \cdot 10^{-2}$ *г/м час мм* рт. ст., шлаковой ваты уплотненной — $5{,}06 \cdot 10^{-2}$ (для примера можно указать, что асбестоцементные плиты имеют коэффициент паропроницаемости всего $0{,}354 \cdot 10^{-2}$, пенобетон, в зависимости от его объемного веса, — от $0{,}74 \cdot 10^{-2}$ до $3{,}35 \cdot 10^{-2}$ *г/м час мм* рт. ст., пеносиликат — $2{,}32 \cdot 10^{-2}$ *г/м час мм* рт. ст. и т. д.). В то же время минеральная вата обладает свойствами гидрофобности. Минеральный войлок обладает теми же качествами.

Натурные и лабораторные наблюдения показали, что минеральная вата в основной своей массе остается в конструкции сухой. Увлажняются лишь слои, непосредственно прилегающие к железобетонной плите, что совершенно неизбежно и не представляет опасности. Во всех случаях отбора проб из стен жилых зданий установлено, что после 10 лет эксплуатации минеральная вата полностью сохраняет свои свойства.

Наблюдения в холодильной камере над такими утеплителями, как асбестоцементные плиты, показывают, что к концу пе-

риода испытаний асбестоцементная плита, не защищенная пароизоляционным слоем и находящаяся перед железобетонной плитой, сильно увлажняется. При этом слои, прилегающие непосредственно к железобетону, приобретают влажность в несколько раз большую, нежели слои, более удаленные от железобетона. Например, из трех слоев утеплителя первая плита, считая от теплой стороны, имела влажность 3%, вторая — около 5%; в третьей плите образовалась резкая граница увлажнения: с теплой стороны влажность оказалась равной 8,8%, а с холодной — 59,3%.

Поведение пенобетона в конструкции можно было проследить в стенах крупнопанельных домов на Хорошевском шоссе (с пароизоляционным слоем, конструктивная схема 2) и магнитогорских домов (конструктивная схема 3 без специальной пароизоляции).

Исследования влажности стен эксплуатируемых домов показывают, что при схеме 3 следует обходиться без специального пароизоляционного слоя, однако технологи должны подумать о разработке такого технологического процесса, при котором в конструкцию не вводилось бы большого количества влаги, а в случае необходимости введения влаги принимались бы меры к ее удалению до установки элемента в конструкцию. Это тем более необходимо, что процесс удаления производственной влаги протекает очень медленно.

При конструктивной схеме 2 и применении таких утеплителей, как пенобетон, асбестоцементные плиты и т. п., применение специального пароизоляционного слоя представляется обязательным.

Пароизоляционный слой в виде масляной окраски внутренней поверхности стены не достигает цели, если даже на первых порах он и достаточно эффективен. Имеются указания, что в первые же годы поверхность масляной окраски покрывается сетью иногда невидимых для глаза трещин, резко понижающих пароизоляционные свойства слоя. С другой стороны, надо учитывать, что при наличии масляной окраски в период временного повышения влажности воздуха может появляться на стенах конденсат. Такое явление наблюдалось в очень сухом и малонаселенном железобетонном крупнопанельном доме на территории Березовского завода.

Многообещающим решением с теплотехнической точки зрения был бы отказ от схем 2 и 3 и переход к схеме 1, представляющей тот случай, когда железобетонная плита находится с внутренней стороны, а атмосфероустойчивый утеплитель — с наружной стороны.

Такие конструкции, к сожалению, еще не осуществлялись. Препятствием к осуществлению схемы 1 является отсутствие в настоящее время подходящих материалов для наружного слоя стены. Из известных материалов можно назвать пеностекло — материал теплый, легкий, декоративный.

Наилучшей схемой, как сказано выше, является схема 1. Изыскание материалов, пригодных для нее, представляет собой благодарнейшую задачу для технологов, так как она позволяет:

1) наиболее правильно разрешить вопросы влажностного режима стены;

2) совершенно снять вопрос о теплопроводных включениях;

3) наиболее просто решить вопрос об опирании междуэтажных перекрытий.

Эти три преимущества настолько велики, что развитие производства материалов, подобных пеностеклу, становится одной из актуальных задач крупнопанельного домостроения.

Наконец, вполне возможна однослойная конструкция стены без применения железобетона. В этом случае теплотехнические требования становятся общими для крупнопанельного и для крупноблочного домостроения.

Недостатком применяемых в настоящее время однослойных панелей и крупных блоков является их гораздо меньшая теплозащитная способность, чем двух- и трехслойных панелей. Устранить этот недостаток окажется возможным с развитием производства керамзита и пеностекла.

Особо стоит вопрос о крупнопористых бетонах. Пока еще проведено немного лабораторных исследований и совсем мало натурных наблюдений над ограждениями из крупнопористых бетонов. Но уже сейчас известно, что вследствие наличия конвективных токов крупнопористый бетон имеет коэффициент теплопроводности больший, чем мелкопористый материал того же объемного веса. Поэтому применение крупнопористых бетонов с высоким объемным весом (1 800 *кг/м*^{3} и более) в среднем и северном климатических районах нецелесообразно. Особенностью крупнопористых бетонов является также неравномерное распределение температур в толще ограждения по высоте и искривление тепловых потоков.

Исследования теплотехнических свойств крупнопористых и мелкопористых бетонов, керамзита и пеностекла становятся в связи с развитием крупноэлементного строительства особенно необходимыми.

Глава III

ДЕРЕВЯННЫЕ ЗДАНИЯ ЗАВОДСКОГО ИЗГОТОВЛЕНИЯ

1. Основные особенности деревянного здания заводского изготовления с теплотехнической точки зрения. Фольга в качестве теплоизоляции

Теплоустойчивость. Сборное деревянное строительство ориентируется на применение наиболее легких материалов и конструкций. Удельная теплоемкость таких материалов, как дерево, орга-

лит, минеральная вата, значительно (приблизительно втрое) больше удельной теплоемкости материалов типа камня. Однако вес стены сборного деревянного здания в 15—20 раз меньше веса каменной стены.

Следствием недостаточной теплоустойчивости ограждающих конструкций могут быть, во-первых, чрезмерно большие температурные колебания воздуха в помещении при периодической топке и, во-вторых, независимо от рода отопления и его периодичности, слишком большие понижения температуры поверхности ограждений при наружном похолодании.

Оба эти явления связаны с неприятными последствиями: в первом случае на человека, находящегося в помещении, оказывает вредное влияние неравномерная температура воздуха, во втором — возникает непосредственная опасность появления конденсата на поверхностях ограждений и повышенные теплопотери излучением, вызывающие у человека субъективное ощущение более низкой температуры воздуха, чем имеющая место в действительности.

Показателями **теплоустойчивости помещения** служат величины, отмечающие суточные колебания температур воздуха в помещении, а показателями **теплоустойчивости ограждения** — данные о колебаниях температур на его поверхности, получаемые при проведении наблюдений.

Вопрос рисуется в следующем виде. Изменения наружной температуры сказываются на температуре внутренней поверхности стены в ослабленной мере (затухание) и с некоторым запозданием (смещение). Затухание зависит от термического сопротивления стены, а смещение — от теплоемкости и коэффициента теплопроводности примененных материалов. Если период похолодания краток, то может оказаться, что понижение не отразится на температуре внутренней поверхности. По предложению А. М. Шкловера, для каждой местности за расчетную принимается самая низкая температура воздуха, которая в полной мере отражается на внутренней поверхности данного ограждения. В кирпичной стене тепловые волны распространяются со скоростью около 0,5 *см/час,* следовательно, для прохождения тепловой волны через массивную стену в два кирпича требуется круглым счетом 100 час., или немногим более четырех суток. Скорость прохождения тепловых волн через массивную деревянную стену тоже около 0,5 *см/час*; деревянная стена обычно имеет значительно меньшую толщину, чем каменная, и тепловые волны проникают в нее примерно через 30 час.

Для массивной кирпичной стены в московских условиях расчетная температура принимается равной —26°; морозы в Москве достигают значительно более низкой температуры, однако продолжительность морозов с температурой более низкой, чем —26°, почти всегда меньше 4—5 суток.

Проникание холодных волн через легкие конструкции происходит сравнительно быстро, и потому даже весьма кратковременное похолодание может оказать влияние на температуру внутренней поверхности; для этого требуется тем меньший срок, чем легче и чем тоньше конструкция. Для предельно легких ограждений расчетная температура $t_н$ в московских климатических условиях соответствует —42°. Это означает, что наружное похолодание до —42° сказывается в полной мере (конечно, с учетом затухания) на температуре внутренней поверхности. Следовательно, при одном и том же термическом сопротивлении кирпичной и предельно легкой конструкций максимальный тепловой поток через легкое ограждение при внутренней температуре +18° в 1,4 раза $\left(\frac{18+42}{18+26}\right)$ больше, чем через массивную кирпичную стену.

Нетрудно видеть, что для удержания температуры внутренней поверхности при $t_в = 18°$ на уровне выше нормированного необходимо увеличить термическое сопротивление предельно легкой стены в 1,4 раза. Расчет показывает, что для московских условий легкая стена, утепленная оргалитом, должна иметь R_0 равное 1,35—1,40 *м² час град/ккал,* предельно легкая стена должна обладать R_0 порядка 1,50—1,55 *м² час град/ккал.* В этом случае температура внутренней поверхности стены не будет опускаться ниже 13° и лишь при печном отоплении может временами доходить до 11,5°.

При этом мощность отопительной установки в зданиях с легкими стеновыми конструкциями будет такой же, как в зданиях с массивными стенами, имеющими соответственно меньшее термическое сопротивление. Это объясняется тем, что повышенному термическому сопротивлению легких стен соответствует более низкая расчетная температура $t_н$. Количество же топлива, расходуемого за весь отопительный сезон, имея в виду теплопотери воздухообменом и др., уменьшается примерно в том же отношении, в каком увеличивается общее сопротивление теплопередаче.

Теплоустойчивость помещения в отношении колебаний внутренних температур зависит не только от наружных ограждений, но и от теплоаккумуляционной способности внутренних конструкций и обстановки, дающих в среднем 70—85% общей величины теплоаккумуляционной способности здания в целом. Чем меньше теплоаккумуляционная способность помещения, тем в более широких пределах при неравномерной подаче тепла отопительными приборами изменяется внутренняя температура.

Воздухопроницаемость. Основным недостатком современных сборных деревянных домов с теплотехнической точки зрения является повышенная воздухопроницаемость наружных ограждений и стыков между отдельными элементами. Очень часто резкие колебания температур воздуха в сборных домах совершенно неправильно относят к малой теплоустойчивости ограждений, в то время как они вызваны повышенным воздухообменом. Наиболее

резкие температурные колебания происходят в тех случаях, когда фильтрация воздуха обусловлена не равномерным прониканием воздуха по всей площади ограждений, а прониканием воздуха через отдельные щели (стыки между элементами, места примыкания оконных коробок к глухим частям щитов и т. п.).

Главную роль в воздухоизоляции должны играть, конечно, не мокрые штукатурки, не свойственные заводскому деревянному домостроению и вытесняемые сейчас даже из каменных зданий, а воздухоизоляционные прокладки.

Однако в практике заводского деревянного домостроения насчитывается много примеров нерациональной затраты воздухоизоляционного материала. Надо помнить, что **полотнища изоляции, соединяемые внахлест, пропускают в несколько раз больше воздуха, чем изоляция с проклеенными швами. Необходимо также, чтобы воздухоизоляционный слой был по всей площади плотно прижат к поверхности ограждения, защищаемого от фильтрации.** В противном случае при наличии повреждения изоляции воздух может проходить дальше по путям наименьшего сопротивления, т. е. через любую неплотность в ограждении, находящуюся даже далеко в стороне от места повреждения изоляции.

Необходимо также заботиться о тщательной изоляции окон, являющихся одним из главных проводников холодного воздуха в помещении. Воздухоизоляция стыка может быть в основном осуществлена двумя способами. Первый способ заключается в непосредственном уплотнении щели, например, конопаткой. Второй способ состоит в увеличении длины пути воздушной струи, сжатии ее и создании на пути сопротивлений в виде крутых поворотов (принцип лабиринта).

Инженер, работающий в области изыскания новых конструктивных решений, неизбежно отталкивается от существующих привычных конструктивных форм. Только этой причиной можно объяснить то заблуждение, в результате которого конопатка швов была перенесена из рубленой конструкции в щитовую.

Между швами рубленой стены и стыками щитов существует большое количественное и глубокое качественное различие. Швы рубленой стены, имеющие криволинейные пазы протяжением от 5 до 7 *м* на квадратный метр, по самой своей природе не могут быть ничем перекрыты, и для их уплотнения естественной является конопатка. Для брусковой, безгребенчатой стены этот способ становится весьма неудобным и сомнительным. Конопатка, кроме того, является работой трудоемкой, требующей особого наблюдения.

Существует взгляд, что особенно для горизонтальных швов сборного деревянного дома конопатка эффективна вследствие уплотнения этих швов. Однако это — заблуждение. В противоположность рубленому зданию, в котором действительно наблюдается перманентное уплотнение швов, щитовое здание характерно именно отсутствием осадки не только из-за небольшого

количества горизонтальных швов по высоте, но и потому, что все элементы такого здания при монтаже получают фиксированное положение, и всякие последующие (в процессе эксплуатации) горизонтальные или вертикальные смещения элементов рассматриваются как ненормальные и потому нежелательные деформации. Осадка же венцов рубленого здания расценивается как естественное явление, узаконенное строительными нормами.

Опыты П. А. Теслера в ЦНИПС, Ш. Ф. Акбулатова и Г. Н. Прозоровского в Институте строительной техники убедительно подтверждают совершенную непригодность конопатки для вертикальных стыков.

Законы движения газов, в том числе и воздуха, по каналам различных сечений весьма сходны с законами гидравлики. Различие заключается, главным образом, в сжимаемости газов и их малой вязкости. При тех микродавлениях, которые обусловливают движение воздушных потоков через ограждения, сжимаемость воздуха не имеет практического значения, и законы движения газов еще больше сближаются с законами движения жидкостей. Законы же гидравлики прямо указывают на то, что для погашения напора следует сделать путь прохождения воздушной струи возможно более узким и длинным, а главное, с возможно большим числом крутых (под углом в 90, а еще лучше в 180°) поворотов. На этом основано применение лабиринтных стыков; разновидности их показаны на рис. 43. При правильном гвоздевом забое (опыты Ш. Ф. Акбулатова, Г. Н. Прозоровского, П. Г. Захарова) такие стыки обеспечивают полное затухание воздушной струи.

Горизонтальные стыки решаются несколько иначе.

Теплозащита. Если принять за единицу сравнения большое шестиэтажное здание площадью 80×12 *м*, то окажется, что отношения площадей наружных ограждений (площадь окон не выделяется) к полезной площади равны: для двухэтажного четырехквартирного дома площадью 8×12 *м* — 2,25; для двухквартирного коттеджа — 2,75; для парного одноэтажного дома — 3,5; для индивидуального одноэтажного дома — 3,75.

Наличие во всех домах, независимо от их размеров и этажности, приблизительно одинакового количества окон на единицу площади несколько уменьшает приведенные выше отношения. Все же тепловая характеристика одноэтажного дома площадью в 100 $м^2$ в 1,5—3 раза больше, чем тепловая характеристика многоэтажного здания при одинаковой степени утепленности стен и перекрытий обоих зданий:

$$q = \frac{Q}{V},$$

где Q — расчетная величина теплопотерь здания в *ккал/час;*
V — объем здания по наружному обмеру в $м^3$.

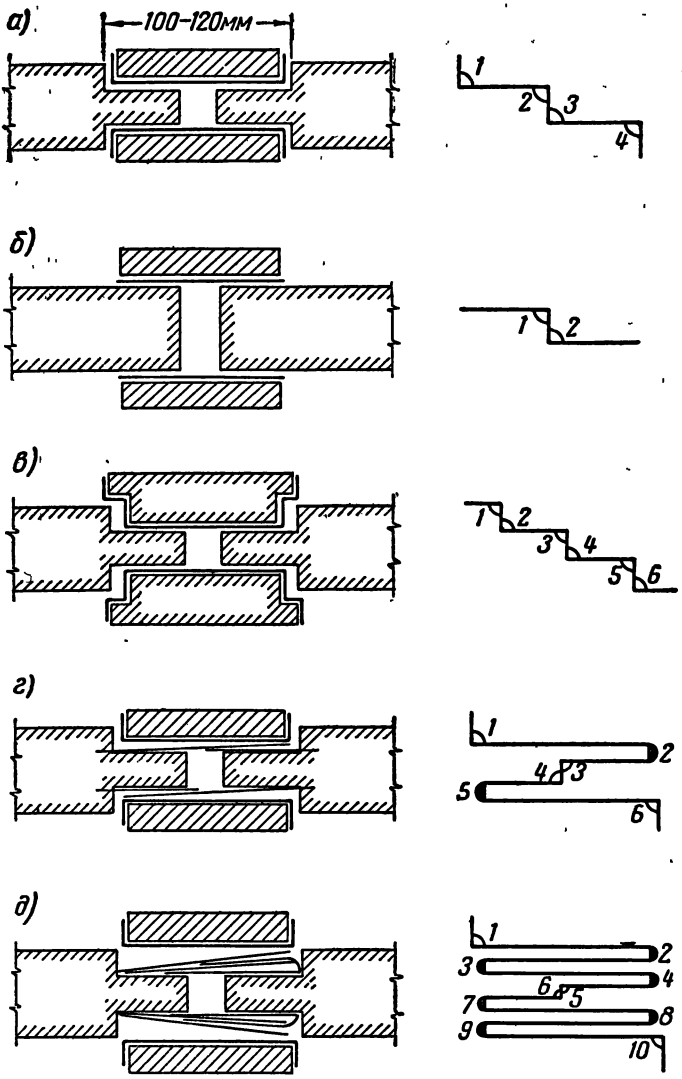


Рис. 43. Разновидности стыков

а—открытый шпунт; *б*—стык с выступающим нащельником; *в*—стык с фигурным нащельником; *г*—стык с узким нащельником; *д*—стык с двойными бумажными прокладками. Справа показаны схемы прохождения воздушной струи через стыки

Между тем расходы на отопление являются наибольшей из статей эксплуатационных расходов. Для средних и северных районов нашей страны этот вопрос имеет особенное значение. Очевидно, что простое соблюдение той величины сопротивления теплопередаче, которая вытекает из соображений теплоустойчивости, во многих случаях означало бы неизбежный пережог топлива в деревянном доме. А это, в свою очередь, ложится накладным расходом на жильцов дома и ведет к нерациональному истреблению запасов топлива.

Подсчитано, что для отопления сборного деревянного дома, имеющего минимальную по теплотехническим требованиям теплозащиту, в средних климатических условиях СССР расходуется в течение двух лет количество дров, равное по своей кубатуре количеству леса, затраченного на постройку. Правда, в данном случае сравнивается деловая древесина и дрова, но и оргалит вырабатывается из неделовой древесины.

Неудивительно, что с появлением и практическим распространением эффективных утеплителей мысль исследователей стала работать в направлении определения той наивыгоднейшей степени теплозащиты малоэтажных зданий, которая, говоря априорно, должна существенно отличаться от теплозащиты многоэтажных зданий, построенных из тяжелых материалов.

С. К. Лазаревич, исследуя этот вопрос, определяет оптимальную степень теплозащиты деревянных зданий заводского изготовления в 2,0—2,5 *м² час град/ккал*. Л. А. Гельберг, выводящий зависимость не только от размеров и этажности зданий, но и от их планировки, приходит примерно к тем же величинам термического сопротивления стен малоэтажных зданий, что и С. К. Лазаревич.

В. М. Ильинский и К. Ф. Фокин считают, что для обеспечения достаточно постоянной температуры жилых помещений, отапливаемых печами малой теплоемкости, сопротивление теплопередаче наружных ограждений должно быть повышено в зависимости от величины теплоусвоения материала ограждения и внутреннего отделочного слоя. Для климатических условий средней полосы СССР и ограждений, применяемых в деревянном заводском домостроении, эта величина равна 2,1 *м² час град/ккал*.

Таким образом, рассмотрение вопроса с различных позиций приводит к заключению, что величина термического сопротивления ограждений легких малоэтажных домов должна быть порядка 2 для средней полосы СССР.

При этом можно сделать и еще один вывод, а именно, что для наших климатических условий массовое строительство одноэтажных одноквартирных и даже парных домов является с теплотехнической точки зрения нецелесообразным, так как удельные теплопотери не могут быть компенсированы при $R_0=2$ *м² час град/ккал*. Парный коттедж в массовом строительстве должен быть принят за минимальную строительную единицу. Одноэтаж-

ные дома в массовом строительстве могут и должны быть оставлены только для южных районов Союза.

Изыскание и внедрение в строительство новых дешевых и эффективных утеплителей, позволяющих повысить наивыгоднейшее сопротивление теплопередаче, могут, конечно, изменить существующее соотношение и расширить географическую область применения различных деревянных домов. В связи с этим нельзя не остановиться на таком эффективном утеплителе, как алюминиевая фольга (альфоль).

Фольга в качестве утеплителя. Теплоизоляционные свойства альфоля принципиально отличаются от теплоизоляционных свойств всех прочих утеплителей, так как они основаны не на сопротивлении теплопроницанию, а на отражении лучистой теплоты.

Наиболее эффективно альфоль может быть использован в воздушных прослойках. Теплопередача через воздушную прослойку определяется тремя слагаемыми: теплопередачей теплопроводностью $K_т$; теплопередачей конвекцией $K_к$ и теплопередачей излучением $K_и$. При поверхностях воздушной прослойки, образованных из обычных строительных материалов, коэффициент излучения которых C_1 близок к 4—4,5 $ккал/м^2\ час \left(\frac{абс.\ град}{100}\right)^4$, составляющая теплопередачи, приходящаяся на излучение, весьма велика; она, главным образом, и определяет общую теплопередачу, если прослойка не особенно тонка. Коэффициент излучения алюминиевой фольги $C_1=0{,}2—0{,}4$ резко отличается от коэффициента излучения обычных материалов. В соответствии с этим так же резко изменяется распределение составляющих теплопередачи в тепловом потоке при прохождении через воздушную прослойку, ограничивающие поверхности которой армированы фольгой. Составляющая теплопередачи излучением в таком случае уменьшается с 4,13 до 0,4—0,21 $ккал/м^2\ час \left(\frac{абс.\ град}{100}\right)^4$, благодаря чему сопротивление воздушной прослойки при соответствующе подобранной ее толщине возрастает с 0,2 до 0,4—0,5 $м^2\ час \left(\frac{абс.\ град}{100}\right)^4/ккал$. При наличии в составе ограждения двух-трех прослоек общее термическое сопротивление может быть увеличено на 0,60—0,90 $м^2\ час\ град/ккал$, что соответствует 3—5 *см* оргалита или 2,5—4 *см* минеральной ваты. В особенности эффективно армирование фольгой воздушных прослоек при высоких температурах, т. е. в летних условиях жаркого климата.

Предварительный теплотехнический расчет конструкций с армированными воздушными прослойками может быть произведен по вспомогательным таблицам 30—32.

Тепловые потоки и их составляющие при различной обра-

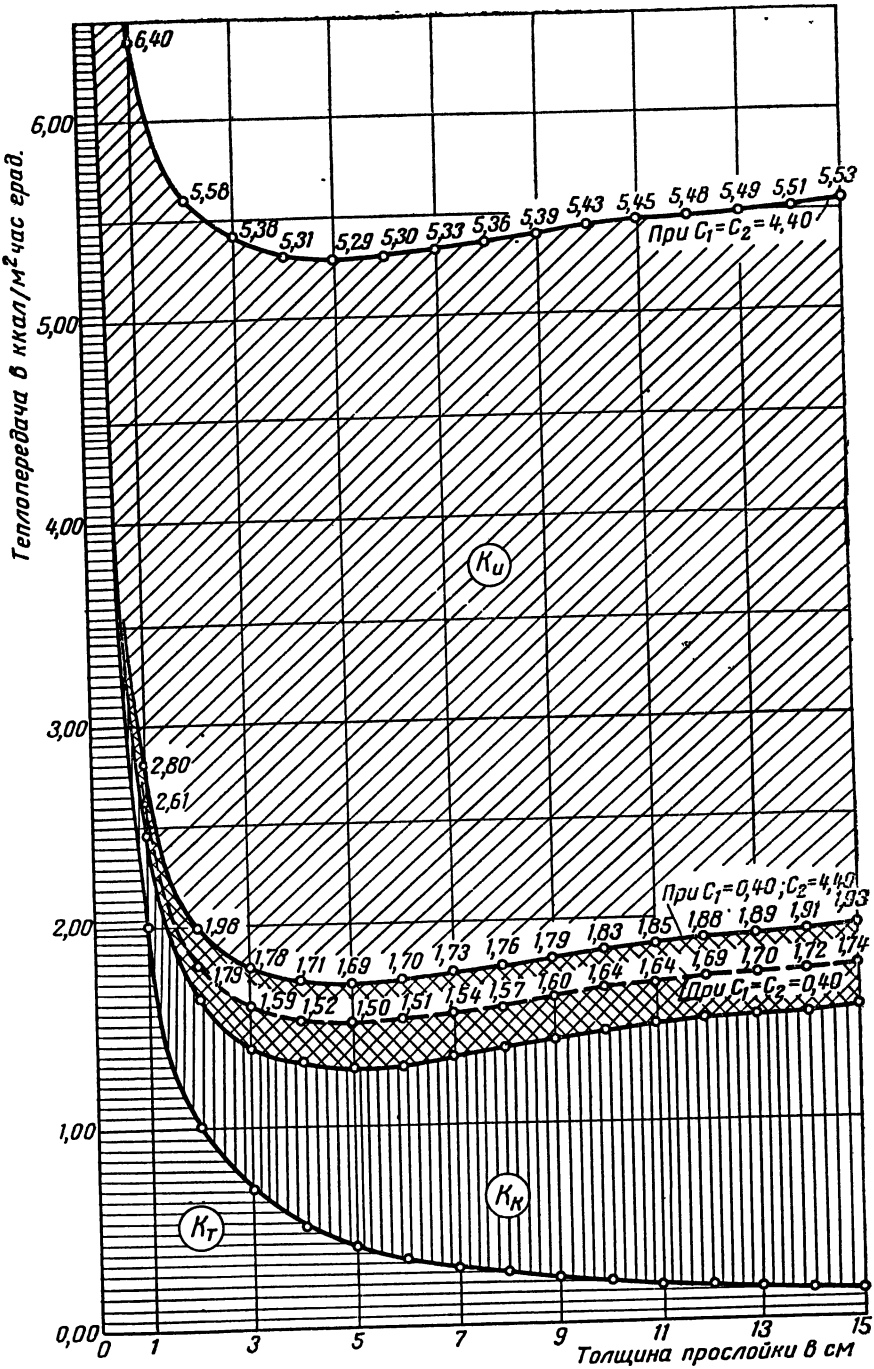


Рис. 44. Составляющие теплового потока при прохождении его через воздушную прослойку

ботке поверхностей, ограничивающих воздушную прослойку, показаны на рис. 44.

В горизонтальных воздушных прослойках при потоке тепла сверху вниз конвекция отсутствует, так как поверхность с более высокой температурой расположена над поверхностью с более низкой температурой. Вследствие этого эффективность армирования прослойки резко возрастает.

Таблица 30

Теплопередача теплопроводностью в воздушных прослойках толщиной от 1 до 15 *см*

Толщина прослойки d в *см*	$k_т$	Толщина прослойки d в *см*	$k_т$	Толщина прослойки d в *см*	$k_т$
1	2	6	0,33	11	0,18
2	1	7	0,29	12	0,17
3	0,67	8	0,25	13	0,15
4	0,5	9	0,22	14	0,14
5	0,4	10	0,2	15	0,13

Таблица 31

Теплопередача конвекцией в воздушных прослойках толщиной от 1 до 15 *см*

Толщина прослойки d в *см*	$k_к$ тепловой поток		Толщина прослойки d в *см*	$k_к$ тепловой поток		Толщина прослойки d в *см*	$k_к$ тепловой поток	
	горизонтально	вверх		горизонтально	вверх		горизонтально	вверх
1	0,4	0,9	6	0,97	1,51	11	1,27	1,6
2	0,58	1,13	7	1,04	1,55	12	1,31	1,6
3	0,71	1,27	8	1,11	1,58	13	1,34	1,6
4	0,81	1,38	9	1,17	1,59	14	1,37	1,6
5	0,89	1,45	10	1,23	1,6	15	1,4	1,6

Рассчитанное по таблицам 30—32 сопротивление воздушной прослойки равно

$$R_{в.п} = \frac{1}{k_т + k_к + k_и}.$$

Введение альфоля в состав наружного ограждения увеличивает сопротивление теплопередаче и тем самым способствует повышению теплоустойчивости.

Альфоль изготовляется в виде листов толщиной от 8 до 11 μ. При такой его толщине вес 1 $м^2$ равен всего 28 *г*, т. е. во много раз меньше, чем вес остальных, даже наиболее легких изоляций. Стоимость тонкой фольги составляет примерно 50 коп. за 1 $м^2$, стоимость более толстой фольги (50 μ) около 1 р. 50 к. Кроме

Теплопередача излучением $k_и$ в воздушных прослойках в зависимости от значения C_1 и C_2 поверхностей, ограничивающих воздушную прослойку

C_1 \ C_2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
0,2	0,102	0,123	0,137	0,147	0,163	0,173	0,183	0,189	0,192	0,195	0,197	0,198	0,199
0,3		0,155	0,178	0,195	0,224	0,242	0,263	0,275	0,283	0,289	0,293	0,296	0,298
0,4			0,208	0,233	0,275	0,303	0,337	0,357	0,371	0,383	0.387	0,392	0,397
0,5				0,263	0,319	0,357	0,406	0,435	0,455	0,469	0,48	0,488	0,495
0,75					0,357	0,406	0,435	0,455	0,469	0,48	0,706	0,724	0,789
1						0,556	0,613	0,653	0,683	0,706	0,923	0,954	0,984
1,5							0,884	1,04	1,16	1,25	1,33	1,4	1,46
2								1,25	1,43	1,58	1,71	1,82	1,92
2,5									1,67	1,88	2,07	2,23	2,38
3										2,15	2,4	2,62	2,83
3,5											2,62	3	3,27
4												3,36	3,7
4,5													4,13

того, альфоль является надежной воздухопароизоляцией, столь необходимой для деревянных наружных ограждений.

Недостаток альфоля заключается в том, что при обычных системах отопления помещение с ограждениями, состоящими в основном из альфоля, обладает весьма низкой теплоустойчивостью.

Во многих случаях практики алюминиевая фольга может быть заменена алюминиевой окраской одной или обеих поверхностей воздушной прослойки. Такая краска, называемая бронзой, менее эффективна, чем фольга, но все-таки значительно повышает термическое сопротивление прослойки.

2. Влажностный режим деревянных стен и перекрытий

В подавляющем большинстве случаев построенные деревянные дома обладают значительной воздухопроницаемостью. Случаи отсыревания наблюдаются преимущественно в нижней части наружных углов из-за недостаточной плотности сопряжений между вертикальными и горизонтальными элементами наружных ограждений. Холодный воздух, поступающий в помещение у пола, является также причиной образования на внутренних поверхностях ограждений не только конденсата, но и инея.

Иногда при монтаже каркасных обшивных домов применяется в дело древесина недопустимо высокой влажности; в этом случае наличие пароизоляционного слоя затрудняет ее высыхание.

Примеры, иллюстрирующие влажностный режим ограждающих конструкций деревянных домов заводского изготовления, приводятся ниже.

В табл. 33 указаны пароизоляционные слои ограждений трех домов в Лосиноостровской: каркасного (*К*), щитового (*Щ*) и каркасного конструкции Финлянд-дом (*Ф*), а в табл. 34—36 приведены данные о влажностях материалов ограждений этих домов в различные периоды.

Таблица 33

Характеристика пароизоляции наружных ограждений домов *К*, *Щ* и *Ф*

Дома	Нижние перекрытия	Наружные стены	Верхние перекрытия
К	Толь под досками чистого пола	Толь под внутренней обшивкой	Толь под потолочной обшивкой
Щ	Бакелизированная фанера[1] толщиной 5 *мм* под досками чистого пола	Внутренняя и наружная обшивки из бакелизированной фанеры толщиной соответственно 5 и 7 *мм*	Подшивка потолка из бакелизированной фанеры толщиной 5 *мм*
Ф	Целлюлозный гудронированный картон под досками чистого пола	Целлюлозный гудронированный картон под наружной обшивкой	Нет

[1] Фанера, обработанная бакелитом.

Дом *К* был собран в довольно жаркие дни июля и августа 1946 г. (средняя температура третьей декады июля +20,8°, количество осадков грозового характера 44,6 *мм*, средняя температура первой декады августа +15,7°, количество осадков 31,3 *мм*).

Влажность строительных материалов в наружных ограждающих конструкциях дома *К* приведена в табл. 34.

Таблица 34

Влажность строительных материалов в наружных ограждающих конструкциях дома *К*

Конструкции	Материалы	Влажность в дни взятия проб			
		I.47 г.	IV.47 г.	X.47 г.	III.48 г.
Верхнее перекрытие	Оргалит, 1-й слой	5,5	8,8	10,1	11,5
	„ 2-й „	8,6	9,7	10,8	9,2
	„ 3-й „	9	11,4	9,4	7,9
	Средняя влажность оргалита	7,7	9,9	10,1	9,5
Наружная стена	Древесина внутренней обшивки	14,4	10,6	13	9,7
	Толь	1,8	1,8	2,1	0,8
	Оргалит, 1-й слой	7	6,7	10,3	9,7
	„ 2-й „	8,6	10,8	11,4	9,3
	„ 3-й „	13	11,9	11,7	11,4
	Средняя влажность оргалита	9,5	9,8	11,1	10,1
Нижнее перекрытие	Древесина чистого пола	15	12,2	15,9	15,5
	Толь	—	3,6	6	4,8
	Черный пол	13,8	12,3	16,9	12,5
	Оргалит, 1-й слой	12,1	9,9	17,2	10,5
	„ 2-й „	13,7	12,3	18,5	12,5
	„ 3-й „	18,4	14,6	21	17,4
	Древесина наката	—	—	24,2	20,2
	Средняя влажность оргалита	14,7	12,3	18,9	13,5

С наступлением отопительного сезона в доме поддерживалась нормальная температура. В комнате-кухне был поселен сторож-истопник.

Таблица 35

Влажность строительных материалов в наружных ограждающих конструкциях дома *Щ*

Конструкции	Материалы	Влажность в дни взятия проб			
		I.47 г.	IV.47 г.	X.47 г.	III.48 г.
Верхнее перекрытие	Доски ходовые	33,8	—	13	13,8
	Оргалит, 1-й слой	33,5	11,2	7,3	7,8
	» 2-й »	58,5	8,4	5,3	6,5
	» 3-й »	93,1	8,4	5,8	5
	Средняя влажность оргалита	61,7	9,3	6,1	6,4
Наружная стена опытной комнаты	Фанера бакелизированная	10	8,9	11,6	8,1
	Оргалит, 1-й слой	5,5	6,3	7,2	5,9
	» 2-й »	5,7	7	5,8	5,8
	» 3-й »	10,4	8,1	9,8	10,1
	Средняя влажность оргалита	7,2	7,1	7,6	7,3
Нижнее перекрытие	Чистый пол	20,2	13	15,4	11
	Фанера бакелизированная	14,7	10,9	13,3	6,1
	Оргалит, 1-й слой	15,7	15,3	9,2	6,7
	» 2-й »	97,2	24,7	9,3	6,2
	» 3-й »	96,9	70,9	13,3	11,1
	Накат	46	43,3	23	20,7
	Средняя влажность оргалита	69,9	37	10,6	8
Наружная стена комнаты-кухни	Фанера бакелизированная	—	—	—	7,2
	Оргалит, 1-й слой	5,8	7,2	—	7,4
	» 2-й »	8,3	9,6	—	8,5
	» 3-й »	41,7	16,2	—	12,1
	Средняя влажность оргалита	16,6	11	—	9,3

Таблица 56

Влажность строительных материалов в наружных ограждающих конструкциях дома Ф

Конструкции	Материалы	Влажность в дни взятия проб				
		III.46 г.	I.47 г.	IV.47 г.	X.47 г.	III.48 г.
Верхнее перекрытие	Оргалит, 1-й слой	—	—	8	12,6	9,9
	» 2-й »	—	—	10,6	11,9	7,3
	» 3-й »	—	—	11,5	13,2	7,7
	Средняя влажность оргалита	—	—	10	12,2	8,3
Наружная стена опытной комнаты	Внутренняя обшивка . . .	12	12,2	10,6	14,4	12,9
	Оргалит, 1-й слой	12	11,4	11,8	12,9	11,4
	» 2-й »	15,4	13,7	11,5	14,5	12,9
	» 3-й »	20,5	17,6	11,9	15,7	14,4
	Средняя влажность оргалита	15,9	14,2	11,6	14,3	12,9
Нижнее перекрытие	Чистый пол	—	13,6	11	15,5	15,6
	Оргалит, 1-й слой	—	15,5	10,7	13,9	14,5
	» 2-й »	—	18,1	13,9	16,4	16,3
	» 3-й »	—	22,2	16,8	16,6	16,2
	Бумага	—	11	—	13,1	10,1
	Стеклянная вата	—	0,4	—	0,8	0,6
	Черный пол	—	46,1	44,2	26	27,6
	Средняя влажность оргалита	—	18,6	13,8	15,6	15,6
Наружная стена кладовой	Внутренняя обшивка . . .	15,3	—	—	—	8,3
	Оргалит, 1-й слой	18	—	—	—	9,6
	» 2-й »	24,4	—	—	—	13,4
	» 3-й »	33,7	—	—	—	14,3
	Средняя влажность оргалита	25	—	—	—	12,5

Дом *Щ* собирался в неблагоприятное время года, в конце октября — начале ноября 1946 г. (средняя температура третьей декады октября составляла — 2,4°, количество осадков 1,4 *мм*).

По окончании сборки дом регулярно отапливался.

Влажность строительных материалов в наружных ограждающих конструкциях дома *Щ* приведена в табл. 35, а дома *Ф* — в табл. 36.

Дом *Ф* был собран в ноябре 1945 г. Зимой дом оставался незаселенным, но отапливался. С начала отопительного периода 1946/47 г. отопление также было нормальным.

По данным, приведенным в таблицах 33—36, можно проследить влияние расположения пароизоляционного слоя на влажность отдельных слоев наружных ограждений. Так, у конструкции *К* пароизоляционный слой был расположен под внутренней обшивкой, а в конструкции *Ф* — под наружной. В конструкции *Щ* роль пароизоляционного слоя играла бакелизированная фанера.

В соответствии с таким расположением слоев пароизоляции оргалит в конструкции *Ф* оказался более влажным, чем в конструкции *К*. На влажность внутренних обшивок в домах *К* и *Ф* расположение пароизоляции не оказало заметного влияния.

Из таблиц также видно, что влажность материалов в ограждениях в течение первой зимы постепенно снижается. Особенно интенсивно уменьшает свою влажность оргалит в перекрытиях дома *Щ*, который был сильно увлажнен при монтаже в неблагоприятных метеорологических условиях.

Как правило, оргалит в слоях, расположенных у наружных обшивок, имеет большую влажность, чем оргалит в слоях, расположенных со стороны помещений.

Относительно большую среднюю влажность имел оргалит в нижних перекрытиях, затем в наружных стенах и, наконец, наименьшую — в верхних перекрытиях.

В наружных стенах наибольшая влажность оргалита отмечена в стенах дома *Ф* с неправильным [1] для наших условий расположением пароизоляционного слоя, наименьшая — в стенах дома *Щ*. В табл. 37 приведены данные о влажности воздуха в воздушных прослойках домов *К*, *Щ* и *Ф*.

В табл. 38 дано сопоставление абсолютных влажностей воздуха в помещении, воздушной прослойке и на улице для тех же домов.

---

[1] Назначение пароизоляции — защита ограждения от влаги, могущей поступать в него в паровой фазе из окружающего воздуха. Для жилых и гражданских зданий в наших климатических условиях наиболее ответственным является зимний период. В это время года разность парциальных давлений водяного пара во внутреннем и наружном воздухе достигает наибольшего значения. Паровой поток при этом направлен из помещения наружу. Поэтому пароизоляцию следует располагать у внутренней, а не у наружной поверхности ограждения.

Таблица 37

Влажность воздуха в воздушных прослойках стен домов *К*, *Щ* и *Ф*

Дом	Расположение пароизоляционного слоя	$e_в$ в *мм* рт.ст.	Влажность внутренней деревянной обшивки в %	Влажность оргалита в %	$e_{в.п}$ в *мм* рт.ст.	$e_н$ в *мм* рт.ст.
К	Слой толя непосредственно за внутренней обшивкой	10,27	12,5	8,3	4,92	1,87
Щ	Специальный пароизоляционный слой отсутствует. В качестве наружной и внутренней обшивок применена бакелизированная фанера . . .	9,56	—	6,1	4,05	2,04
Ф	Слой гудронированного картона перед наружной обшивкой	8,36	11,4	12	5,57	3,71

Из таблицы видно, что наименьшая влажность наблюдалась в воздушной прослойке дома *Щ* — 4,05 *мм* рт. ст., наибольшая в доме *Ф* — 5,57 *мм* рт. ст. Последнее представляет тем больший интерес, что абсолютная влажность воздуха в доме *Ф* за первый период наблюдений была наименьшей по сравнению с влажностью воздуха других домов. Данные таблицы говорят также о хороших пароизоляционных свойствах водостойкой бакелизированной фанеры, приклеенной на водостойком клее к каркасу стеновых щитов в качестве внутренней отделки.

Таблица 38

Сопоставление абсолютных влажностей воздуха для домов *К*, *Щ* и *Ф*

Места определения влажности воздуха	*К*		*Щ*		*Ф*	
	средняя	перепад	средняя	перепад	средняя	перепад
Комната	10,27	5,35	9,36	5,31	8,36	2,79
Прослойка . . .	4,92	3,05	4,05	2,01	5,57	3,71
Улица	1,87		2,04		1,86	

3. Воздухопроницаемость ограждений и сопряжений элементов

Воздухопроницаемость ограждений обнаруживается смещением температурных полей по сечению ограждений; воздухопроницаемость стыков и сопряжений становится ясной при по-

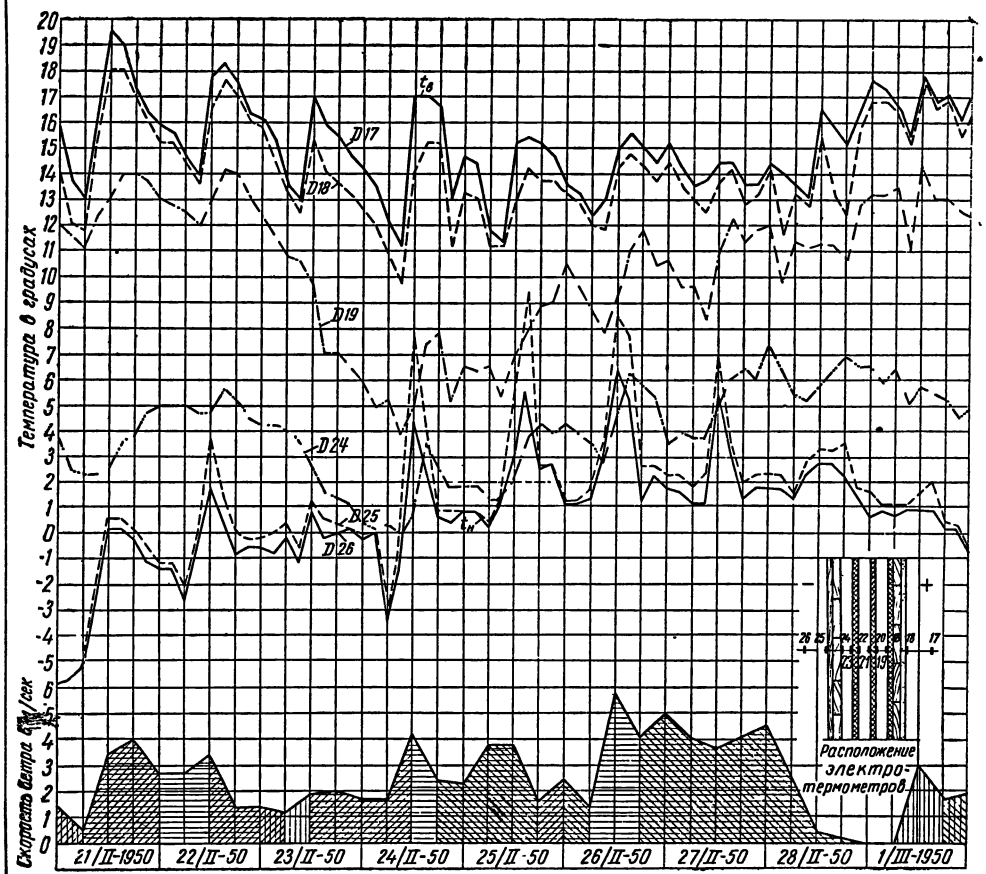


Рис. 45. Изменение температур по слоям юго-западной стены каркасного дома К8-46

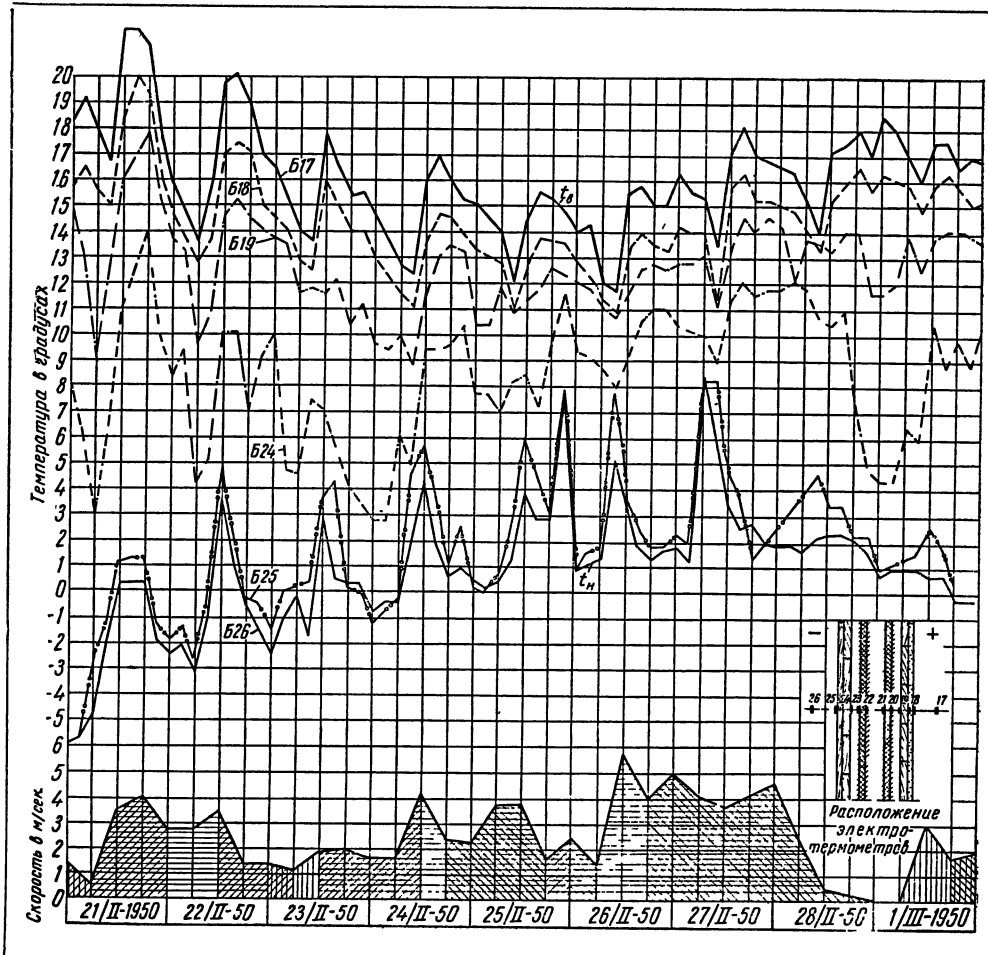


Рис. 46. Изменение температур по слоям северо-восточной стены каркасного дома К8-46

нижении температуры омывающего воздуха в случае инфильтрации и повышении температуры — в случае эксфильтрации.

Количество проникающего воздуха может определяться путем непосредственного измерения воздухопроницаемости ограждения; качественная характеристика — аммиачным методом П. А. Теслера (ЦНИПС).

Один из наиболее ярких примеров воздухопроницаемости стен, относящийся **к каркасному дому К8-46 Главстандартдома МПСМ СССР,** показан на рис. 45 и 46. Первый из этих рисунков характеризует изменение температур по слоям юго-западной стены, второй — изменение температур по слоям северо-восточной стены.

С 21 февраля ветер изменил направление с северо-восточного на юго-восточное и при этом усилился до скорости 4 *м/сек.* В дальнейшем до 27 февраля ветер имел направление с юга и достигал скорости от 2 до 6 *м/сек* (за исключением 12 часов 23 февраля, когда дул северо-восточный и северный ветер). Со второй половины дня 22 февраля все кривые *D18—D22* (см. рис. 45) стали круто падать и к утру 24 февраля совершенно отделились от кривых *D17* и *D18,* спустившись к *D24* и *D25.* С утра 28 февраля юго-западный ветер, имевший скорость 4,5 *м/сек,* стал затихать, а в дальнейшем изменил свое направление на неустойчивое северное. В соответствии с этим кривые *D18—D22* поднялись вверх, но и при этих условиях временами пересекались между собой и имели колебания, необусловленные колебаниями температур воздуха. В то же время в противоположной северо-восточной стене (см. рис. 46) наблюдалось обратное явление — кривые *Б18—Б22* отжимаются вверх. Это совершенно понятно: в то время, как в юго-западной стене имела место инфильтрация, в северо-восточной стене наблюдалась эксфильтрация. Дом оказался продуваемым насквозь.

Интересно сравнить эти кривые с кривыми на рис. 17 и 18, относящимися к стенам из керамических блоков. Большая плавность кривых на рис. 17 и 18 подтверждает высказанную ранее мысль об отсутствии там сквозного продувания.

Один из примеров продувания по линиям сопряжения стен с нижним и верхним перекрытиями приведен на рис. 47, относящемся **к каркасному дому в Лосиноостровской.** На рисунке показано изменение температур в наружном углу (точки τ_2 и τ_{13}). Кривые показывают, что температуры в верхней точке τ_{13} следуют за температурой $t_в$, т. е. имеет место эксфильтрация через сопряжение стены с верхним перекрытием. Температуры в нижней точке τ_2 следуют за $t_н$, что указывает на наличие инфильтрации наружного воздуха через сопряжение нижнего перекрытия со стеной.

Второй пример продувания по линиям сопряжения стен с нижним и верхним перекрытиями дает дом **ЦВД-2 Болшевского домостроительного комбината.**

На развертке рис. 48 приведены сравнительные данные о температурах на горизонтах *О* и *Н* как средние за весь период наблюдений, так и за сравнительно холодный день 21 февраля.

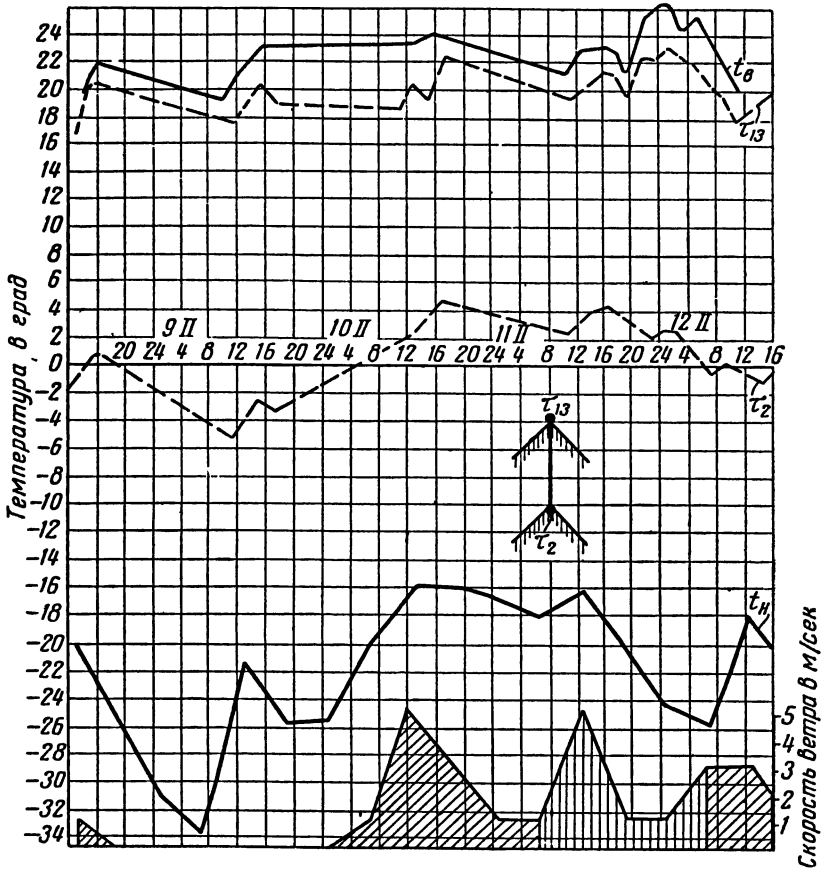


Рис 47. Изменение температур в наружном углу каркасного дома в Лосиноостровской

Из приведенных сопоставлений видно, что температуры поверхности ограждения на горизонте *О* находятся под преимущественным влиянием температуры наружного воздуха, а температуры поверхности на горизонте *Н* — под влиянием температуры внутреннего воздуха. Это может иметь место при повышенной воздухопроницаемости сопряжений. Действительно, в этом слу-

чае холодный воздух входит в помещение в нижней части стены и охлаждает пол у плинтуса. Теплый воздух выходит из помещения у потолка и повышает его температуру у карниза.

В первом случае (по средним данным за весь период испытаний) температура на горизонте *О* на 8,55° ниже $t_н$, а температура на горизонте *Н* — на 0,78°. Во втором случае (в 19 часов 21 февраля) температура на горизонте *О* на 13,19° ниже $t_в$, а на горизонте *Н* — на 0,35°.

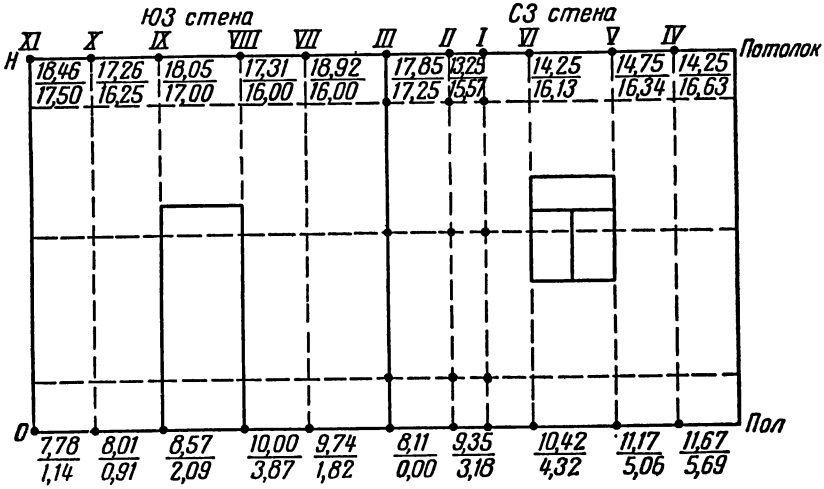


Рис. 48. Развертка. Фактические температуры по линии сопряжения наружных стен с нижним и верхним перекрытиями (в числителе находятся средние температуры за весь период наблюдений, в знаменателе — в холодный день). $t_н$ за весь период составляла —4,20°, за 21 февраля — 14,05°; $t_в$ за весь период составляла +18,03°, за 21 февраля +16,00°

Данные о воздухопроницаемости сопряжения наружной стены с полом, полученные прямыми измерениями на натуре, приведены в табл. 39. В той же таблице приведены данные о воздухопроницаемости, относящиеся к дому АД5-1 **Академии архитектуры СССР и Болшевского домостроительного комбината.**

Воздухопроницаемость ограждений дома АД5-1 определялась, кроме того, аммиачным методом П. А. Теслера (ЦНИПС). Аммиачный метод, разработанный для лабораторных испытаний, был впервые применен его автором в натурных условиях на доме АД5-1 в феврале — марте 1949 г.

Для определения степени проницаемости стыков на различных участках с наружной стороны ограждений были прикреплены полоски аммиачной светочувствительной бумаги шириной 10 *см*. По аммиачной бумаге во избежание ее засвечивания накладывались полосы пергамина. Прижимание полос производи-

лось гвоздями и драночными планками. Испытания начались вечером и продолжались до следующего утра. Концентрация аммиака в помещении создавалась свободным выделением двадцатипроцентного раствора аммиака, налитого в плоские сосуды.

Таблица 39

Воздухопроницаемость некоторых элементов перекрытий домов АД5-1 и ЦВД-2

Наименование элементов	Средний коэффициент воздухопроницания	
	м³/м² час мм вод. ст.	*м³/пог. м час мм* вод. ст.
Потолочная панель без пароизоляции	20	—
Примыкание чердачного перекрытия к торцевой стене	—	5
Примыкание нижнего перекрытия к стене	—	5,5

На рис. 49 показана картина воздухопроницаемости, зафиксированная на горизонтальном участке стены на высоте 80 *см* от пола. На рис. 50 показан снимок с участка стыка. Снимки,

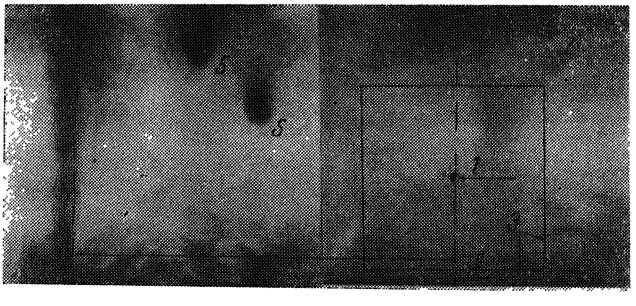


Рис 49. Воздухопроницаемость участка щитовой стены на высоте 80 *см*, зафиксированная аммиачным способом

1—пуск аммиака; *2*—прорыв изоляции; *3*—обойма, *4*—стык панелей, *5*—прорыв изоляции

отражающие качественную сторону воздухопроницаемости, показывают ее неравномерность: между стыками воздухопроницаемость стены ничтожна, на стыках щитов несколько повышается, в угловом стыке и около проколов воздухопроницаемость особенно велика.

После исследования аммиачным методом воздухопроницаемые участки были исследованы прямым натурным методом. Данные о результатах исследования приведены в табл. 40.

Воздухопроницаемость стены оказалась в общем не больше, чем кирпичной оштукатуренной стены. Определяющее значение имеет, по-видимому, масляная окраска стен. Повышенную воздухопроницаемость показало сопряжение оконной коробки с обвязкой. На рис. 51 приведены кривые воздухопроницаемости различных элементов ограждений (см. табл. 40).

Таблица 40

Воздухопроницаемость ограждений дома АД5-1, определенная прямым натурным методом

Наименование элементов	Коэффициент воздухопроницаемости	
	м³/м² час мм вод. ст.	*м³/пог.м час мм* вод. ст
Стена между стыками	0,05	—
Стыки щитов	0,009	—
Стена с проколами изоляции . . .	0,28	—
Угловой стык щитов при трещинах в покраске (участки *6, 7, 8*) . .	—	0,68
Угловой стык щитов без трещин (участки *13, 14*)	—	0,028
Стык оконной коробки с обвязкой (участок *15*)	—	0,65

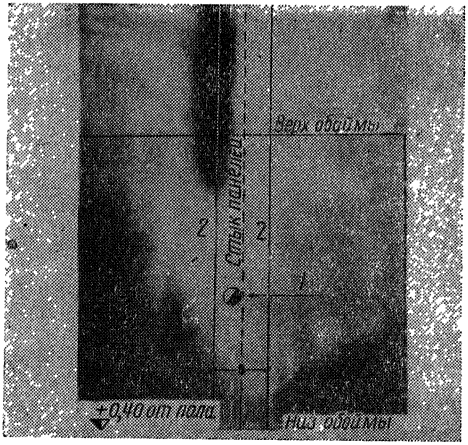


Рис. 50. Воздухопроницаемость участка стыка, зафиксированная аммиачным способом

1—пуск аммиака; *2*—грань стыковой планки

Не имея возможности остановиться на анализе элементов конструкций, показавших высокую воздухопроницаемость, укажем лишь, что выявленный недостаток обязан своим происхождением нарушению элементарных требований воздухоизоляции.

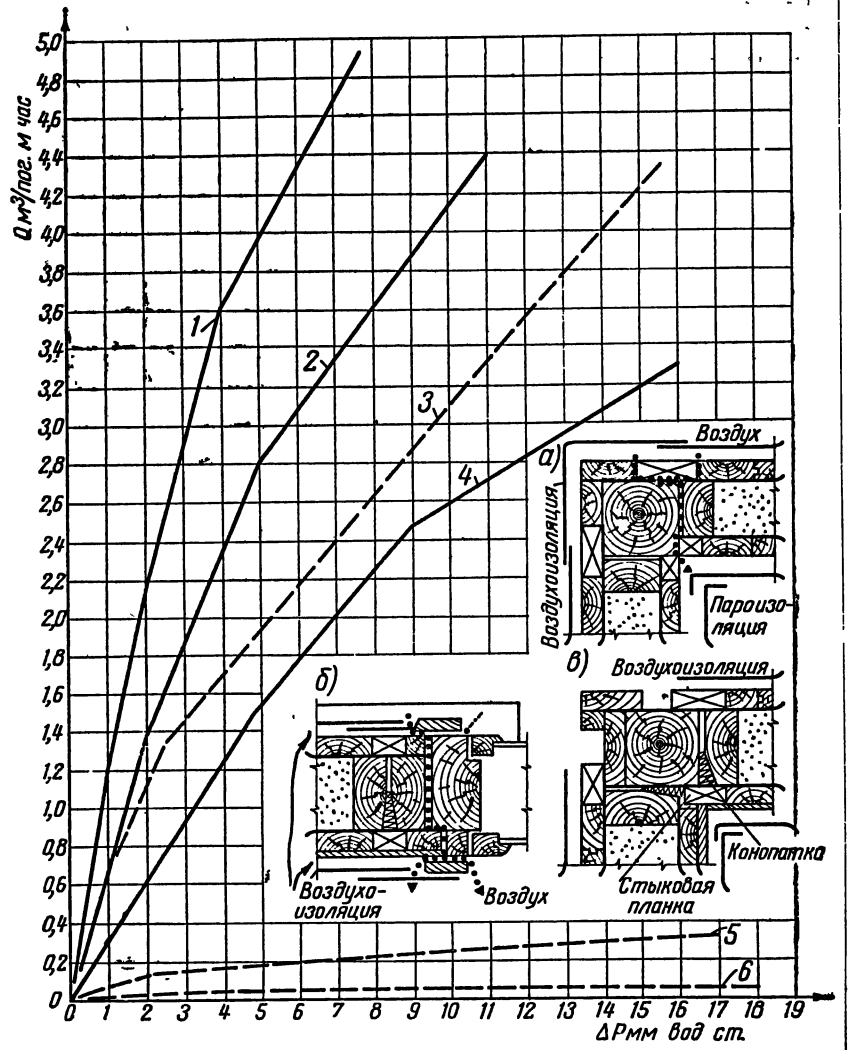


Рис. 51. Кривые воздухопроницаемости элементов ограждений

а—угловой стык дома АД5-1; *б*—стыки оконной коробки со стеной; *в*—угловой стык дома ЦВД-2; *1*—участок *6*; *2*—участок *7*; *3*—участок *15*, *14*—участок *8*, *5*—участок *13*; *6*—участок *14* (см. табл. 40)

Характерно, что соединения, уплотненные конопаткой, в одинаковой мере неудовлетворительны.

Наряду со сквозной фильтрацией в ограждениях в некоторых случаях имеет место и продольная фильтрация. За счет этой причины должно быть отнесено снижение фактического R_0 для нижнего перекрытия домов АД5-1 и ЦВД-2, о чем говорится дальше.

4. Теплопередача и температурный режим ограждений

На рис. 52 показано распределение температур по слоям наружных стен, нижних и верхних перекрытий по средним данным за весь период наблюдений **в домах *К, Щ* и *Ф* в Лосиноостровской.** На том же рисунке показаны величины общих сопротивлений теплопередаче..

В доме АД5-1 термометры по слоям ограждений не закладывались, поэтому термотранзитометрические замеры дали только общее сопротивление теплопередаче стены и нижнего перекрытия (табл. 41).

Таблица 41

Расчетные и фактические сопротивления теплопередаче стены и пола

Сопротивление теплопередаче стены		Сопротивление теплопередаче пола	
расчетное	фактическое	расчетное	фактическое
2,423	2,6	1,957	1,46

Фактическая величина R_0 стены превышает расчетную на 7,1%; для нижнего перекрытия R_0 на 25,4% меньше расчетного. Сопоставление тепловых потоков, проходящих через стену и нижнее перекрытие, показывает, что пол теряет тепла в среднем в 1,65 раза больше, чем стена.

Расхождение на 25% фактического и расчетного значений термического сопротивления нижнего перекрытия объясняется фильтрацией воздуха.

Аналогичное положение отмечается **в доме ЦВД-2 Болшевского домостроительного комбината.** Расчетные сопротивления теплопередаче R_0 стены и нижнего перекрытия равны соответственно 1,78 и 1,75 *м² час град/ккал,* фактические же величины по термотранзитометрическим замерам равны: для стены — 1,74 *м² час град/ккал* (что дает расхождение около 2% и свидетельствует о малой воздухопроницаемости стены по глади); для пола — 1 *м² час град/ккал* (что говорит о полной неудовлетворительности конструктивного решения перекрытия).

Распределение температур на поверхности стены дома ЦВД-2 на различных уровнях приведено в табл. 42.

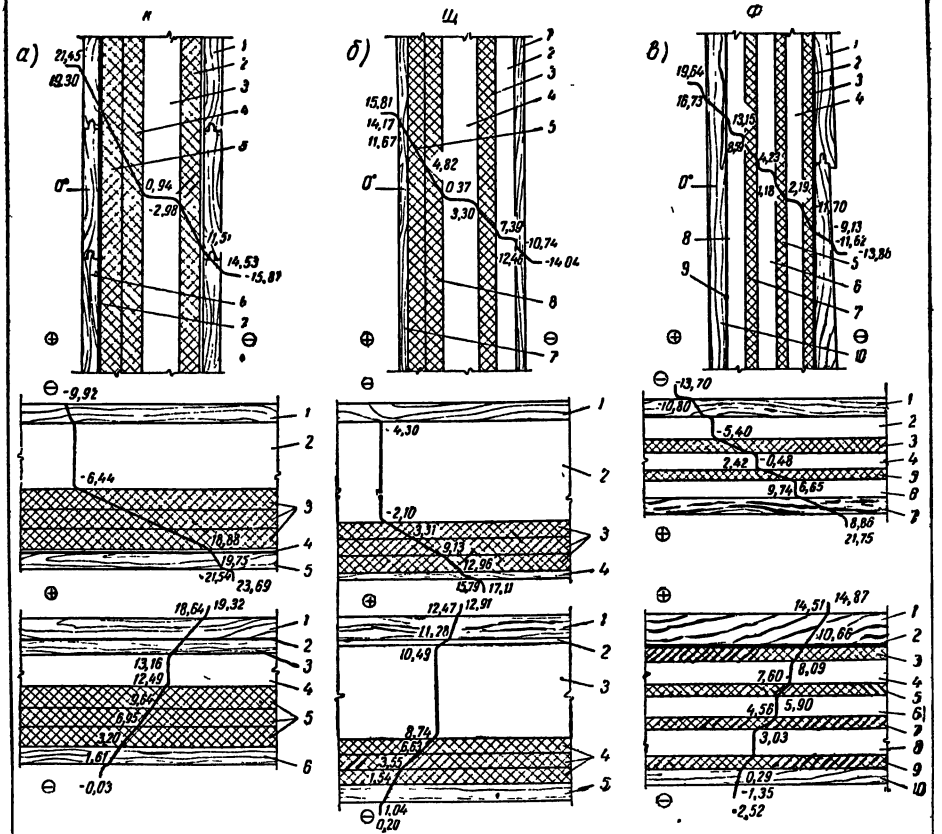


Рис. 52. Распределение температур по слоям стен, нижних и верхних перекрытий домов *К*, *Щ* и *Ф* в Лосиноостровской

а—дом *К*, стена, R_0=1,80: *1*—наружная обшивка 16 *мм*; *2*—оргалит 20 *мм*; *3*—воздушная прослойка 40 *мм*; *4, 5*—два слоя оргалита 2×20 *мм*; *6*—внутренняя обшивка 16 *мм*; *7*—толь; *б*—дом *Щ*, стена, R_0= 1,69: *1*—фанера 8 *мм*; *2*—воздушная прослойка 20 *мм*; *3*—оргалит 16 *мм*; *4*—воздушная прослойка 32 *мм*; *5, 6*—оргалит 16 *мм*; *7*—фанера 8 *мм*; *в*—дом *Ф*, стена, R_0=1,70: *1*—наружная обшивка 19 *мм*; *2*—толь; *3*—оргалит 13 *мм*; *4*—воздушная прослойка 13 *мм*; *5*—оргалит 13 *мм*; *6*—воздушная прослойка 20 *мм*, *7*—бумага; *8*—внутренняя обшивка 16 *мм*

Чердачное перекрытие R_0=1,79: *1*—разреженный настил; *2*—незамкнутая воздушная прослойка; *3*—три слоя оргалита; *4*—толь; *5*—потолок (фанера)

Чердачное перекрытие R_0= 1,32 *1*—верхний настил 19 *мм*; *2*—воздушная прослойка 100 *мм*; *3*—оргалит 16 *мм*; *4*—фанерный потолок 8 *мм*

Чердачное перекрытие R_0=1,61: *1*—верхний настил 19 *мм*; *2*—воздушная прослойка 22 *мм*; *3*—оргалит 13 *мм*; *4*—воздушная прослойка 22 *мм*; *5*—оргалит 13 *мм*; *6*—воздушная прослойка 22 *мм*; *7*—потолок

Цокольное перекрытие R_0=1,48: *1*—чистый пол 22 *мм*; *2*—толь; *3*—нижний настил 19 *мм*; *4*—воздушная прослойка 40 *мм*; *5*—два слоя оргалита 20 *мм*; *6*—подшивка 19 *мм*

Цокольное перекрытие R_0=1,60: *1*—чистый пол 22 *мм*; *2*—фанера; *3*—воздушная прослойка 102 *мм*; *4*—три слоя оргалита 16 *мм*; *5*—подшивка 19 *мм*

Цокольное перекрытие R_0= 2,13: *1*—чистый пол 30 *мм*; *2*—толь; *3*—оргалит 13 *мм*; *4*—воздушная прослойка 22 *мм*; *5*—оргалит 13 *мм*; *6*—воздушная прослойка 22 *мм*; *7*—оргалит 13 *мм*; *8*—воздушная прослойка 27 *мм*; *9*—оргалит 13 *мм*; *10*—нижняя подшивка 16 *мм*

Таблица 42

Температуры внутренней поверхности стены ЦВД-2 на разных уровнях

Участок	За весь период наблюдений			За 21 февраля		
	На расстоянии в *см*			На расстоянии в *см*		
	+25	+150	Н-25	+25	+150	Н-25
Стык стены . . .	13,28	16,25	17	3,18	8,64	13,75
Гладь стены . . .	13,14	16,2	17,09	8,64	13,75	15,25
Угол стены . . .	12,28	15,01	15,28	6,6	12,5	17,25

На горизонте +150 температуры поверхности по средним данным достаточно благоприятны как на глади стены, так и на стыке и в углу. По замерам же на 19 часов 21 февраля результаты получились значительно хуже, в особенности для стыка. Если на горизонте +150 распределение температур можно считать еще приемлемым, то температуры поверхности стены на горизонте +75 (не исключая и глади стен) совершенно неудовлетворительны. На горизонте +25 очевидно сказывается влияние недоброкачественного соединения горизонтальных элементов ограждений с вертикальными.

На рис. 53 показано распределение температур в толще наружных ограждений дома **Ленинградского филиала Академии архитектуры СССР в Зеленогорске,** полученное как среднее за весь период наблюдений. В табл. 43—45 дано сопоставление фактически замеренных и расчетных термических сопротивлений по слоям восточной стены, верхнего и нижнего перекрытий.

Таблица 43

Расчетное и фактическое сопротивления теплопередаче восточной стены дома в Зеленогорске

Элементы сопротивления восточной стены	Толщина δ в *м*	Расчетные		Фактические
		λ	*R*	*R*
Сопротивление $R_в$	—	—	0,133	0,25
Внутренняя фанерная обшивка . . .	0,008	0,15	0,053	0,129
Дощатый ряд	0,03	0,15	0,2	0,348
Воздушная прослойка 1	0,021	—	0,51	0,268
» » 2	0,021	—	0,565	0,844
» » 3	0,022	—	0,51	0,529
Наружная фанерная обшивка . . .	0,008	—	0,053	0,094
Сопротивление $R_н$	—	—	0,05	0,1
Итого	0,11		2,074	2,562

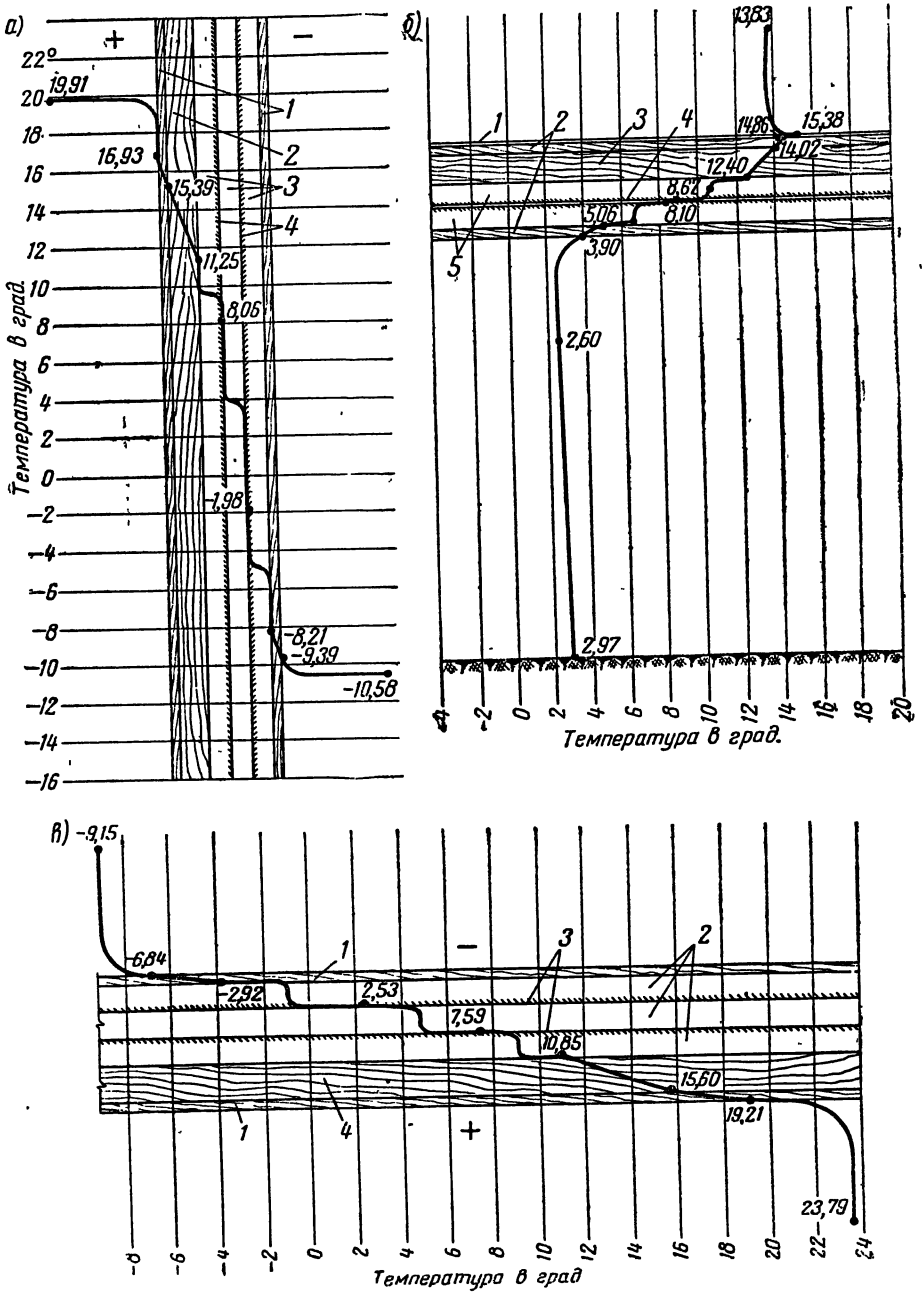


Рис 53. Распределение температур по слоям стен, нижних и верхних перекрытий дома Ленинградского филиала Академии архитектуры СССР в Зеленогорске

а—восточная стена: *1*—фанера 8 *мм*; *2*—доски 30 *мм*; *3*—воздушные прослойки по 23 *мм*, *4*—бумага, оклеенная альфолем (0,01 *мм*); *б*—нижнее перекрытие: *1*—линолеум; *2*—фанера *мм*; *3*—доски 30 *мм*; *4*—картон, оклеенный с двух сторон альфолем (0,01 *мм*); *5*—воздушные прослойки 30 *мм*; *в*—верхнее перекрытие: *1*—фанера 8 *мм*, *2*—воздушные прослойки по 23 *мм*, *3*—бумага, оклеенная альфолем (0,01 *мм*); *4*—доски 30 *мм*

Из таблиц видно, что фактическое сопротивление теплопередаче стены на 23,5% больше расчетного, а верхнего и нижнего перекрытий — на 15 и соответственно на 29% меньше расчетных. В то же время величины фактических сопротивлений теплопередаче значительно выше требуемых по нормам.

Таблица 44

Расчетное и фактическое сопротивления теплопередаче верхнего перекрытия дома в Зеленогорске

Элементы сопротивления верхнего перекрытия	Толщина δ в *м*	Расчетные		Фактические
		λ	*R*	*R*
Сопротивление $R_в$	—	—	0,133	0,209
Внутренняя фанерная обшивка	0,008	0,15	0,053	0,165
Дощатый ряд	0,03	0,15	0,2	0,217
Воздушная прослойка 1	0,021	—	0,4	0,149
» » 2	0,021	—	0,431	0,231
» » 3	0,022	—	0,4	0,249
Наружная фанерная обшивка	0,008	0,15	0,053	0,179
Сопротивление $R_н$	—	—	0,1	0,105
Итого	0,11		1,77	1,504

Таблица 45

Расчетное и фактическое сопротивления теплопередаче нижнего перекрытия дома в Зеленогорске

Элементы сопротивления нижнего перекрытия	Толщина δ в *м*	Расчетные		Фактические
			R	*R*
Сопротивление $R_в$	—	—	0,2	0,2
Линолеум	0,002	0,16	0,012	0,065
Фанера	0,008	0,15	0,053	0,105
Дощатый ряд	0,03	0,15	0,2	0,203
Воздушная прослойка 1	0,031	—	0,952	0,472
» » 2	0,031	—	0,952	0,445
Нижняя фанерная подшивка	0,008	0,15	0,053	0,145
Сопротивление $R_н$	—	—	0,1	0,156
Итого	0,1		2,522	1,791

Замеренные сопротивления воздушных прослоек значительно отличаются друг от друга и от расчетных величин. Одно из

объяснений расхождения заключается в том, что при тонких фольговых диафрагмах даже специально изготовленные термопары оказываются слишком выступающими из плоскости диафрагм. При этих условиях имеет значение, с какой стороны диафрагмы установлена термопара. Например, сопротивление, вычисленное для второй прослойки стены по показаниям термопар, установленных на диафрагмы со стороны первой и третьей прослоек, оказывается завышенным, а сопротивления первой и третьей прослойки — заниженными.

В нижнем перекрытии пониженное сопротивление воздушных прослоек объясняется недостаточно надежным креплением картонной офольгованной диафрагмы. Но и при этих условиях воздушные прослойки имеют весьма высокое термическое сопротивление.

5. Теплоустойчивость ограждений

При периодическом отоплении в результате сочетания колебаний наружных и внутренних температур $\tau_в$ рассматриваемого ограждения может опуститься ниже точки росы, что грозит выпадением конденсата.

В частных случаях, когда в помещении поддерживается практически постоянная температура при помощи терморегуляции или при отоплении от теплоцентрали, сравнительный расчет хода температур по слоям ограждения может быть проведен относительно просто. Сложнее обстоит дело при переменном температурном режиме с обеих сторон ограждения.

Вероятность совпадения расчетных значений с фактическими уменьшается при наличии воздухопроницаемости ограждений и связанного с ней воздухообмена.

Для практических целей полезно бывает сравнить колебания температур на внутренних поверхностях ограждений с колебаниями температур внутреннего воздуха. Результаты такого сравнения до известной степени характеризуют теплоустойчивость ограждений по отношению к прямым тепловым воздействиям со стороны внутреннего воздуха и косвенным воздействиям со стороны воздуха наружного. Выражение «до известной степени» применяется как ввиду наличия воздухообмена, так и вследствие того, что изменение перепада $t_в - t_н$ влечет за собой и изменение перепада $\tau_в - \tau_н$, что может оказать косвенное влияние на пределы колебаний $\Delta t_в$ и $\Delta\tau_в$.

В табл. 46 приведены данные о колебаниях температуры на поверхности ограждений для трех домов в Лосиноостровской и для фанерно-альфолевого дома Ленинградского филиала Академии архитектуры СССР в Зеленогорске.

Дома в Лосиноостровской представляют интерес вследствие того, что, во-первых, наблюдения проводились в суровых метеорологических условиях ($t_{н.мин} = 35{,}5°$, когда перепады $t_в - t_н$ дости-

гали в некоторых случаях 50° и более; во-вторых, воздухообмен оказывал очень умеренное влияние на температуры поверхностей ограждений (за исключением верхнего перекрытия дома *Ф*, лишенного воздухоизоляционного слоя). Дом Ленинградского филиала Академии архитектуры СССР выбран как удовлетворительно построенный объект с предельно легкими наружными и внутренними ограждениями. К тому же в период проведения наблюдений стояла достаточно морозная погода (средняя температура составляла $t_н = -10{,}58°$ с временными понижениями до —22°).

Таблица 46

Колебания температур поверхности наружных ограждений

Объект	Элемент ограждения	Δt	R_0	$R_{возд. пр}$ в % от R_0	$\Delta t_в$	$\Delta\tau_в$	$\frac{\Delta t_в}{\Delta\tau_в}$
Дом *К* в Лосиноостровской		39,44			5,95		
	Стена		1,8	11,1		3,59	1,66
	Нижнее перекрытие		1,48	3		4,12	1,42
	Верхнее перекрытие		1,79	3,4		4,05	1,47
Дом *Щ* в Лосиноостровской		32,21			5,53		
	Стена		1,69	26,4		3,74	1,48
	Нижнее перекрытие		1,6	13,3		3,5	1,58
	Верхнее перекрытие		1,32	8,6		3,79	1,46
Дом *Ф* в Лосиноостровской		35,84			7,07		
	Стена		1,7	32,9		6,55	1,08
	Нижнее перекрытие		2,13	28,2		4,94	1,43
	Верхнее перекрытие		1,61	30,1		7,32	0,96
Дом в Зеленогорске		30,46			5,7		
	Стена		2,54	64,1		4,64	1,23
	Нижнее перекрытие		1,79	33		3,16	1,8
	Верхнее перекрытие		1,5	41,8		5,18	1,1

Наибольшие отношения $\Delta t_в : \Delta\tau_в$ зафиксированы для ограждений дома *К*, которые менее других обязаны своим термическим сопротивлением воздушным прослойкам. Близкие к этим результаты получены для дома *Щ* с несколько более развитыми воздушными прослойками. Из остальных отношений выделяются своими большими величинами данные для нижнего перекрытия дома *Ф*, имеющего весьма большое сопротивление теплопередаче (2,13 *м² час град/ккал*), и данные для нижнего перекрытия дома Ленинградского филиала Академии архитектуры СССР, которые трудно объяснить.

6. Выводы из наблюдений и обобщения

Почти все наблюдения, проведенные в деревянных домах заводского изготовления, указывают на большую воздухопроницаемость сопряжений между элементами наружных ограждений, очень существенно влияющую на внутренний температурный режим.

Наиболее уязвимыми в отношении воздухопроницаемости являются безусловно сопряжения между стенами и перекрытиями. Особенно неприятные последствия влечет за собой повышенная воздухопроницаемость сопряжения стены с нижним перекрытием, так как приводит к недопустимо низким температурам по всему периметру стены.

Пол на лагах совершенно несвойственен деревянному заводскому домостроению.

При устройстве пола по балкам или из щитов, заключающих в своем составе несущие ребра, и при наличии сплошного цоколя следует воздухоизоляционный слой нижнего узла пропускать в подполье, закрывая его конец шлаковой засыпкой. Наблюдения ЦНИПС в поселке Солнцево под Москвой показали исключительную эффективность такой защиты от продувания. Во всяком случае при устройстве пола из щитов, заключающих в себе все элементы нижнего перекрытия, вплоть до несущих, необходимо обеспечить изоляцию конструкций не только от сквозной, но и от продольной фильтрации путем установки, например, нащельников. Несоблюдение этого требования ведет к тяжелым последствиям, отмеченным в доме ЦВД-2 в Болшеве. С воздухопроницаемостью вертикальных стыков бороться легче. Конопатка как вертикальных, так и горизонтальных стыков в лучшем случае бесполезна. Воздухопроницаемость окон есть зло, свойственное не только заводскому деревянному домостроению. Для щитовых и каркасных домов с их тонкими наружными стенами особенно пригодны окна со спаренными переплетами.

Из обследованных домов такие окна имели дом АД5-1 в Болшеве и дом Ленинградского филиала Академии архитектуры СССР в Зеленогорске.

В первом из этих домов переплеты, изготовленные из недостаточно просушенной древесины, не имевшие воздухоизоляционных прокладок, вели себя настолько неудовлетворительно, что требовалась обязательная заклейка щелей зимой. Во втором доме щели окон не были заклеены, но изоляционные прокладки также отсутствовали. Через окна ощущалось дутье, ухудшавшее распределение температур воздуха в нижней части вертикали и увеличивавшее теплопотери воздухообменом, в данном случае неучтенные.

Теплоустойчивость ограждений. Термическое сопротивление ограждений во всех случаях было выше требуемого существующими нормами. Лишь при этих условиях, и то не всегда, тепло-

устойчивость помещений оказывалась достаточной. Это объясняется тем, что к теплопотерям, обусловленным теплопередачей через ограждения, добавляются теплопотери вследствие воздухообмена.

На основании результатов наблюдений следует рекомендовать в условиях средней полосы СССР следующие общие сопротивления теплопередаче: для стен — 1,7—1,8, для верхнего перекрытия — порядка 2, для нижнего перекрытия — около 2,25—2,5 *м² час град/ккал,* что позволяет считать коэффициент массивности (m) равным примерно 1,8.

Алюминиевая фольга в качестве теплоизоляции. Даже опыт, проведенный в 1949/50 г. на Селецком комбинате с конструкцией, недостаточно качественно выполненной, показал, что армирование воздушных прослоек алюминиевой фольгой является эффективным и позволяет сэкономить оргалит, увеличив при этом сопротивление теплопередаче ограждения.

Более доказательным является пример дома Ленинградского филиала Академии архитектуры СССР в Зеленогорске с ограждениями, имеющими воздушные прослойки, образуемые слоями фанеры и фольги. Однако даже в этом случае фактические термические сопротивления армированных воздушных прослоек получились, как правило, меньше расчетных. Между тем исследования, проводившиеся в лабораторных условиях, неизменно давали фактические значения термических сопротивлений армированных прослоек, более близкие к расчетным. По-видимому, причиной этого следует считать бо́льшую тщательность выполнения конструкций в лаборатории, чем на практике.

Глава IV

ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ ОКОННЫХ ПРОЕМОВ

Оконный проем, испытанный Р. Е. Брилингом на воздухопроницаемость, показал расход 27 *м³/м² час мм* вод. ст. Если этот расход сравнить с воздухопроницаемостью оштукатуренной кирпичной стены, то окажется, что воздухопроницаемость 1 *м²* оконного проема равна воздухопроницаемости примерно 1 000 *м²* глухой части стены. Таким образом, в прежнем строительстве неплотности окон являлись практически почти единственными путями для естественного воздухообмена.

Воздухопроницаемость оконного проема, испытанного Р. Е. Брилингом, чрезмерно велика. В настоящее время для многоэтажного строительства допускается расход не свыше 6,5 *м³/м² час мм* вод. ст.

В связи с отказом от мокрой штукатурки кирпичных стен и применением сборных конструкций и деталей значительно повысилась воздухопроницаемость глухих участков наружных ограждений. Тем не менее и в новых условиях доминирующую

роль в осуществлении воздухообмена играют оконные проемы. Значение же воздухообмена как фактора теплопотерь чрезвычайно возросло с увеличением этажности зданий, особенно в период строительства высотных зданий.

Ориентироваться на старые методы зимнего уплотнения окон (замазка, укладка в межпереплетном пространстве ваты с установкой стаканчиков с серной кислотой и, как минимум, заклейка щелей) стало по многим причинам невозможно. Таким образом, встал на очередь вопрос о применении окон с наплавом.

Окна с наплавом известны давно. Обладая безусловными архитектурными достоинствами, они применялись и в старой России, главным образом, в прибалтийских республиках и в Западной Европе.

Наплав, увеличивая длину прохождения воздушной струи и создавая на этом пути добавочный поворот струи на 90°, при хорошем материале и безукоризненном выполнении переплета может повысить его сопротивление воздухопроницанию примерно на 40%. Однако наплав чрезвычайно усложняет контроль качества изготовленного переплета. В то время как в обыкновенном переплете доступны для контроля все его элементы, в окне с наплавом совершенно не поддаются контролю щели, перпендикулярные плоскости окна. Это обстоятельство делает теплотехнические преимущества окна с наплавом сомнительными даже и при добросовестном выполнении переплета. При менее хорошем качестве работы наплав играет даже отрицательную роль, скрывая погрешности, которые не были бы пропущены в простом переплете.

Неустойчивость теплотехнических качеств окон с наплавом делает необходимым в нашем климате применение уплотняющих прокладок, без которых окна с наплавом не могут быть допущены в массовое строительство.

Для уплотнения деревянных переплетов у нас обычно применяются прокладки из простой, микропористой и губчатой резины, а также из сукна или фетра. Совершенно не применяются распространенные за рубежом металлические прокладки.

В период 1952—1955 гг. в натурных условиях (рис. 54) было проведено большое количество испытаний деревянных наплавных окон различных типов без прокладок и с разными прокладками. В лабораторных условиях были проведены испытания, преследовавшие цель сравнения окон с наплавом и без наплава. Все эти работы проведены аспиранткой Е. И. Семеновой.

На рис. 55 в логарифмическом масштабе приведены кривые воздухопроницаемости различных деревянных окон с разными уплотнителями.

На рис. 56 дано сопоставление воздухопроницаемости окна без наплава и с наплавом. В данном случае для исключения влияния индивидуальных качеств переплета наплав имитировался

рейками, набитыми на переплет без наплава и промазанными пластилином.

Проведенные испытания показали следующее.

1. Невысокое, а в некоторых случаях и очень низкое качество переплетов с наплавом, несмотря на то, что эти переплеты были изготовлены в большинстве случаев для уникальных высотных зданий (высотная и многоэтажная зоны жилого дома на

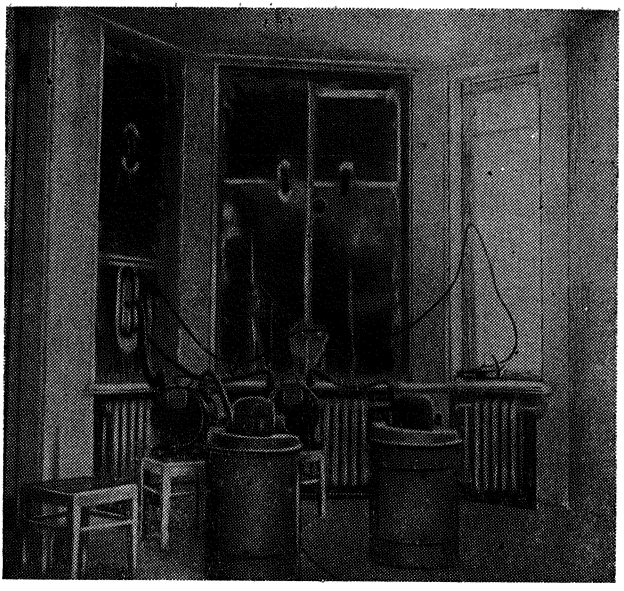


Рис 54. Испытание окон на воздухопроницаемость в натурных условиях

Котельнической набережной, здание МГУ, жилой дом на пл. Восстания, Ленинградская гостиница).

2. Необходимость обязательного применения прокладок и натяжных приборов.

3. Наилучшими уплотняющими свойствами обладают прокладки из губчатой резины; прокладки из фетра и сукна дают неплохие результаты, но, обладая малой упругостью, требуют индивидуальной подгонки каждого переплета. Прокладки из губчатой резины снижают воздухопроницаемость переплета на 80—90%; таким образом, воздухопроницаемость окна среднего качества, составляющая 12—15 $м^3/м^2$ *час мм* вод. ст., в результате применения прокладок из губчатой резины снижается до 1,5—3 $м^3/м^2$ *час мм* вод. ст.

4. Применение наплава дает дальнейшее снижение воздухопроницаемости в лучшем случае не более 0,3—0,4 $м^3/м^2$ *час мм*

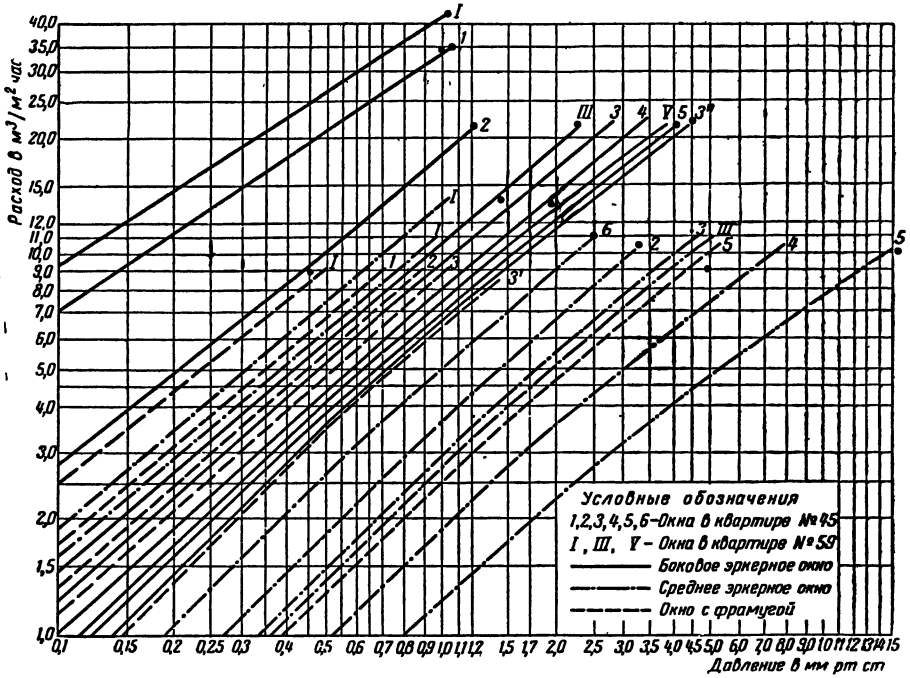


Рис. 55. Кривые воздухопроницаемости различных деревянных окон с разными уплотнителями

1, I—без уплотнения притворов; *2*—внутренний переплет уплотнен фетром, $\delta = 2$ *мм* за исключением среднего створа для окна с фрамугой; *3, III*—оба переплета уплотнены фетром, $\delta = 2$ *мм* за исключением средних створов для окна с фрамугой; *3'*—то же, включая средние створы; *3''*—оба переплета уплотнены фетром, $\delta = 4$ *мм*; *4*—внутренний переплет уплотнен губчатой резиной; *5, V*—оба переплета уплотнены губчатой резиной; *6*—оба переплета уплотнены простой резиной

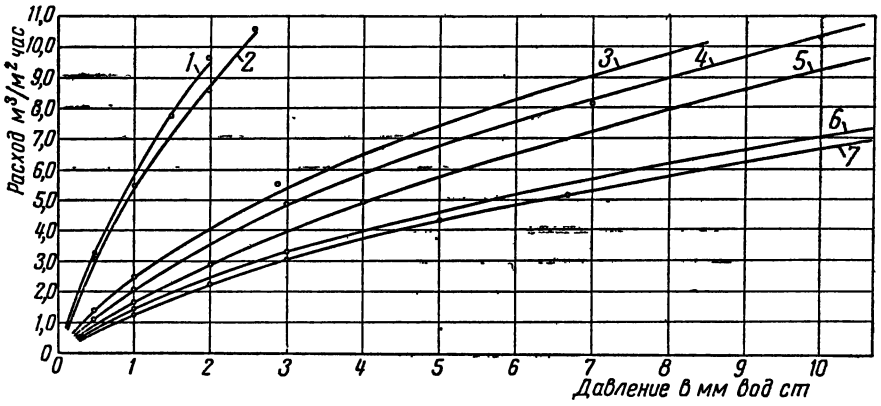


Рис. 56. Сопоставление кривых воздухопроницаемости окна с наплавом и без наплава

1—окно без прокладок и без наплава; *2*—без прокладок с наплавом; *3*—без наплава, щели заклеены бумагой; *4*—без наплава, внутренний переплет уплотнен простой резиной; *5*—без наплава с прокладками из шинельного сукна; *6*—без наплава, внутренний переплет уплотнен губчатой резиной, *7*—с наплавом, внутренний переплет уплотнен губчатой резиной

вод. ст., поэтому с теплотехнической точки зрения применение наплава не вызывается необходимостью.

Большой недостаток прокладок из губчатой резины — их недолговечность вследствие недостаточной атмосферостойкости. В настоящее время ведутся изыскания по увеличению долговечности прокладок и по изысканию рациональных профилей прокладок из простой резины.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ
РЕЖИМ ПОМЕЩЕНИЙ

Глава V
ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ПОМЕЩЕНИЙ

1. Распределение температур по вертикали

Температура воздуха в помещении непостоянна. Поэтому за температуру воздуха в помещении (t · принимают условно температуру, замеренную в центре комнаты на высоте 150 *см* от пола, а так как она изменяется во времени, то различают срочные и средние температуры за определенный отрезок времени (например, сутки). В последнем случае отмечают предельные и средние отклонения от средней температуры за этот период.

Распределение температур по вертикали есть одна из важных санитарно-гигиенических характеристик температурного режима помещения. По нормам разность температур на горизонтах +150 и +10 по вертикали не должна превышать 3°.

Распределение температур воздуха по вертикали зависит от многих разнородных факторов: температурного перепада $t_в - t_н$; теплозащитной способности наружных ограждений, главным образом перекрытий, и их воздухопроницаемости; расположения отопительных приборов в плане и по вертикали; расположения помещения в нижнем, промежуточном или верхнем этажах.

Многообразие факторов, обусловливающих температурный градиент по вертикали, заставляет отказаться от попытки математического выражения распределения температур по вертикали и ограничиться лишь выяснением характера влияния отдельных факторов.

Удельный вес воздуха уменьшается с повышением температуры, нагретые частицы стремятся подняться вверх. Поэтому при обычных системах отопления (печном, радиаторном) наблюдается общее повышение температуры от пола к потолку.

Зона междуэтажного перекрытия, а тем более перекрытий цокольного и чердачного, имеет температуру более низкую, нежели температура воздуха в помещении, поэтому тепловые потоки направлены из помещения в зону междуэтажного перекрытия, в подполье и в чердачное помещение. Вследствие этого температуры поверхности пола и потолка при обычных системах отопления оказываются ниже температур омывающего их воз-

духа. Таким образом, температура от горизонта *О* (уровень пола) повышается до известного уровня, но в слоях воздуха, омывающих потолок, снова падает. Толщина слоя воздуха у перекрытий, в котором наблюдается падение температуры, зависит

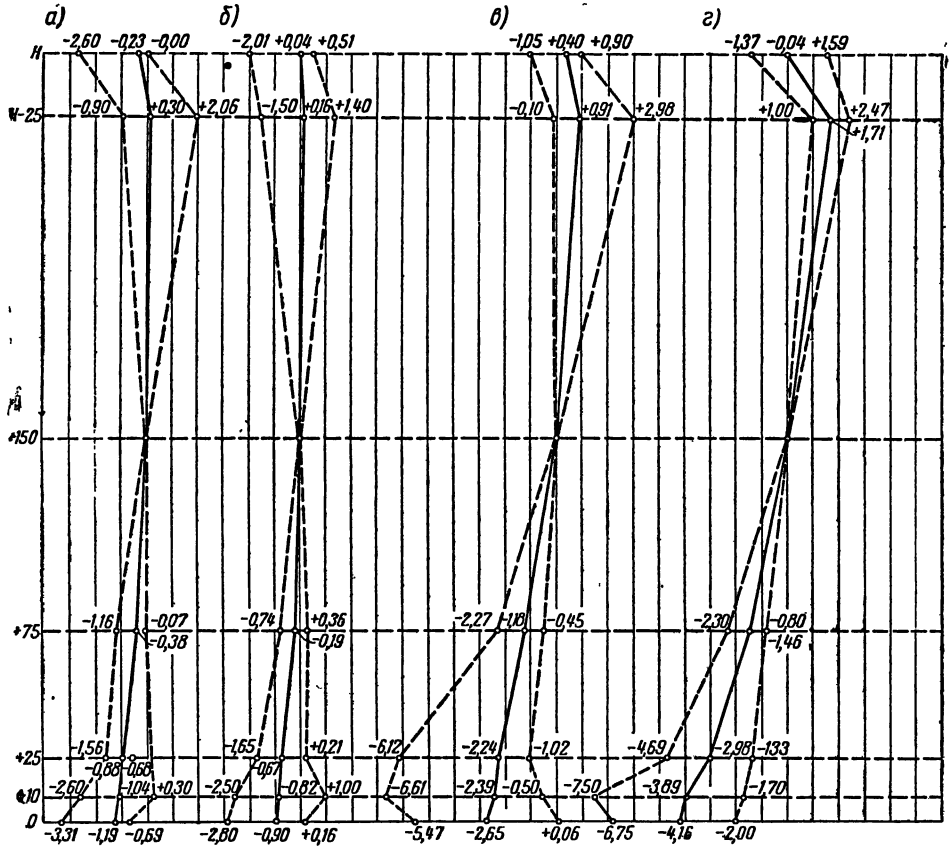


Рис. 57. Распределение температур по вертикали в одноэтажных и многоэтажных домах

а—верхний этаж многоэтажного дома (66 вертикалей); *б*—промежуточный этаж многоэтажного дома (92 вертикали); *в*—первый этаж многоэтажного дома (20 вертикалей); *г*—одноэтажный дом (11 вертикалей)

от их теплозащитной способности: чем больше термическое сопротивление, тем меньше слой и тем меньше градиент. От сочетания теплоизоляционной способности пола и потолка зависят различные оттенки характера распределения температур по вертикали.

На рис. 57 показано распределение температур по вертикали в одноэтажных и многоэтажных домах. Кроме средних перепадов, полученных в результате проведения натурных наблюдений,

приведены пунктиром также максимальные отклонения в обе стороны.

Естественно, что неравномерность распределения температур по вертикали увеличивается с увеличением перепада $t_в - t_н$.

Чем выше расположены нагревательные приборы отопления, тем больше неравномерность распределения температур.

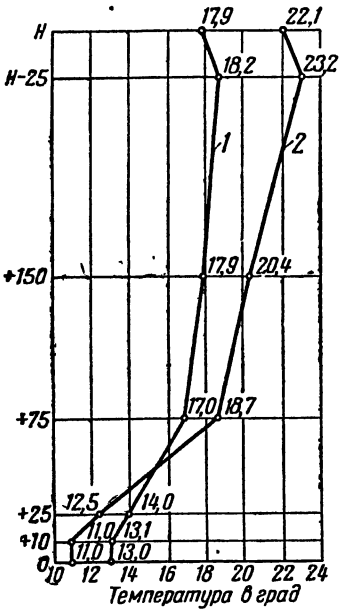


Рис. 58. Распределение температур по центральной вертикали при дефективном нижнем перекрытии в доме ЦВД-2; 1—19/III, 23 часа; $t_н$ — 1,8°; 2 — 13/III, 7 часов; $t_н$ — 15°

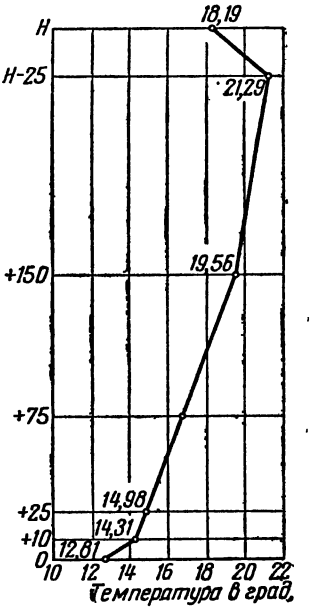


Рис. 59. Распределение температур по вертикали при воздухопроницаемом чердачном перекрытии в доме Ф

Повышенная воздухопроницаемость нижнего перекрытия ведет к охлаждению пола и нижних слоев воздуха. При заданной температуре $t_в$ (18° на горизонте +150) увеличивается неравномерность распределения температур в зоне пребывания человека. На рис. 58 показано распределение температур по центральной вертикали в сборном щитовом доме, имеющем весьма несовершенное по конструкции нижнее перекрытие (дом ЦВД-2 в Болшеве).

Повышенная воздухопроницаемость верхнего перекрытия имеет следствием подтягивание теплого воздуха в верхнюю часть помещения и повышение температуры потолка в результате экс-

фильтрации. При заданной температуре $t_в$ наблюдается увеличение неравномерности распределения температур по всей высоте помещения. Воздухопроницаемость верхнего перекрытия не обнаруживает себя такими неприятными и резкими явлениями, как воздухопроницаемость нижнего перекрытия, но ведет к пережогу топлива.

Пример распределения температур по вертикали при воздухопроницаемом чердачном перекрытии приведен на рис. 59 (дом каркасной конструкции «Финлянддом» в Лосиноостровской).

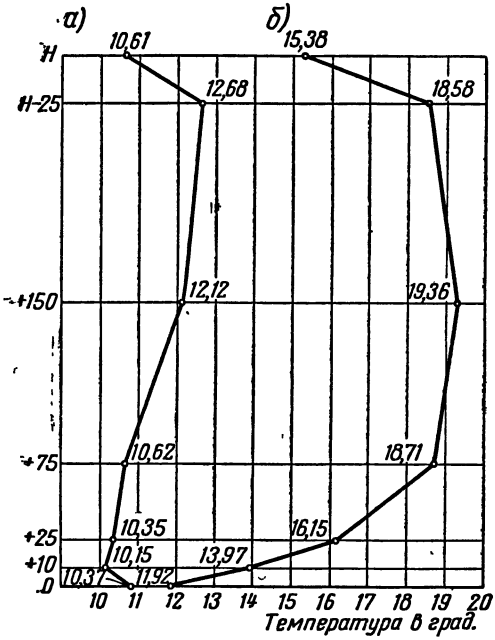


Рис. 60. Распределение температур по вертикали при весьма воздухопроницаемом верхнем перекрытии
а—дом в Нижних Лихоборах; *б*—дом на Соколиной горе в Москве

Исключительно большая воздухопроницаемость зоны чердачного или междуэтажного перекрытия может повести к крутому падению температур в припотолочном слое воздуха и даже к инверсии на участке $+150 — (H — 25)$. Примерами являются кирпичный дом в Нижних Лихоборах и крупнопанельный дом на Соколиной горе в Москве, в которых наблюдения проводились одновременно.

На рис. 60, *а* показано распределение температур по центральной вертикали опытной комнаты в первом этаже дома в Нижних Лихоборах, а на рис. 60, *б* — распределение температур в опытной комнате в четвертом (верхнем) этаже дома на Соколиной горе.

В связи с этим на рис. 61 показано изменение температур в зоне междуэтажного перекрытия над опытной комнатой дома в Нижних Лихоборах за январь 1949 г., а на рис. 62 — изотермы в зоне перекрытия в один из наиболее холодных и в один из наиболее теплых дней.

По окончании наблюдений первого года и вскрытии междуэтажного перекрытия были установлены причины неблагополучного температурного режима зоны междуэтажного перекрытия:

1) отсутствие штукатурного слоя на внутренней стороне стены со сплошной воздушной прослойкой в кладке в зоне меж-

дуэтажного перекрытия; при отсутствии на северо-западном участке стены и наружной штукатурки воздухопроницаемость стены в зоне междуэтажного перекрытия оказалась весьма большой;

2) наличие щелей до 1,5 *см* по бокам дощатых балок, уложенных параллельно северо-восточной стене в гнездах глубиной в 0,5 кирпича;

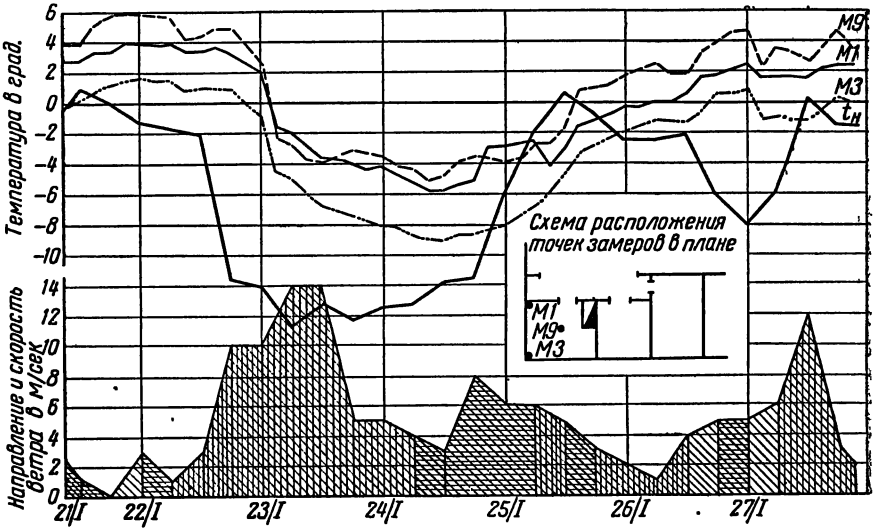


Рис. 61. Изменение температур в зоне междуэтажного перекрытия дома в Нижних Лихоборах в Москве

3) сообщение воздушной прослойки под сухой штукатуркой на относе с зоной междуэтажного перекрытия; холодный воздух, проникавший путем фильтрации в эту воздушную прослойку, опускался в зону междуэтажного перекрытия и еще больше охлаждал его;

4) отсутствие засыпки, доведенной доверху по периметру наружных стен в зоне междуэтажного перекрытия.

После вскрытия пола наружные стены в пределах междуэтажного пояса были оштукатурены с внутренней стороны.

В угловой опытной комнате, смежной комнате и кухне стена в пределах междуэтажной зоны была утеплена асбестоцементными плитами. В третьей комнате произведена только штукатурка без утепления междуэтажного пояса. Воздушная прослойка была изолирована от зоны перекрытия.

Результаты этих мероприятий, по данным наблюдений 1949/50 г., приведены на рис. 63, 64 и в табл. 47.

Принятые меры сказались на изменении распределения температур по вертикали опытной комнаты.

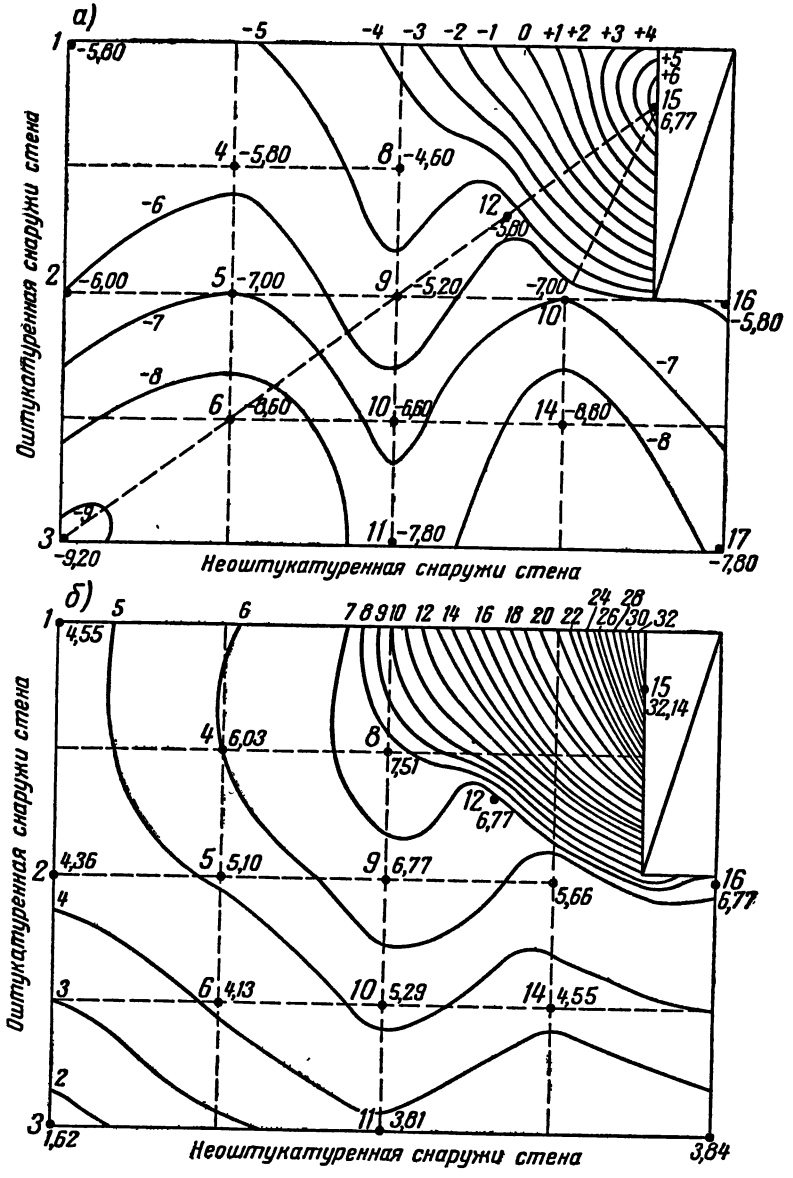


Рис. 62. Изотермы в зоне междуэтажного перекрытия дома в Нижних Лихоборах в Москве

а—в один из наиболее холодных дней (24 января 1949 г., 10 час.);
б—в один из наиболее теплых дней (1 февраля 1949 г., 16 час.)

Таблица 47

Температурный режим зоны междуэтажного перекрытия (рис. 61)

Элементы сравнения	По данным наблюдений	
	1948/49 г.	1949/50 г.
Средняя температура $t_н$	— 5,9	—20,3
Минимальная температура $t_н$	—14,6	—30
Средняя скорость ветра в *м/сек*	5,6	4
Максимальная скорость ветра в *м/сек*	14	9
Средняя температура в точке *М3*	— 2,7	+ 7,1
Максимальная температура в точке *М3*	+ 1	+15,7
Минимальная температура в точке *М3*	— 9	+ 3,3
Средний перепад *М3* — $t_н$	3,2	27,4

Интересной параллелью рис. 61 является рис. 65, представляющий собой ход изменения температур в междуэтажном пере-

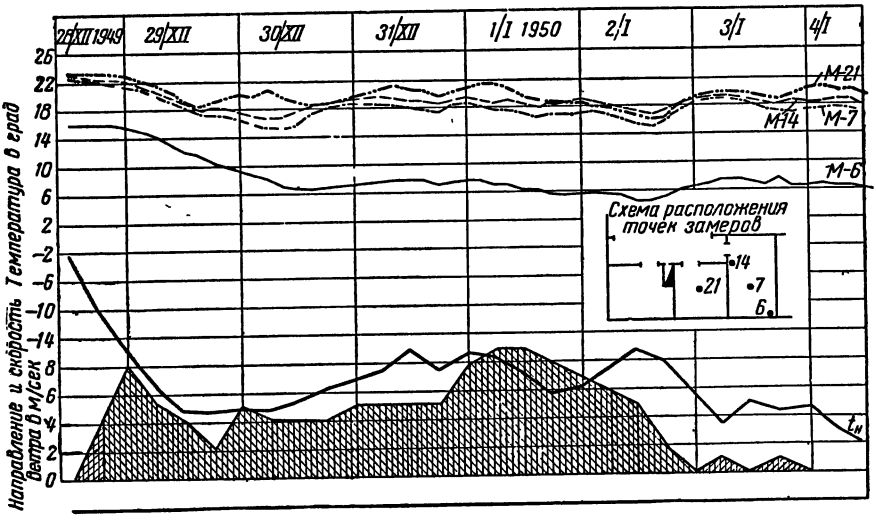


Рис. 63. Изменение температур в зоне междуэтажного перекрытия над опытной комнатой после утепления перекрытий

крытии дома на Соколиной горе. Из рисунков видно, что в междуэтажном перекрытии дома на Соколиной горе дело обстояло значительно благополучнее, чем в Нижних Лихоборах. Однако действие ветра 22—23 января сказалось совершенно в том же виде, как на другом конце Москвы в те же часы.

Наличие низко расположенных щелей (например, у балконных или входных дверей) вызывает понижение температуры воздуха

в нижних слоях, а при более сильном дутье — инверсию температур на участке 0—(+10), т. е. температура пола оказывается выше, чем температура омывающего его воздуха. Реже наблюдается инверсия на участке 0—(+75), что может иметь место в результате сильного дутья через окна.

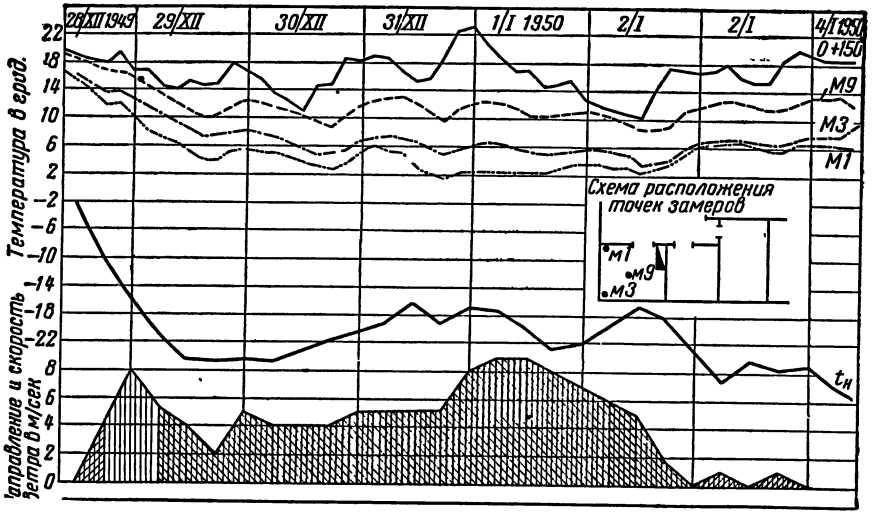


Рис. 64. Изменение температур в зоне междуэтажного перекрытия над комнатами, смежными с опытной, после утепления перекрытия

Пример инверсии на участке 0—(+10) дает рис. 66, представляющий собой температурную вертикаль в опытной комнате дома Ленинградского филиала Академии архитектуры СССР в Зеленогорске. В данном случае имело место дутье через входные двери и отчасти — фильтрация по линии сопряжения стены с нижним перекрытием.

При периодическом (печном) отоплении во время нагревания помещения вследствие усиления конвективных токов увеличивается неравномерность распределения температур по вертикали.

В качестве примера распределения температур в разные часы суток приводится тот же рис. 66.

При потолочном панельном отоплении распределение температур по вертикали существенно отличается от приведенного на рис. 58. Типичное распределение температур при потолочном отоплении показано на рис. 67. В этом случае потолок имеет повышенную температуру порядка 30—35°. Благодаря тому, что теплопередача конвекцией и теплопроводностью составляет в данном случае всего 30%, а остальные 70% приходятся на теплопередачу лучеиспусканием, распределение температур в рабочей зоне получается равномерным. Благодаря теплому излучению

потолка температура пола оказывается выше температуры омывающего его воздуха, т. е. получается та же картина, что при обычном отоплении в случае дутья. Но инверсия при лучистом отоплении расценивается как положительное явление, так как

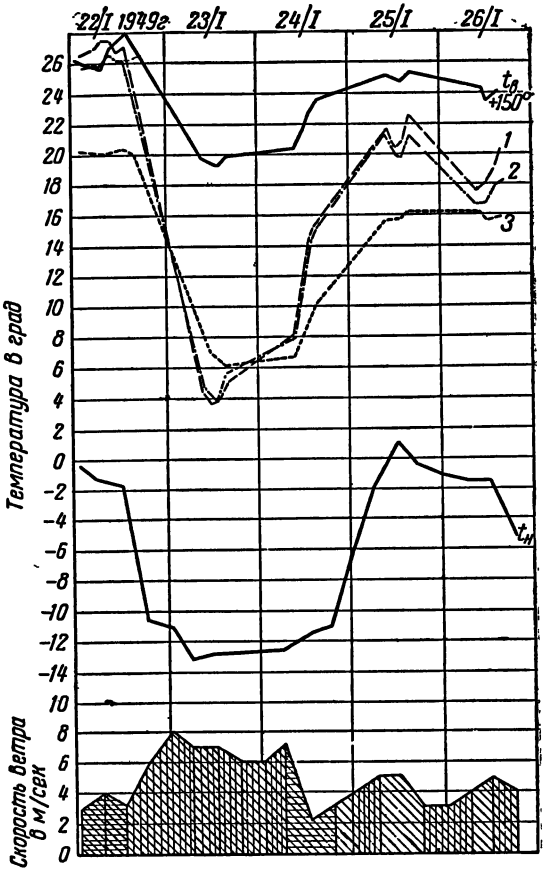


Рис. 65. Изменение температур в междуэтажном перекрытии дома на Соколиной горе в Москве

1—железобетонное перекрытие; *2*—поверхность пола; *3*—чердачное перекрытие

причина ее — **нагревание пола лучистым теплом, а не охлаждение воздуха холодной струей.**

При потолочном отоплении температуры внутренних поверхностей наружных стен оказываются также выше температуры омывающего их воздуха, что с санитарно-гигиенической точки зрения

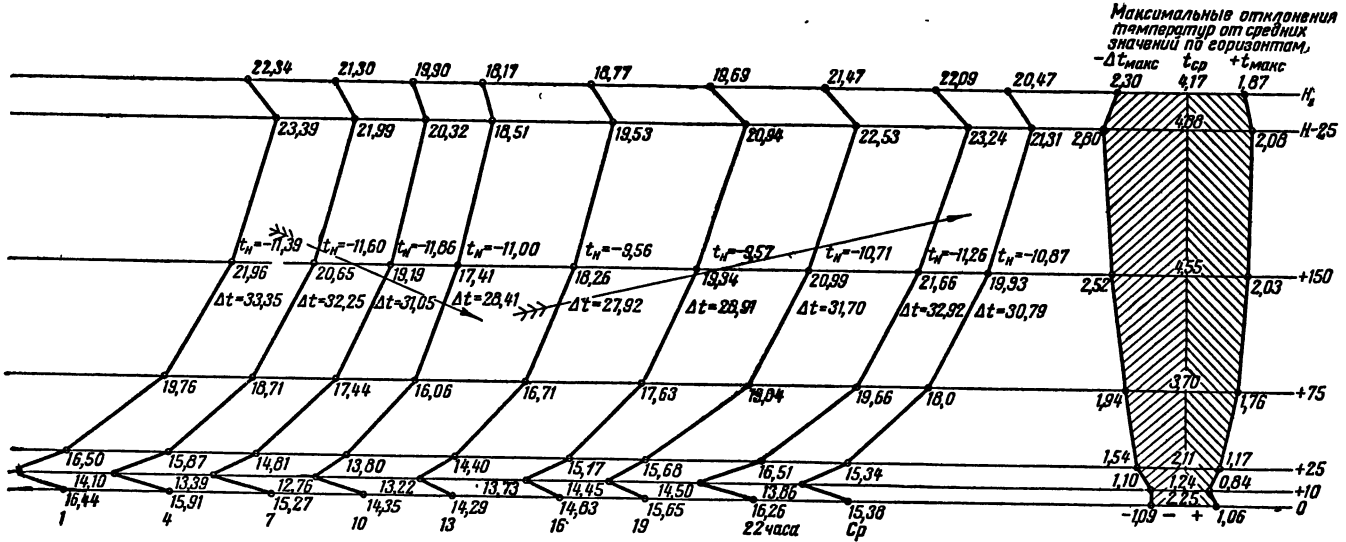


Рис. 66. Распределение температур по вертикали при наличии дутья (стрелками показаны фазы остывания и нагрева помещения)

расценивается как положительное явление, вызывающее, однако, добавочные теплопотери вследствие увеличения температурного перепада по сечению ограждения.

2. Распределение температур по горизонтали

При центральном отоплении, когда радиаторы расположены под окнами, а в наружных углах размещаются стояки, распределение температур воздуха в помещении бывает вполне равномерным и в большинстве случаев укладывается в нормы, согласно которым разности температур в плане не должны превышать 2°. При печном отоплении и наличии конструктивных или строительных дефектов наблюдаются отклонения, не вписывающиеся в существующие нормы.

При печном отоплении уже само положение угловых и пристенных воздушных вертикалей предопределяет более низкие температуры, чем температуры на соответствующих горизонтах центральной вертикали. Наличие конструктивных или строительных недостатков обычно обнаруживается более резкими падениями температур на горизонтах *О* и *Н* (пол и потолок).

В качестве примеров распределения температур в плане помещений приводятся данные по крупнопанельному дому Березовского завода строительных конструкций и домах *К, Щ* и *Ф* в Лосиноостровской.

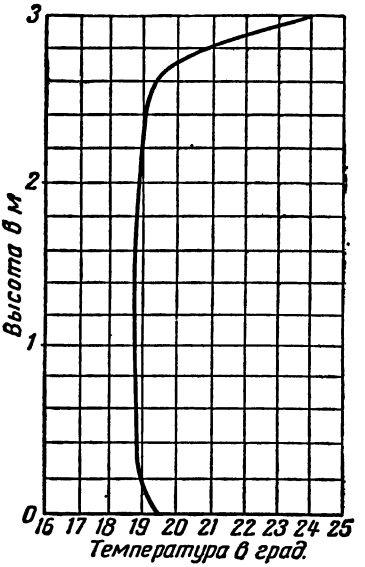


Рис. 67. Распределение температур по вертикали при потолочном лучистом отоплении

На рис. 68 показано распределение температур в плане опытной комнаты дома Березовского завода по семи горизонтам. Можно констатировать, что на уровнях пола и потолка распределение температур крайне неравномерно: по полу максимальная разность температур (вертикали *II* и *IV*) составляет 8,76°, а без учета вертикали *II*, расположенной у печи, — 6,52°. По потолку разности составляют 10,57°, а без учета вертикали *II* — 4,88°.

Неравномерность распределения температур по воздуху значительно уменьшается по мере удаления горизонтов от пола и потолка. Так, по горизонту *+10* максимальная разница составляет 5,48°, по горизонту *+150*—1,89°, по горизонту *Н-25*—3,04°. Влияние нижнего и верхнего перекрытий в данном случае не-

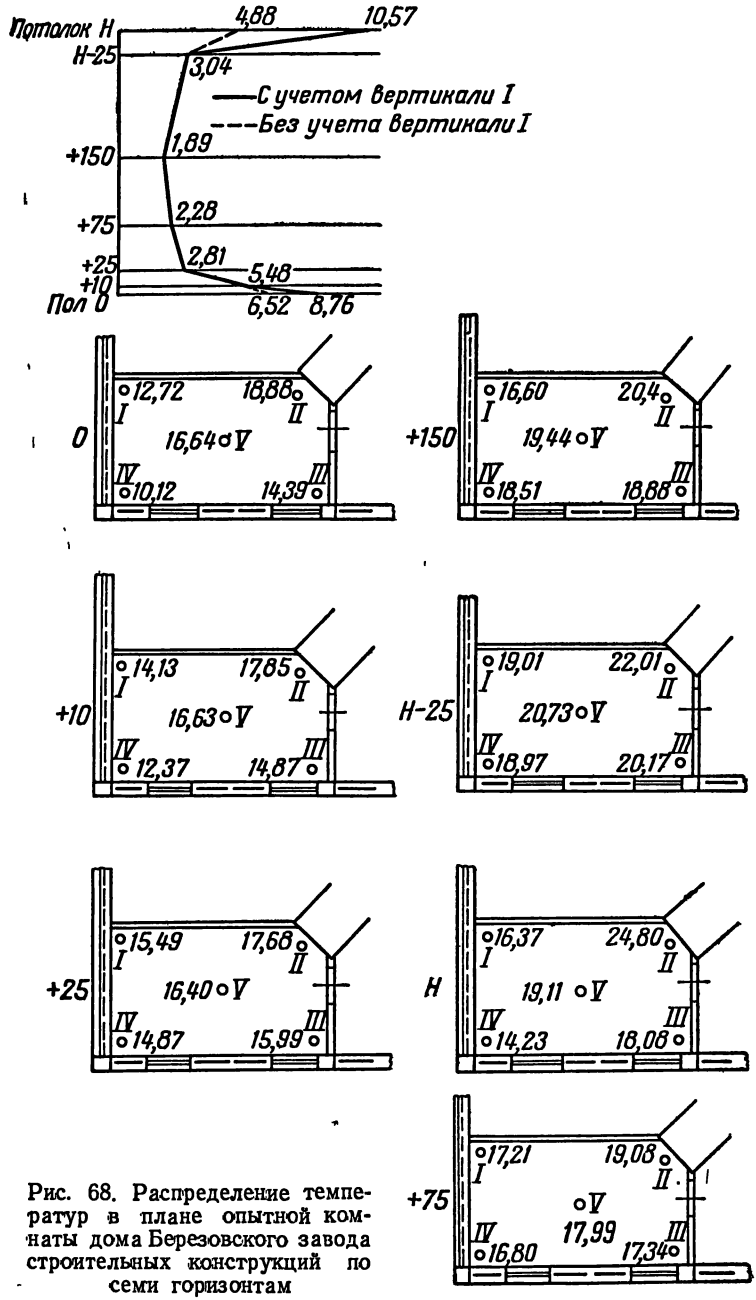


Рис. 68. Распределение температур в плане опытной комнаты дома Березовского завода строительных конструкций по семи горизонтам

сомненно. Распределение температур в плане (а также и по вертикалям) нельзя считать благополучным.

На рис. 69 показано распределение температур по диагонали опытной комнаты дома *К* в Лосиноостровской по шести горизонтам.

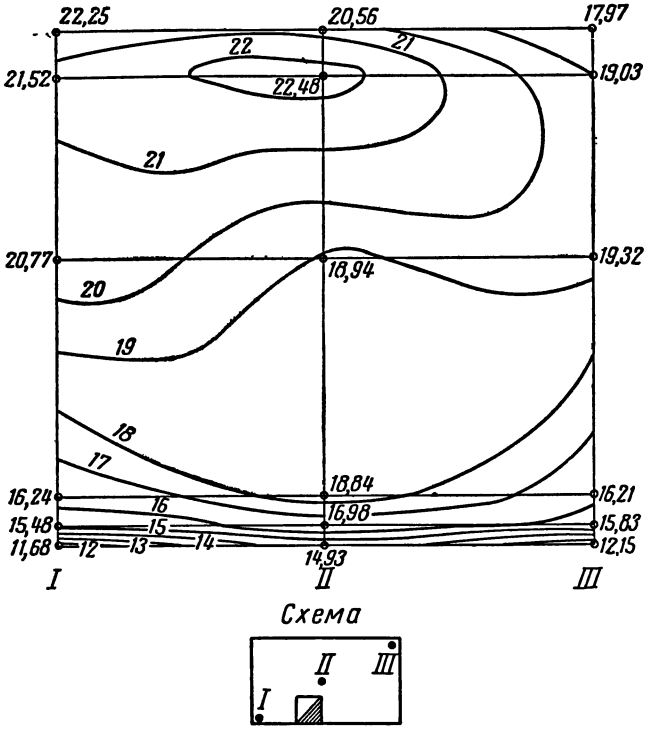


Рис. 69. Распределение температур по диагонали опытной комнаты дома *К* в Лосиноостровской по шести горизонтам

Так же, как и в предыдущем случае, разность температур по горизонту *О* является наибольшей. О воздухопроницаемости сопряжения стены с перекрытиями дома *К* говорилось в главе *III* (п. 3), значительное понижение температуры в углу является одним из следствий воздухопроницаемости.

Этот недостаток дома *К*, не будучи таким большим, как у железобетонного дома Березовского завода, скрадывается на горизонте *Н* наличием эксфильтрации; поэтому разность температур на горизонте *Н* оказывается даже несколько меньшей, чем на горизонте *Н*-25 и на всех остальных горизонтах. Вообще

по всей высоте вертикали разности в плане невелики, что объясняется доброкачественностью вертикального сопряжения угла.

На рис. 70 приведен пример, относящийся к крупнопанельным домам на Хорошевском шоссе. Этот пример говорит о хорошем утеплении перекрытий в местах примыкания к стенам, так как отсутствует значительная разница температур в точках, находящихся на различных расстояниях от стен и углов.

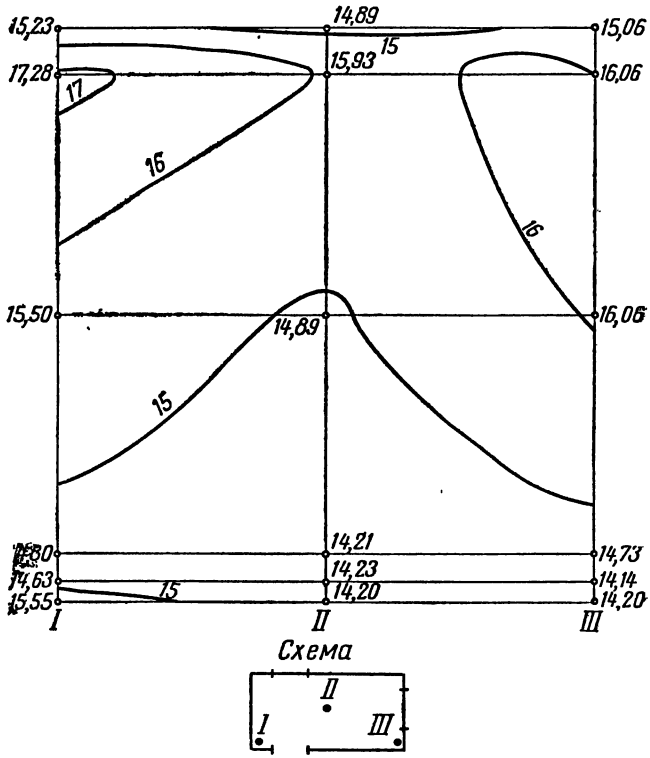


Рис. 70. Распределение температур по разрезу *I—II—III* опытной комнаты в крупнопанельном доме по Хорошевскому шоссе в Москве

3. Колебания $t_в$ во времени в зависимости от разных факторов

При отоплении постоянного действия и достаточно теплых и теплоустойчивых ограждениях, а также при малой воздухопроницаемости окон колебания температуры $t_в$ оказываются незначительными. В качестве примера приводятся кривые хода температур $t_в$, $t_н$, $\tau_в$, а также скорости и направления ветра для крупнопанельного бескаркасного дома в Магнитогорске (рис. 71).

Крупнопанельные дома в Магнитогорске и на Соколиной горе в Москве присоединены к теплофикационным сетям, что обеспечивает равномерную теплоподачу в течение суток. Пример колебаний температур при печном отоплении и малотеплоемких конструкциях приведен на рис. 72, относящемся к дому *К* в Лосиноостровской. Этот дом отапливался печью средней теплоемкости

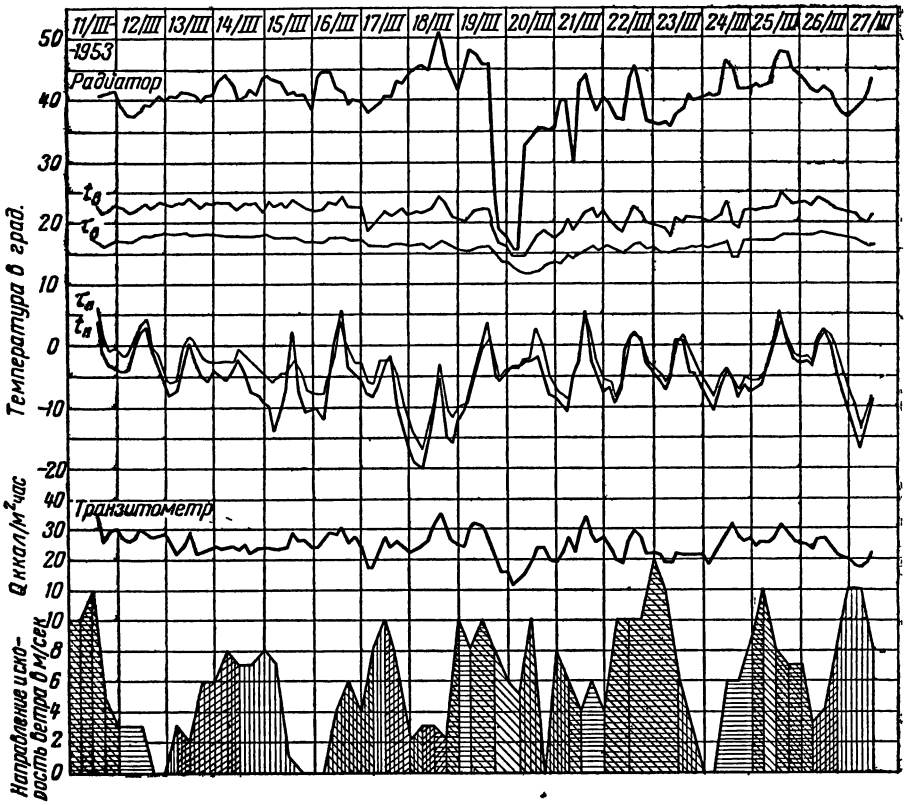


Рис. 71. Изменение температуры воздуха и температуры внутренней поверхности стены крупнопанельного дома в Магнитогорске в сопоставлении с метеорологическими условиями

конструкции Л. А. Семенова с толщиной стенок в 0,5 кирпича. В зависимости от наружной температуры топка производилась один или два раза в сутки. В зависимости от $t_н$ определялось и количество дров.

На графике показаны изменения температур в сопоставлении с наружными температурами, скоростью и направлением ветра, а также удельные расходы дров в *кг* на каждый градус перепада $t_в - t_н$ и на каждый час между топками.

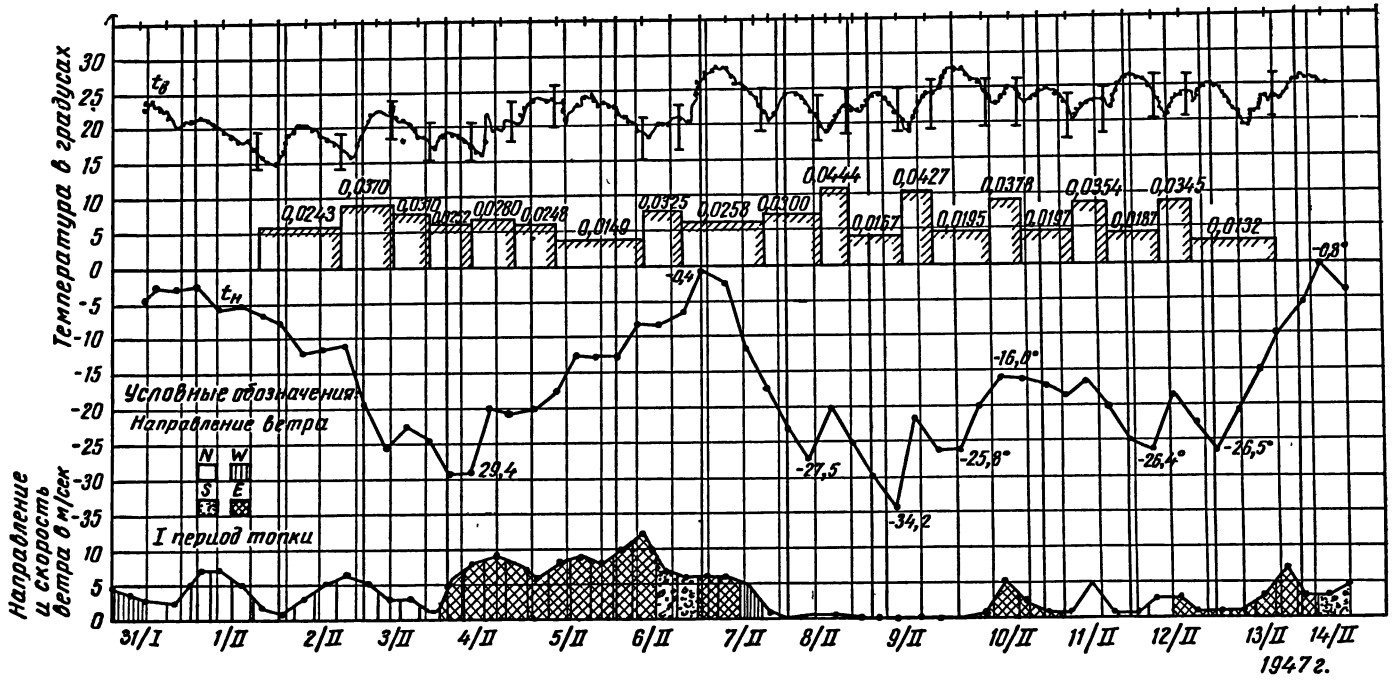


Рис. 72. Колебания температур воздуха в каркасном доме *К* в Лосиноостровской в сопоставлении с отопительным режимом и метеорологическими условиями

Из рассмотрения кривых видно, что, как правило, повышенные расходы имеют место в тех случаях, когда температура воздуха в помещении повышается к концу периода между топками по сравнению с температурой в начале периода. Это объясняется тем, что часть полученного тепла затрачивается на теплонакопление ограждений, температуры которых в слоях, ближайших к внутренней поверхности, повышаются к концу отопительного периода. Пониженные расходы наблюдаются при понижении температуры воздуха $t_н$ к началу следующей топки. В этих случаях на нагревание воздуха в помещении затрачивается не только тепло, полученное от печи, но и неучитываемое тепло, полученное от ограждений, слои которых, тяготеющие к помещению, охлаждаются при понижении $t_в$.

При достаточной продолжительности исследуемого периода (как это было и в данном случае) средняя величина удельного расхода топлива может считаться вполне достоверной.

Умножая удельный расход топлива, выраженный в *кг/град час*, на средний температурный перепад отопительного сезона, на количество часов в отопительном сезоне и деля на площадь отапливаемого помещения и на вес одного складочного кубометра дров, получаем расход в кубометрах на 1 $м^2$ в отопительный сезон.

Интересно отметить, что две печи одинаковой конструкции, сложенные одним и тем же мастером в домах *К* и *Щ*, имели совершенно различные к. п. д.: печь в доме *К*—82,4%, а печь в доме *Щ* — 62,7%. Объясняется это расхождение тем, что печь *Щ* имела худшего качества задвижку и топочную дверку.

Тонкостенная печь дома *Ф*, испытывавшегося одновременно с домами *К* и *Щ*, имела к. п. д., равный 65,2%.

В табл. 48 приведены данные о средних колебаниях температуры поверхности печей.

Таблица 48

Средние колебания температуры поверхности печей

Часы замеров	Дома			Часы замеров	Дома		
	К	*Щ*	*Ф*		*К*	*Щ*	*Ф*
10.00	49,6	42,5	53,4	0.00	45,7	41,3	39,7
12.00	56.8	46	54,9	2.00	44,9	37,3	37,9
14.00	54,7	44,7	50	4.00	48	35	35,6
16.00	52,8	44,6	47,3	6.00	41,1	32 8	33,9
18.00	52,5	44,3	44,7	8.00	39	31,6	32,8
20.00	50 6	44.7	41,7				
22.00	47,6	42,5	40,9				
				$\Delta\tau_{макс}$	17.8	14,4	22,1
				$\tau_{ср}$	48,1	40,5	43,5

Топка печи начиналась в 8 часов. Из табл. 48 видно, что период нагревания печи продолжается около 4 час., а период остывания — остальные 20 час. Печь *К* нагревается вначале значительно медленнее тонкостенной печи *Ф*, температура которой в течение первых двух часов повышается на 20,6°, в течение же следующих двух часов — всего на 1,5°. Печь *Щ* в первые два часа нагревается так же, как печь *К*, приблизительно на 11°, затем нагревание печи *Щ* резко приостанавливается, что следует приписать наличию недостатков у печи, о которых говорилось выше. Эти недостатки вызывают: а) значительно более низкий максимум в 12 часов, чем у печи *К*; б) значительно более низкую температуру перед началом топки; в) меньший размах температурных колебаний, чем у печи *К*.

Тонкостенная печь *Ф* имеет значительно больший диапазон температурных колебаний, чем печь *К*.

Данные о колебаниях температур воздуха в доме *К* в сопоставлении с метеорологическими условиями и количеством топок приведены в табл. 49.

Таблица 49

Колебания $t_в$ в доме *К* в сопоставлении с метеорологическими условиями

Дата	Число топок	Наружные температуры в град			Средняя скорость ветра в *м/сек*	Внутренние температуры в град			
		средняя	максимальная	минимальная		средняя	максимальная	минимальная	колебания температур
1/II	1	— 5,1	— 2,3	— 6,7	5,25	18,3	21,5	14,2	7,3
2/II	2	—11,3	— 6,3	—13,6	3,75	18,2	20,5	15	5
3/II	2	—23	—13,1	—27,6	3	20	22,2	17	5,2
4/II	2	—24,9	—19,7	—31,6	7,75	19,3	23,2	16	7,2
5/II	1	—16	—12,2	—22	7,75	23,1	24	20,6	3,4
6/II	2	— 9,1	— 6,2	—13,1	8,75	20,5	25,2	18	7,2
7/II	1	— 7,9	— 0,3	—17,5	4,5	25	28	20,6	7,4
8/II	2	—24	—15,5	—29,4	0,5	22,1	24,9	18,5	6,4
9/II	2	—28,2	—20,7	—35,5	0	23,3	24,2	18	6,2
10/II	2	—19,5	—15,6	—31,4	2	24,5	27,7	22,6	5,1
11/II	2	—18,2	—15,8	—21,6	2	23,1	25,9	20	5,9
12/II	2	—23,1	—15,1	—27,6	2	24,1	26,2	21	5,2
13/II	1	—18,1	— 9,5	—27,2	3	22,7	25,3	19,4	5,9
Среднее значение		—17,6	—11,7	—23,5	3,9	21,9	24,48	18,6	6

Средние суточные колебания $t_в$ в доме *К* при суровых метеорологических условиях составили 6°, что удовлетворяет требо-

ваниям норм. Максимальные колебания температур, достигавшие 7,4 и 7,3°, падают на дни с однократной топкой; скорость ветра в эти дни равнялась около 5 *м/сек* в среднем; колебания наружной температуры 1 февраля были крайне незначительны — всего 4,4°. В остальные 2 дня, в которые колебания превысили 7,0° (при двух топках в сутки), скорость ветра достигала 7,75 и 8,75 *м/сек*. Один из этих четырех дней (7 февраля) при сравнительно высокой температуре $t_{н.ср} = -7{,}9°$ отличался исключительно большим диапазоном температур: от —0,3° до —17,5°. В день 6 февраля с особенно сильным ветром колебания $t_в$ были опять несколько больше, чем $\Delta t_н = t_{макс} - t_{мин}$. Следующие по величине колебания 6,4 и 6,2° приходятся на 8 и 9 февраля, т. е. на дни с весьма низкими температурами (9 февраля — абсолютный минимум за зиму 1946/47 г., когда $t_н = -35{,}5°$) при почти полном отсутствии ветра. Вместе с тем средняя температура $t_в$ в дни 8—10 февраля оказалась, несмотря на сильный мороз, недалекой от максимума 25°. Перепады $t_в - t_н$ составляли:

8/II — средний перепад	46,5°,	максимальный перепад	$\geqslant 47{,}9°$
9/II — " "	51,5°,	" "	$\geqslant 53{,}5°$
10/II — " "	44,1°,	" "	$\geqslant 54{,}0°$

Обращает на себя внимание день 5 февраля, когда скорость ветра 7,75 *м/сек* не повлияла на увеличение колебаний внутренних температур: колебания за эти сутки оказались наименьшими за весь период наблюдений. Направление ветра было то же, что и в предшествующий день.

Рис. 73 относится к дому Ленинградского филиала Академии архитектуры СССР в Зеленогорске. Отопление — центральное водяными печами конструкции архитектора Л. А. Погоржельского. В данном случае отопление выполнено в виде двух поэтажных систем, в каждой из которых роль котла играет генераторная печь, установленная в особом помещении, а роль радиаторов — аккумуляторные печи, расположенные в комнатах. Топка генераторных печей начиналась в 10 часов и с перерывами продолжалась до 22 часов, когда в печи закладывались на ночь угольные брикеты. С 10 часов возобновлялась загрузка печи дровами.

На рис. 73, *а* показано среднее суточное изменение температуры $t_в$ в сопоставлении с суточным изменением температур $t_н$ и температур поверхности генераторной и аккумуляторных печей *Г* и *А*. Из кривых видно, что среднесуточные колебания температуры $t_н$ весьма невелики: суточная амплитуда равна $-9{,}6° + 11{,}9° = 2{,}3°$, т. е. меньше амплитуды колебаний $t_в$, равной 22° — 17,4°. Температурная кривая $t_в$ делится на участки падения и подъема в соответствии с ходом кривой τ_A; только в промежутке между 22 часами и 1 часом такая согласованность отсутствует.

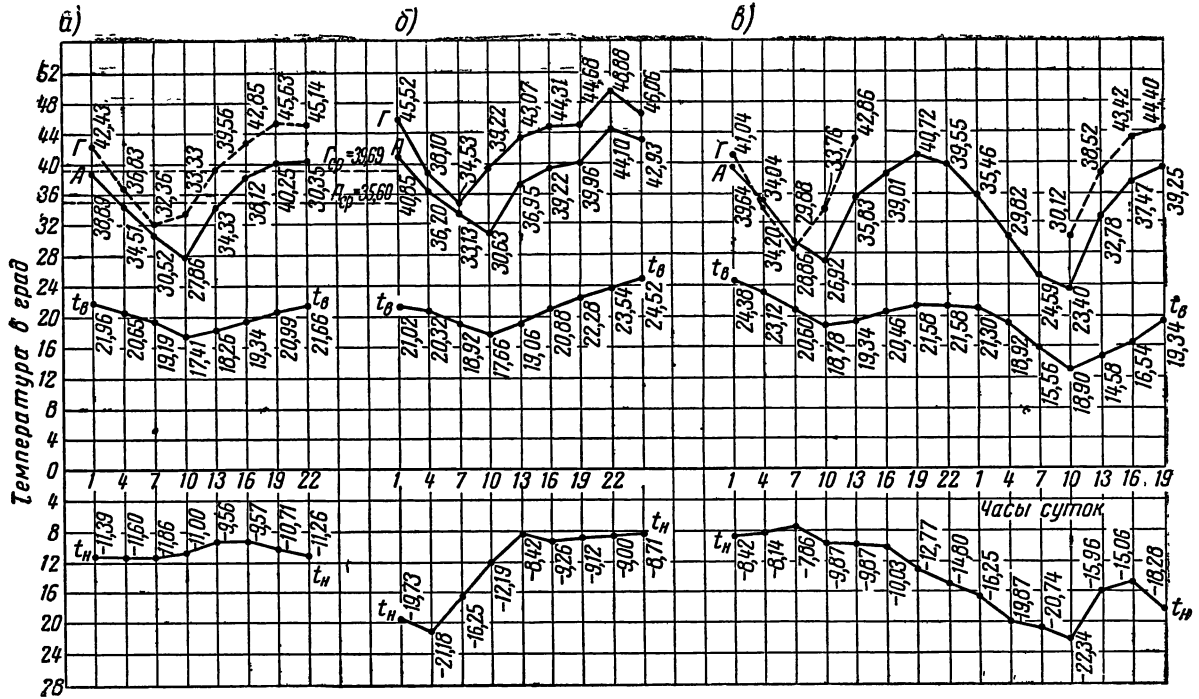


Рис. 73. Изменение температур воздуха в домах Ленинградского филиала Академии архитектуры СССР в Зеленогорске в связи с отопительным режимом и метеорологическими условиями

а—среднее суточное изменение температур; *б*—изменение температуры $t_в$ при резком повышении $t_н$; *в*—изменение температуры $t_в$ при резком понижении $t_н$

Участки подъема и падения кривой $t_в$ корреспондируют кривой $t_н$ только в промежутки времени 1 час — 7 часов и 10 часов — 16 часов, причем кривая $t_в$ в то же время следует кривой τ_A.

На рис. 73, *б* представлен ход изменения температур $t_в$ в промежуток времени, когда $t_н$ резко возрастает или убывает. Примером первого положения может служить день 25 января, когда $t_н$ в течение четырех часов поднялась с —21,2° до —8,4°; второй случай относится к 27—28 января, когда $t_н$ от —7,9° в 7 часов 27 января, непрерывно падая, понизилась до —22,3° к 10 часам 28 января.

В первом случае кривая по своему характеру нисколько не отличается от кривой $t_в$ на рис. 73, *а*, показывая совершенно очевидную зависимость от кривой τ_A. Принципиального отличия от кривых на рис. 73, *а* и 73, *б* не дает и кривая 73, *в*. Однако кривая $t_в$, следуя за кривой τ_A, в то же время увлекается вниз кривой $t_н$. Перепад $t_в - t_н$, равный —28,7° в 10 часов 27 января, увеличивается до 35,2° в 10 часов 28 января. Очевидно, что следовало бы больше форсировать топку с утра 28 января.

При принятом отопительном режиме, как уже указано, суточная амплитуда колебаний $t_в$ равна 4,6°, т. е. вполне укладывается в норму 6° (±3°). Средняя температура $t_в = 20°$ также вполне достаточна. При той же затрате топлива, но при смещении начала и конца топки на 6 часов, можно было бы добиться еще более равномерной температуры в помещении.

Коэффициент неравномерности теплоотдачи аккумуляторных печей, подсчитанный по формуле Л. А. Семенова

$$M = \frac{Q_{макс} - Q_{мин}}{2xQ_{ср}},$$

по перепадам температур τ_A и $t_в$ за отдельные часы дает при принятом режиме отопления величину 0,28. Такой коэффициент получается для кирпичных печей в случае большого их веса, при толстых стенках и при двух топках в сутки.

Для водяных печей в доме с фанерно-альфолевыми ограждениями такой результат является хорошей рекомендацией.

Данные о колебаниях наружных и внутренних температур в опытной комнате дома Березовского завода строительных конструкций (первый вариант) приведены в табл. 50.

Максимальные колебания температур относятся, как правило, к тем дням, когда печь (средней теплоемкости со стенками в 0,5 кирпича) топилась раз в сутки. Исключение составляет день 15 марта с абсолютным размахом колебаний 5,5°. Температура в этот день была довольно низкой (—11,5°) в среднем с колебаниями от —9 до —18°. Колебания температур имеют

тенденцию увеличиваться при юго-восточном ветре. Вообще же суточные колебания $t_в$ настолько незначительны и средняя температура такова, что с точки зрения температурного режима дом может быть признан вполне удовлетворительным.

Таблица 50

Колебания наружных и внутренних температур в опытной комнате дома Березовского завода строительных конструкций

Дата замеров	Количество топок	Средняя температура в град.	Направление ветра	Скорость ветра в *м/сек*	Внутренняя температура в град.		
					максимальная	минимальная	амплитуда колебаний
4/III	1	1,1			21,7	20	1,7
5/III	1	— 6,6	СЗ	1,9	20,7	18,2	2,5
6/III	1	—12,9	З	2	17,7	15,8	1,9
9/III	2	—11,8	З	1,3	20,3	17,1	3,2
10/III	1	—12,9	З	2,7	21,9	16,1	5,9
11/III	1	— 7,7	ЮВ	1,8	24,5	16,5	8
12/III	2	—12,4	С	1,7	22,1	18,9	3,4
13/III	2	—17,3	З	3,1	20,5	17,3	3,2
14/III	2	—10,6	З	2,0	19,4	16,9	2,5
15/III	2	—11,5	З	2,1	19,4	13,9	5,5
16/III	2	— 9,9	Ю	0,7	20	16,3	3,8
17/III	1	— 7,3	Ю	0,8	21,7	17,1	4,6
18/III	1	— 4,7	СВ	3,2	20,3	17,1	3,2
19/III	1	— 6,1	ЮВ	0,9	21,7	16,7	5
20/III	1	— 7,1	ЮВ	0,5	21,9	17,9	4
21/III	1	— 2,4	Ю	0,4	21,9	18,8	3,2
22/III	1	— 6,2	З	2,5	21,5	19,6	1,9
23/III	1	— 7,1	ЮВ	1,1	20,5	16,5	4
24/III	1	— 1,1	В	2,2	20,5	16,5	4
25/III	1	— 2,1	ЮВ	3,0	20,3	16,3	4
26/III	1	— 2,3	З	1,5	21,5	16,3	5,3
27/III	1	— 5,6	З	2,7	21,7	17,7	4
28/III	1	— 5,2	З	3,9	20	16,7	3,4
29/III	1	— 2,9	З	1,4	20,9	16,5	4,4
30/III	1	— 4,4	СВ	2,2	21,7	18,4	3,4
31/III	1	— 6,4	СВ	2,4	23,2	18,2	5
Среднее значение		— 7,1		1,9	21,1	17,2	3,9
Абсолютное значение					24,5	13,9	

Глава VI

ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ ПОМЕЩЕНИЙ

1. Влажность воздуха в помещении и ее колебания в зависимости от различных факторов

Говоря о влажности воздуха, необходимо помнить, что в некоторых случаях определяющей является относительная влажность, в других же случаях — влажность абсолютная.

Влажность воздуха в помещении зависит от различных факторов: от влажности наружного воздуха; от условной плотности населения (количество людей, умноженное на коэффициент пребывания и деленное на кубатуру помещения в $м^3$ или на площадь помещения в $м^2$); от эксплуатационных влаговыделений; от влажностного состояния ограждений; от воздухообмена.

В зимнее время количество водяного пара в воздухе помещения значительно больше, чем в наружном воздухе. Вследствие этой разности влажностный поток направлен из помещения наружу. Абсолютная влажность воздуха в помещении имеет величину порядка 7—10 *мм* рт. ст., тогда как средняя абсолютная влажность наружного воздуха в Москве в течение отопительного периода равна примерно 3 *мм* рт. ст., или 4 миллибарам (как принято обозначать в метеорологических таблицах).

Человек выделяет влаги от 0,04 до 0,13 *кг* в час. Проведенные в 1943 г. исследования влажностного режима жилых помещений, в которых, как правило, почти отсутствовали эксплуатационные влаговыделения, показали достаточно ясную зависимость абсолютной влажности воздуха в помещениях от их населенности.

Эксплуатационные влаговыделения составляют значительную долю в общем балансе поступающей в помещение влаги. Так, количество влаги, выделяемой при сгорании 1 $м^3$ газа, равно 0,9 *кг*; среднесуточный расход газа на одного человека равен 0,45 $м^3$. Количество влаги, выделяющейся от готовящейся пищи на одного человека, — 0,62 *кг/сутки*. Выделение влаги при мытье в ванне — 0,72 *кг*. Испарение влаги со стирального корыта составляет 3—3,3 *кг/час*, 1 *кг* белья испаряет при сушке 1 *кг* влаги; можно считать, что на семью в 4 человека одновременно стирается 20 *кг* белья.

На влажностный режим помещений оказывает влияние влажностное состояние ограждений и, обратно, влажностный режим помещения оказывает влияние на влажностное состояние ограждений.

Обычная мокрая штукатурка, которой отделана большая часть помещений, имеет свойство сорбировать (поглощать) влагу из воздуха при временном увеличении влаговыделений, а при уменьшении количества выделяемой влаги — отдавать сорбированную влагу обратно.

Наблюдения показывают, что в штукатурке так называемых «сырых» стен влага нередко сосредоточивается, главным образом, в тонком поверхностном слое толщиной примерно до 5 *мм*; в более глубоких слоях штукатурка нередко остается сравнительно сухой, поэтому пробы на влажность, взятые из всего слоя штукатурки в местах выпадения конденсата, показывают влажность порядка 6—10%. Исключение составляют штукатурки, под которыми находится пароизоляционный слой. В таких случаях отвод влаги в кладку становится невозможным или чрезвычайно затрудненным, и вся влага скопляется в штукатурном слое. В первый год эксплуатации строительная влага, испаряясь из ограждений, поступает частично в помещение и повышает влажность воздуха.

В табл. 51 приведены данные об относительной влажности воздуха в квартирах московского массового строительства по 197 замерам.

Таблица 51

Относительная влажность воздуха по месяцам в %

Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
52,8	55,5	66,7	64,6	54,1	60

Наибольшая влажность воздуха зарегистрирована, как видно, в марте, когда сильно отсыревают стены в слоях, близких к внутренним поверхностям, а с другой стороны, наблюдается заметное повышение абсолютной влажности наружного воздуха. Что касается июньской влажности воздуха в помещениях, то она обусловлена, главным образом, влажностью наружного воздуха, так как в летних условиях окна в течение значительной части суток держатся открытыми.

В зимний период года, когда надо опасаться появления конденсата на наружных стенах (январь—февраль), средняя относительная влажность удовлетворяет принятой норме (60%). Также удовлетворяет норме и средняя из приведенных в табл. 51 влажностей за шесть месяцев (59,1%).

Данные о влажностном режиме помещений в домах массового строительства в различных городах приведены в табл. 52. Эпизодические замеры произведены в зимние месяцы.

О влажностном режиме дома на Соколиной горе, отличающегося большой кратностью воздухообмена, дает представление гигрографическая лента (рис. 74). Средняя относительная влажность воздуха за весь период наблюдений, определенная по психрометру Ассмана, составляет 29,6%.

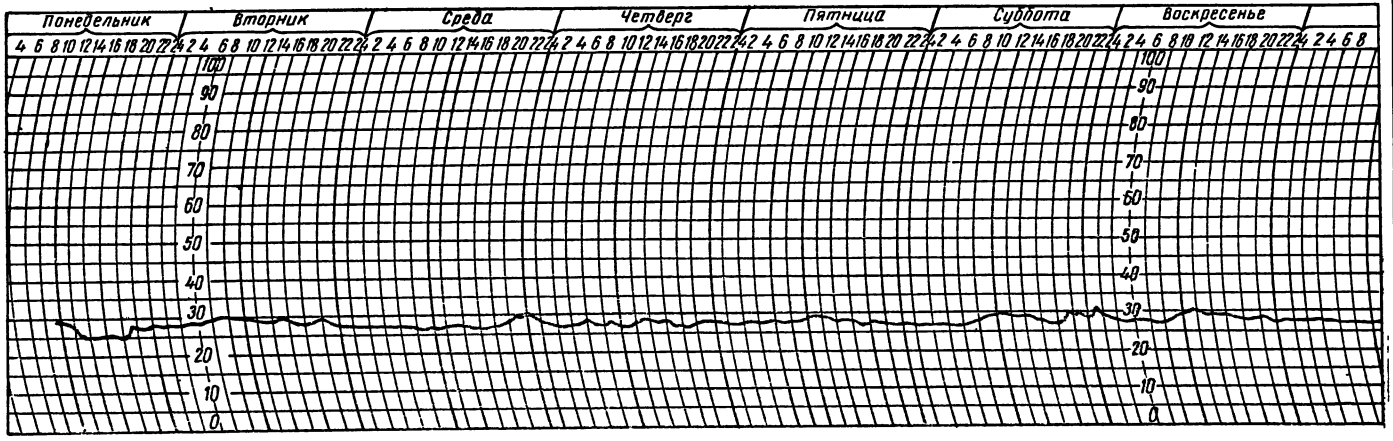


Рис. 74. Влажностный режим одной из квартир дома на Соколиной горе в Москве (гигрографическая запись)

Таблица 52

Зимняя влажность воздуха в домах массового строительства (эпизодические замеры)

Объекты наблюдений	Помещение	Площадь в $м^2$	Количество человек	Площадь на 1 человека в $м^2$	φ в %	e в *мм* рт. ст.
Ленинград. Новое крупноблочное строительство	Комнаты	1 539,3	260	5,92	46	7,77
	Кухни	—	—	—	48,3	8,4
Ленинград. Крупноблочный дом, построенный в 1936 г. Коридорная планировка	Комнаты	335,4	58	5,78	66	11,26
	Коридоры	—	—	—	79	10,54
Ленинград. Кирпичное строительство	Комнаты	503,3	78	6,45	45,5	7,12
	Кухни	—	—	—	51,4	7,71
Магнитогорск. Крупнопанельные дома, построенные в 1951—1954 гг.	Комнаты	2 095,5	407	5,15	34,9	7,12
	Кухни	—	—	—	35,4	7,26
Магнитогорск. Крупноблочные дома, построенные в 1936 г.	Комнаты	686,5	113	6,08	34,1	6,97
	Кухни	—	—	—	—	—
Магнитогорск. Пенобетонный дом, построенный в 1931 г. Коридорная планировка	Комнаты	155,5	48	3,24	54,2	11,65
Свердловск. Крупноблочный дом, построенный в 1938—1939 гг.	Комнаты	611,8	70	8,74	36,6	6,68
	Кухни	—	—	—	40,1	7,3
Березовский. Крупнопанельные дома, построенные в 1946—1950 гг., одно- и двухквартирные	Комнаты	259,9	50	5,2	52,2	10,29
То же, шестиквартирные	Комнаты	238	49	4,86	49,7	10,6
Рига. Дома массового строительства со стенами из различных материалов	Комнаты	1 316,5	240	5,49	42,3	7,06
	Кухни	—	—	—	41	6,97

В течение суток относительная влажность изменялась незначительно. В табл. 53 показан ход изменения средней относительной влажности в течение суток. Наибольшая влажность, не превосходившая, однако, 32%, наблюдалась, как правило, в воскресные дни, когда в квартире мылся пол и жильцы принимали ванну. Абсолютная влажность ее, соответствовавшая относительной влажности 29%, равнялась примерно 7 *мм* рт. ст.

Малая влажность воздуха может быть объяснена тем, что дом был подключен к теплофикационной сети еще в период строительства и хорошо отапливался, а также чрезвычайно большим воздухообменом.

Таблица 53

Изменение средней относительной влажности в % в течение суток

Часы суток												
10	12	14	16	18	20	22	0	2	4	6	8	Среднее значение
29,6	28,1	28,6	28,5	29,8	29,2	29,9	30	29,7	29	29,2	29	29

Данные о влажности воздуха в деревянных домах заводского изготовления приведены в табл. 54.

Таблица 54

Относительная и абсолютная влажности воздуха в домах *К*, *Щ* и *Ф*

Дом	Период наблюдений	Условия эксплуатации дома	$t_в$	Влажность	
				относительная в %	абсолютная в *мм* рт. ст.
		Зима 1946/47 г.			
К	*I—II*	Помещалась лаборатория; в дневное время работали 3—4 сотрудника . . .	20,2	53,2	9,44
	III	Постоянно проживал 1 человек; на плите сушились дрова	19,8	60,1	10,41
Щ	*I—II*	Кухня-столовая, заселена семьей, состоящей из 2 человек	14	55,1	6,61
	III	Дом не заселен	18,3	53,8	8,48
Ф	*I—II*	В кухне жил 1 человек	15,9	41,3	5,6
	III	В кухне жил 1 человек; южная комната заселена семьей из 2 человек . .	18,3	49,1	7,74
		Зима 1947/48 г.			
К	*XII—III*	Помещалась лаборатория с пребыванием в дневное время 2—3 сотрудников; постоянно проживал 1 человек	16,9	38,2	5,49
Щ	*XII—III*	Дом заселен; в бывшей опытной комнате — семья из 4 человек, в кухне-столовой — семья из 2 человек	20,8	55,7	10,17
Ф	*I—III*	Дом заселен семьей из 4 человек . .	14	46	6,58

Из таблицы следует, что относительная и абсолютная влажности воздуха во всех квартирах опытных домов, как заселенных, так и незаселенных, находятся в пределах норм. Даже в доме *Щ*, который в зиму 1947/48 г. эксплуатировался в очень тяжелых условиях, относительная влажность составила 55,7%, и абсолютная — 10,17 *мм* рт. ст.

Обращает внимание низкая влажность в доме *Ф*, несмотря на проживание в нем семьи из 4 человек.

По всем опытным домам (*К, Щ* и *Ф*) установлено, что влажность воздуха помещений после резких повышений, вызванных увлажняющими процессами, довольно быстро снижается, приходя через 3—4 часа к своим обычным средним значениям.

Отмечено также, что при сравнительно постоянных условиях эксплуатации помещений в течение зимы влажность возрастает и к концу зимы повышается на 10—15% по сравнению с первыми зимними месяцами.

2. Распределение влажности по вертикали

Наблюдения показывают, что в жилых домах относительная влажность обычно понижается с повышением горизонта, а абсолютная влажность с повышением горизонта увеличивается.

Объяснения этой причины следует, повидимому, искать в том, что, во-первых, удельный вес водяного пара меньше удельного веса воздуха, имеющего ту же температуру; во-вторых, большинство влаговыделений происходит при температуре большей, нежели $t_в$, например влага, выделяемая человеком, пар, выделяемый при приготовлении пищи, приеме ванны и т. д. Следовательно, выделенный водяной пар стремится подняться к потолку, и абсолютная влажность с повышением горизонта возрастает.

Но с повышением горизонта возрастает также и температура воздуха. Вследствие этого с повышением горизонта обнаруживается тенденция к понижению относительной влажности, но так как повышение абсолютной влажности с повышением горизонта не является особенно интенсивным, то в результате обычно наблюдается некоторое понижение относительной влажности.

В результате систематических влажностных замеров в 34 комнатах получены следующие значения абсолютной и относительной влажности, приведенные в табл. 55.

Таблица 55

Относительная и абсолютная влажность воздуха на различных уровнях

Уровень	$t_в$	Относительная влажность в %	Абсолютная влажность в *мм* рт. ст.
10 *см* от пола	15,85	63	8,51
80 „ „ „	17,62	58,8	8,88
200—225 *см* от пола	19,43	55,1	9,33

Однако в некоторых случаях наблюдаются отступления от подобного распределения абсолютной и относительной влажности, объясняемые обычно отклонениями от типичного распределения температур воздуха по вертикали.

Глава VII

ВОЗДУХООБМЕН

1. Воздухообмен как следствие теплового и ветрового напоров

Как известно, воздухообмен является следствием совокупного действия теплового и ветрового напоров.

Тепловой напор пропорционален разности весов двух воздушных столбов, имеющих основание, равное единице, а высоту, равную высоте здания или его обособленной по высоте зоны, и выражается в *мм* вод. ст. В табл. 56 приведены удельные веса воздуха при различных температурах и давлении 760 *мм* рт. ст.

Ветровой напор обусловлен давлением ветра, увеличивающимся с увеличением скорости ветра. Так как скорость ветра при удалении от поверхности земли возрастает, то вместе с высотой возрастает и ветровой напор.

Таблица 56

Удельные веса воздуха при различных температурах и давлении 760 *мм* рт. ст.

t	d в *кг/м*³	t	d в *кг/м*³	t	d в *кг/м*³	t	d в *кг/м*³	t	d в *кг/м*³
—50	1,586	—30	1,454	—10	1,343	+10	1,248	+30	1,164
—45	1,551	—25	1,424	—5	1,318	+15	1,226	+35	1,145
—40	1,517	—20	1,396	0	1,293	+20	1,204	+40	1,127
—35	1,435	—15	1,369	+5	1,27	+25	1,183	+45	1,109

Изменение скоростей ветра по высоте, рассчитанное по формуле $\frac{W}{W_0} = \left(\frac{h}{h_0}\right)^{\frac{1}{4}}$, показано на рис. 75. В этой формуле

W_0 — скорость измеренная на высоте h_0 в *м* от уровня земли,

W — искомая скорость на высоте h в *м*.

Скоростной напор выражается формулой

$$q = \frac{W^2}{16} = 0{,}0625\,W^2.$$

При скоростях ветра от 0 до 25 *м/сек* скоростные напоры ветра (q) имеют значения, указанные в табл. 57.

Таблица 57

Напоры ветра (q) при скоростях W от 0 до 25 *м/сек* в *мм* вод. ст.

W	q	W	q	W	q	W	q	W	q
1	0,06	6	2,25	11	7,56	16	16	21	27,6
2	0,25	7	3,06	12	9	17	18,1	22	30,3
3	0,56	8	4	13	10,6	18	20,3	23	33,1
4	1	9	5,06	14	12,3	19	22,6	24	36
5	1,56	10	6,25	15	14,1	20	25	25	39,1

При действии ветра на какое-либо здание или сооружение действительное давление ветра на поверхности отличается от напора, исчисленного по вышеприведенной формуле, в зависимости от того, является ли эта поверхность наветренной или заветренной, от угла, под которым действует ветер, от конфигурации поверхностей и от положения рассматриваемой точки на



Рис. 75. Изменение скорости ветра в зависимости от высоты
1 — $W_0 = 5$ *м/сек*; *2* — $W_0 = 10$ *м/сек*; *3* — $W_0 = 15$ *м/сек*; *4* — $W_0 = 20$ *м/сек*; *5* — $W_0 = 25$ *м/сек*; *6* — $W_0 = 30$ *м/сек*.

данной поверхности. Отношения действительных давлений к скоростным напорам называются **аэродинамическими коэффициентами.** Данные о средних, максимальных и минимальных аэродинамических коэффициентах, полученных Осиповым, Батуриным и Ирмингером для наветренной вертикальной стены обычного здания, приведены в табл. 58.

Таблица 58

Аэродинамические коэффициенты для наветренной вертикальной стены

Коэффициенты	Левый край здания	Середина здания	Правый край здания
Максимальные значения	0,75	0,97	0,45
Средние значения	0,55	0,86	0,55
Минимальные значения	0,52	0,81	0,46

Среднее значение для всей стены по Р. Е. Брилингу равно (см. табл. 58):

$$(2 \cdot 0{,}86 + 0{,}55 + 0{,}55)\, 0{,}25 = 0{,}705 \sim 0{,}71.$$

В табл. 59 приводятся замеренные и расчетные величины аэродинамических коэффициентов для наветренной, заветренной и боковых стен.

Таблица 59

Аэродинамические коэффициенты

Местонахождение точек замеров	Замеренные значения			Расчетные значения		
	начальные	средние	конечные	начальные	средние	конечные
Стена наветренная	—	+0,73	—	—	+0,71	—
Стена заветренная	—	—0,3	—	—	—0,3	—
Стена, параллельная ветровому потоку, при $\frac{l}{h} \geqslant 1\,1/2$	—0,73	—	—0,14	—0,75	—	—0,15
То же, при $\frac{l}{h} < 1\,1/2$	—0,9	—	—0,48	—0,9	—	—0,5

При скорости ветра 5 *м/сек* наветренная стена испытывает давление:

$$p_1 = 0{,}71 \cdot 1{,}56 = 1{,}11 \text{ мм вод. ст. или } 1{,}1 \text{ мм вод. ст.},$$

а для заветренной стороны

$$p_2 = -0{,}30 \cdot 1{,}56 = -0{,}47 \text{ мм вод. ст.}$$

Если все вертикальные ограждения обладают одинаковой воздухопроницаемостью, то среднее давление, т. е. давление в помещении, определяется как полусумма внешних давлений. Таким образом, внутреннее давление равно:

$$p_в = [1{,}11 + (-0{,}47)]\,0{,}5 = +0{,}32 \text{ мм вод. ст.},$$

а разность давлений, на которую следует рассчитывать фильтрацию,

$$\Delta p = 1{,}11 - 0{,}32 = 0{,}79 \text{ мм вод. ст.}$$

Для расчетов полученное давление можно округлить до 1 *мм* вод. ст. Это давление можно считать эквивалентным действию ветрового напора при скорости ветра 5 *м/сек*.

2. Результаты исследования воздухообмена

Данные о воздухообмене помещений в различных домах приведены в сводной табл. 60, из которой видно, что наибольшие средние воздухообмены получены **по крупнопанельному дому на Соколиной горе и по кирпичным домам Моссовета на Песчаной ул.**

Таблица 60

Воздухообмен помещений

Объект	Этаж	№ квартиры	Расположение	Ориентация	Δt	$t_н$	Направление ветра	Скорость ветра в *м/сек*	Кратность обмена
Соколиная гора, крупнопанельный дом	1	2	Угловая	СЗ-ЮЗ		—11,3	СЗ	2	1,04
	1	2	»	»		—8	З	3	1,19
	1	3	»	СЗ-СВ		—9,2	ЗЮЗ	3	1,31
	1	5	Промежуточная	СВ		—0,6	З	4	0,78
	1	6	Угловая	СВ-ЮВ		—11,6	ЮЗ	2	1,05
	1	6	»	»		—4,7	СЗ	2	0,9
	1	6	»	»		—11,4	СЗ	2	1,12
	2	13	Промежуточная	СВ		0,8	З	4	0,95
	2	14	Угловая	СВ ЮВ		—12,5	З	2	1,11
	3	19	»	СВ-СЗ		1,1	ЗЮЗ	3	1
	3	21	Промежуточная	СВ		0,9	З	4	0,74
	4	27	Угловая	СЗ-СВ		0,2	ЗЮЗ	3	1,75
	4	28	Промежуточная	СВ		1,2	ЗЮС	3	1,24
	4	30	Угловая	СВ-ЮВ		—11,6	ЮЗ	2	1,29
	4	30	»	»		—3,8	СЗ	2	0,93
	4	30	»	»		—11,1	З	2	1,45
			Среднее по дому			—5		2,7	1,19
Хорошевское шоссе, крупнопанельные дома	1	1			13,2		ЗСЗ	6	0,45
	2	4			21,3		З	5	0,69
	3	7			16,9		З	12	1,33
			Среднее по дому		17,1	1		7,7	0,82
Нижние Лихоборы, кирпичный дом	1	5	Угловая	СЗ-СВ		—7,6	СВ	1	0,69
	2	2	»	СЗ-ЮВ		—7,6	СВ	1	1,12
			Среднее по дому			—7,6		1	0,91
Дома Моссовета на Песчаной ул.	1	1	Промежуточная					0	0,8
	1	4	»				ЮЗ	3	1,35
	1	5	Угловая				ЮЗ	2	1,15
	5	13	»				СВ	4	1,35
			Среднее по домам					2,3	1,16

Продолжение табл. 60

Объект	Этаж	№ квартиры	Расположение	Ориентация	Δt	$t_н$	Направление ветра	Скорость ветра в *м/сек*	Кратность обмена
Дом Физического института Академии наук СССР (кирпичный)	4	36	Угловая	СВ-ЮВ	17,6		Ю	2	0,24
	4	36	»	СВ-ЮВ	13,8		Ю	3	0,26
	4	36	»	СВ-ЮВ	16,2		СЗ	2	0,38
	4	36	»	СВ-ЮВ	15,3		З	3	0,35
	4	36	»	СВ-ЮВ	14,9		ЮВ	3	0,84
			Среднее по дому		15,6			2,6	0,42
Щитовой дом АД5-1 в Болшеве	1	—			19,6		З	3	0,58
					20,1		СВ	3	0,81
					22,3		З	2	0,54
					14,9		ССВ	2	0,96
					7,6		ЮЮВ	2	0,73
					11,5		ВЮВ	3	1,57
			Среднее по дому		16			2,5	0,87
Щитовой дом в Болшеве ГВС-3	1	—			20		СВ	3	1,04
Щитовой дом в Болшеве ЦВД-2	1	—			30,3		ЮЮВ	2	0,41
					—0,6		ССЗ	1	0,19
			Среднее по дому		14,9			1,5	0,3

Причины весьма большого воздухообмена помещений в доме на Соколиной горе выяснены в п. 3 главы II. Особенно большой воздухообмен имеют угловые квартиры и комнаты: для них кратность равна в среднем 1,25, для промежуточных — 1,1, т. е. на 12% меньше. Средние значения воздухообмена по этажам приведены в табл. 61.

Наибольший воздухообмен зафиксирован в верхнем этаже, затем следуют нижние два этажа. В третьем этаже воздухообмен имеет наименьшее значение. В промежуточных комнатах воздухообмен меньше, чем в угловых. Все эти результаты согласуются с теоретическими положениями.

Таблица 61

Воздухообмен дома на Соколиной горе в Москве

Этажи	Угловые комнаты	Промежуточные комнаты	Средние по этажам
1	1,1	0,78	1,06
2	1,11	0,95	1,08
3	1	0,74	0,87
4	1,36	1,24	1,33

Воздухообмен в четвертом этаже совершается за счет нижерасположенных этажей, в чем можно убедиться, если составить баланс тепла.

В нижних этажах, наоборот, воздухообмен связан с большими теплопотерями; по ориентировочному подсчету угловые комнаты в первых этажах теряют за счет воздухообмена 40—45 *ккал/час*.

Воздухообмен заветренных помещений также совершается за счет помещений, находящихся на наветренной стороне. Очень ярким и показательным является тот факт, что в квартире № 30 в угловой комнате, ориентированной на юго-восток и северо-восток, в период с 12 часов 22 января по 12 часов 25 января при морозе в —14—15° из 72 час. форточки были открыты в течение 54 час., и при этом температура воздуха на высоте 10—15 *см* от пола удерживалась на уровне 15—19°. Совершенно понятно, что открытые форточки способствовали увеличению общего воздухообмена дома.

Данные о кратности воздухообмена в **домах Моссовета на Песчаной улице** получены при нулевых наружных температурах. При низкой наружной температуре и сильном ветре теплопотери воздухообменом настолько возрастают, что температурный режим становится ненормальным. Причина большого воздухообмена в этих домах заключается в большой воздухопроницаемости сопряжений оконных блоков с кладкой: 53% воздухообмена приходится на оконные переплеты, 44% дают сопряжения оконного блока с кладкой и 3% остается на долю наружных стен.

Воздухообмен **домов на Хорошевском шоссе** определялся при неуплотненных окнах. Воздухообмен верхних этажей осуществляется частично за счет отработанного воздуха первых этажей, поднимающегося вверх по различным путям; при этом воздух поднимается даже по прослойкам наружных стен (см. п. 3 главы II).

Небольшой воздухообмен дома **Физического института Академии наук СССР на Калужском шоссе** обусловлен только воздухопроницаемостью окон. Величина его зависит в первую очередь от направления ветра. Помещения, расположенные с на-

ветренной стороны, дают кратность воздухообмена, большую, чем помещения, находящиеся на заветренной стороне.

Как и в других подобных случаях, при определении воздухообмена особое положение занимает кухня. Вентиляционный канал засасывает в кухню воздух из остальных помещений квартиры. Поэтому при исследовании воздухообмена в случаях, когда напуск углекислоты производится во все помещения исследуемой квартиры, кажущийся воздухообмен кухни оказывается небольшим, а в некоторых случаях дает даже отрицательные значения.

В кирпичном доме в Нижних Лихоборах определения воздухообмена в квартире № 2 производились во время топки котла. Подсчеты показывают, что если исключить воздухообмен, обусловленный топкой, то окажется, что воздухообмен квартиры № 5 больше воздухообмена квартиры № 2. Так же, как в доме Физического института Академии наук СССР, воздухообмен в данном случае обусловлен воздухопроницаемостью оконных проемов.

Анализ данных о воздухообмене деревянного щитового дома АД5-1 (Болшево) показывает почти полную независимость его величины от направления ветра. В 1950 г. воздухообмен оказался значительно больше, чем в 1949 г., что объясняется, по-видимому, раскрытием швов в период эксплуатации.

О путях воздухообмена дает представление движение внутреннего воздуха и его температуры (рис. 76). При любом направлении ветра устанавливаются примерно одинаковые токи: от окон эркера по низу в кухню. Здесь воздух нагревается, поднимается и идет под потолком в обратном направлении. Таким образом, находящийся в кухне сильно нагретый котел поквартирного отопления вызывает интенсивный внутренний воздухообмен между комнатами.

Большой приток воздуха дает нижнее перекрытие. Непосредственные наблюдения показывают, что в кухне вертикальные токи воздуха, проникающие через щель в примыкании нижнего перекрытия к стене, поднимаются на 30—50 *см* от пола; температура воздуха над полом здесь на 5—9° ниже, чем в середине помещения. В комнатах также наблюдался приток холодного воздуха у плинтусов.

Табл. 62 показывает, что разности давлений между наружным и внутренним воздухом имеют со всех сторон здания положительные величины. Это говорит о том, что вертикальные ограждения дают только приток. Приток дает и нижнее перекрытие. Эксфильтрация осуществляется через чердачное перекрытие, причем основными путями для воздуха служат примыкания перекрытий к торцевым стенам и шахта в кухне, служащая коммуникацией для труб лучистого отопления.

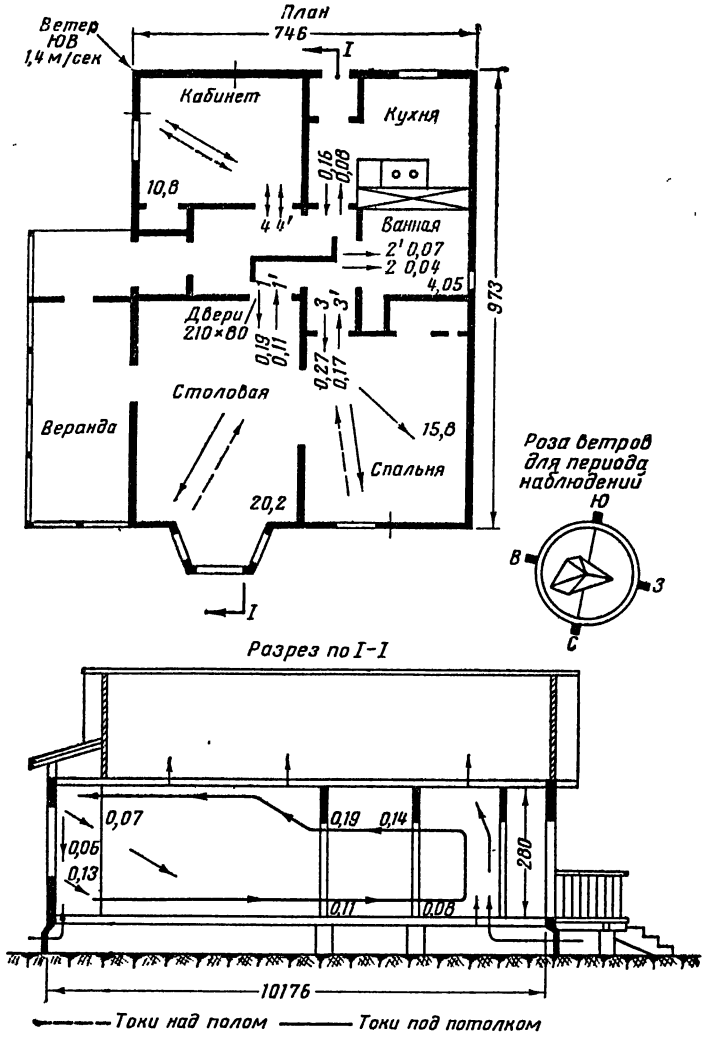


Рис 76. Движение воздушных потоков в щитовом доме АД5-1 (Болшево). Внутренний объем дома 195 *м*³; цифры около стрелок показывают скорость движения воздуха в *м/сек*

Температуры внутреннего воздуха и положение нейтральной зоны

№ точек	1	1'	2	2'	3	3'	4	4'	5	5'
$t_в$	16,8	13,0	17,6	12,8	16,6	12,2	17,0	13,0	18,4	13,2
Расстояние нейтральной зоны от пола в *см*	147		210		143		10—160		137	
$t_н$			−6°							

Таблица 62

Разности давлений между внутренним и наружным воздухом

Местонахождение точки замера	Разность давлений между наружным и внутренним воздухом в *мм* вод. ст. при направлении и скорости ветра		
	на запад $v = 2{,}08$ *м/сек*	на юго-восток $v = 2{,}90$ *м/сек*	на юго-юго-восток $v = 1{,}5$ *м/сек*
Восточная стена кабинета	+0,21	+0,26	+0,16
Южная стена кабинета	+0,4	+0,26	+0,2
Западная стена спальни	+0,54	+0,1	+0
Северная стена спальни	+0,16	+0	+0,1

Продуваемость дома АД5-1 оказалась настолько большой, что при сильных морозах и ветре температура $t_в$ понижалась до 5—6°, несмотря на максимальную форсировку котла.

Очень небольшой воздухообмен дома ЦВД-2 объясняется тем, что наблюдения были проведены при сравнительно слабом ветре, который притом дул либо в стену, защищенную верандой, либо в глухую стену.

Основной приток воздуха был через окна и сопряжения нижнего перекрытия со стеной, а также через стыки оконных коробок с обвязками оконных щитов. Вытяжка происходила через чердачное перекрытие, в частности, у примыкания к дымоходам.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

ЛЕТНИЕ НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Глава VIII

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ ОГРАЖДЕНИЙ И ПОМЕЩЕНИЙ В ЖАРКИХ КЛИМАТИЧЕСКИХ РАЙОНАХ

1. Условия, в которых находится здание в жарком климате

В зимнее время искусственный режим в доме поддерживается отопительной установкой, парализующей вредное влияние внешних температурных воздействий.

В летнее время положение дома принципиально отличается от зимнего: при отсутствии искусственного охлаждения дом находится всецело под влиянием внешних воздействий.

Эти последние слагаются из двух частей:

а) воздействия температуры воздуха $t_н$;

б) воздействия солнечного облучения, которое может быть выражено эквивалентной температурой $t_{экв}$. В качестве внешнего воздействия должна учитываться суммарная температура

$$t_{н.сумм} = t_н + t_{экв},$$

или, говоря о средних значениях,

$$t_{н.\,сумм.ср} = t_{н.\,ср} + t_{экв.ср}.$$

Для каждой из четырех наружных стен дома и для крыши, имеющих различную ориентацию и различное положение относительно небосвода, первая часть суммы, выражающей суммарную температуру, одинакова, второе же слагаемое зависит от ориентации и от положения ограждения и потому в каждом случае имеет различное значение.

В отличие от всех остальных ограждений цокольное перекрытие не подвержено воздействию второго слагаемого $t_{экв}$. Кроме того, в летнее время температура воздуха, омывающего снизу цокольное перекрытие, оказывается значительно ниже температуры воздуха, омывающего остальные наружные ограждения.

При достаточно постоянных средних температурах $t_{н.сумм}$ в течение достаточно продолжительного отрезка времени при отсутствии эксплуатационных тепловыделений и тепла, уловленного окнами, **в помещении устанавливается средняя температура** $t_{вср}$, **равная средней суммарной наружной температуре, неза-**

висимо от рода и теплозащитной способности наружных ограждений.

Теплоемкость ограждений сказывается только на периодических отклонениях температур от средней величины, уменьшающихся с увеличением теплоемкости.

Для здания в целом суммарная температура равна:

$$t_{\text{н.сумм}} = \frac{t'_{\text{н. сумм}} F' k'_0 + t''_{\text{н. сумм}} F'' k''_0 + \cdots}{F' k'_0 + F'' k''_0 + \cdots},$$

где $t'_{\text{н.сумм}}$, $t''_{\text{н.сумм}}$ и т. д. — суммарные температуры для каждого из ограждений;

F', F'' и т. д. — площади соответствующих ограждений;

k'_0, k''_0 и т. д. — коэффициенты теплопередачи каждого из ограждений.

Комбинируя различными способами величины k для ограждений, а именно, уменьшая k для более нагреваемых ограждений и, наоборот, увеличивая k для ограждений, находящихся под более слабыми внешними воздействиями, мы имеем возможность несколько понизить величину $t_{\text{н. сумм. ср.}}$, а следовательно, и величину $t_{\text{в.ср}}$, однако очень незначительно. Наибольшее снижение может дать цокольное перекрытие. Этот вопрос рассматривается ниже (см. п. 3).

Эквивалентная температура $t_{\text{экв}}$ выражается дробью $\frac{pJ}{\alpha_{\text{н}}}$,

где J — напряжение солнечного облучения данной поверхности;

p — коэффициент поглощения, равный $1-A$, где A — альбедо, выраженное в долях единицы;

$\alpha_{\text{н}}$ — коэффициент теплоперехода, зависящий от скорости и направления ветра, но принимаемый обыкновенно для расчетов равным 20 *ккал/м² час град*.

Для получения среднесуточной эквивалентной температуры следует вместо напряжения солнечного облучения в *ккал/м²* подставить **полное суточное облучение** поверхности (за 24 часа) и ввести в знаменатель дополнительный множитель — 24.

На рис. 77 показана автоматическая запись солнечного облучения горизонтальной поверхности и четырех вертикальных поверхностей, полученная в 1952 г. в Бухаре.

На рис. 78 обращает внимание полное равенство сумм рассеянной и отраженной радиации для всех вертикальных поверхностей ($J_{\text{о.р}}$). Благодаря этому из суммарной радиации легко получить для любого момента величину прямой радиации.

В результате девятидневных наблюдений запись получена по 16 румбам (рис. 78).

Примечательной особенностью рассеянной и отраженной радиации, падающей на вертикальные поверхности, является ее большой удельный вес в общей величине суммарной радиации,

значительно больший, чем для радиации, падающей на горизонтальную поверхность.

До настоящего времени облучение вертикальной поверхности принималось равным сумме прямого облучения плюс половина рассеянной радиации, падающей на горизонтальную поверхность. Половина рассеянной радиации на горизонтальную поверхность бралась на том основании, что горизонтальная поверхность «видит» небесный свод полностью, а всякая вертикальная поверхность — только его половину.

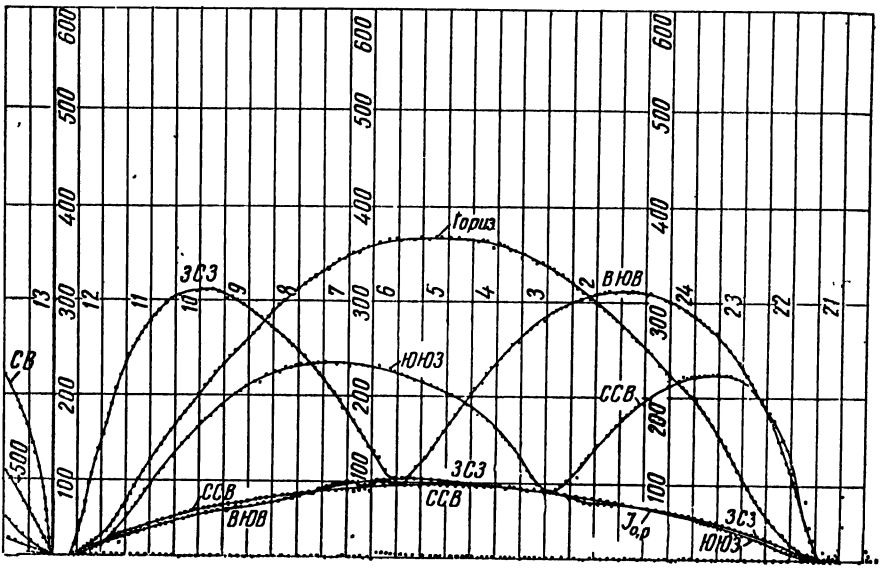


Рис. 77. Автоматическая запись солнечного облучения горизонтальной и 4 вертикальных поверхностей

Проведенные в Ашхабаде и Бухаре радиационные наблюдения показали, что вертикальная поверхность «видит» не только половину небесного свода, но и половину земли. Альбедо земли значительно больше условного альбедо неба. Поэтому к рассеянной радиации, исходящей от небесного свода, добавляется слагаемое — отраженная радиация от земли, в 3—4 раза превышающая слагаемое, даваемое рассеянной радиацией. При этом отраженная радиация совершенно не зависит от положения вертикальной поверхности относительно стран света.

В условиях городской застройки в южных городах, где дома и заборы окрашены преимущественно белой краской, нижняя часть небосвода загораживается от исследуемой вертикальной поверхности стенами домов и заборами, имеющими альбедо, в несколько раз превышающее условное альбедо небосвода

(альбедо белой поверхности — 70%). Это еще более увеличивает суммарную радиацию и может значительно изменять соотношения суммарного облучения различно ориентированных поверхностей.

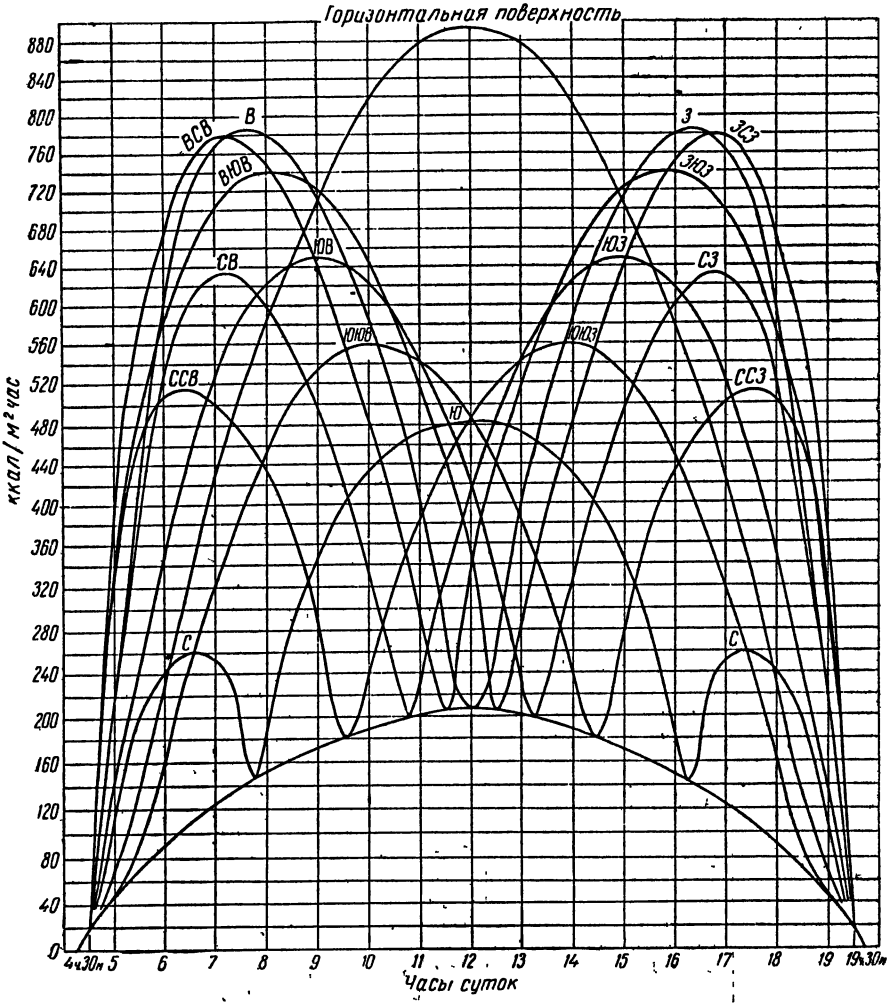


Рис. 78 Изменение солнечного облучения горизонтальной и 16 вертикальных поверхностей

Для вычисления эквивалентных температур необходимо, как уже было показано, знать величину коэффициента поглощения p или значение альбедо A. В табл. 63 приведены значения альбедо, полученные при проведении наблюдений в Кишиневе, Раменском, Ереване, Ашхабаде, Ташкенте и Бухаре.

Таблица 63

Альбедо различных поверхностей

Род поверхности	Материал, обработка	Состояние поверхности	Цвет	Альбедо
Стена	Деревянная некрашеная	Новая	Желтый	40,8
»	Деревянная крашеная	»	Темножелтый	27,5
»	То же	»	Светложелтый	40
»	»	»	Зеленый	27,4
»	»	Грязная	Бирюзовый	41,7
»	Кирпичная под штукатурку	Неровная	Желтый	35,2
»	Оштукатуренная	Свежая	Белый	71
»	»	Новая	Розовый	50
»	»	Гладкая	Светлорозовый	57,1
»	»	»	Светложелтый	52,7
»	»	»	Светлоголубой	44,2
»	»	Новая	Темносерый	24,3
»	Котелец оштукатуренный	»	Светлосерый	47,7
»	Гипсосмол	»	Темносерый	42,7
»	Бетон	Гладкая	»	26,8
»	Железо	Ржавая	Бурый	25,1
»	Артикский туф	Шероховатая	Розовый	42
»	» »	Тесаная	Розово-фиолетовый	39,4
»	» »	»	Красно-коричневый	32,5
»	» »	»	Розовый	42,3
»	» »	»	Темнорозовый	30,7
»	» »	Шероховатая	Грязнорозовый	24
»	Колагеранский туф	Тесаная	Темнорозовый	26,5
»	» »	»	Кремово-розовый	44,9
»	Аринджский туф	»	Красный	25,1
»	Айрумский туф	»	Голубоватый	51,6
»	» »	»	Желтовато-кремовый	49,4
»	Анийский туф	»	Желтовато-коричневый	38,7
Цоколь	Гранит	Полированная	Серый	15,9
»	Базальт	Грубоколотая	»	18,8
»	»	Тесаная	»	25
»	Капутанский базальт	»	Серо-голубой	38,4
»	Базальт	Грубой тески	Темносерый	14,7
»	Трахит	Чистой тески	Голубоватый	31,5
Кровля	Черепица	Новая	Светлокрасный	41,6
»	»	»	Яркокрасный	43,9
»	Волнистая асбофанера	»	Серый	38,5
»	Рубероид	»	»	27,8
»	»	»	Черный	14
»	Толь	»	Черный, блестящий	20

Продолжение табл. 63

Род поверхности	Материал, обработка	Состояние поверхности	Цвет	Альбедо
Остекление	Стекло оконное	Крашеная	Синий	33,7
»	» »	»	Белый	60
Тротуар	Асфальт	Гладкая	Серый	18,5
»	Земля	»	Серо-желтый	37
Зелень	Декоративная зелень	Свежая	Зеленый	23
»	Дикий виноград	»	»	30
»	Трава короткая	Запыленная	Желто-зеленый	24,5

На рис. 79 показаны суммарные температуры для различно ориентированных поверхностей, полученные в результате бухарских наблюдений. При построении кривых эквивалентных температур принимались значения альбедо, в действительности замеренные для соответствующих ограждений.

2. Сквозное затухание наружных суммарных температур в ограждениях

В п. 1 указано, что $t_{н.\,сумм.\,ср.} = t_{в.ср}$ независимо от теплозащитной способности ограждений. В то же время температурные колебания в помещении зависят от теплоемкости ограждений: чем больше теплоемкость, тем меньше колебания.

На последующих рисунках показаны термоизоплеты для различных ограждений, изображенных на рис. 80. Термоизоплеты построены по средним температурным данным, полученным при проведении наблюдений в Кишиневе и Бухаре.

Термоизоплеты представляют собой изотермы во времени. По оси абсцисс отложены часы, по оси ординат — толщины слоев ограждения. Термоизоплеты дают возможность определять распределение температур в рассматриваемом сечении в любой момент.

На рис. 81 представлены термоизоплеты для трех примерно одинаково ориентированных стен: щитовой деревянной, засыпной гипсосмолой и котельцовой (тип известняка-ракушечника). Теплотехнические характеристики этих стен приведены в табл. 64.

Таблица 64

Теплотехнические характеристики стен

Элементы характеристики	Щитовая	Гипсосмоловая	Котельцовая
Общее сопротивление теплопередаче в *град м² час/ккал*	2,67	1,1	1,04
Теплоемкость 1 *м²* стены в *ккал/град*	25,5	49,6	181,2
Полная толщина стены в *см*	15,2	20	55
Вес 1 *м²* стены в *кг*	51,1	236	825

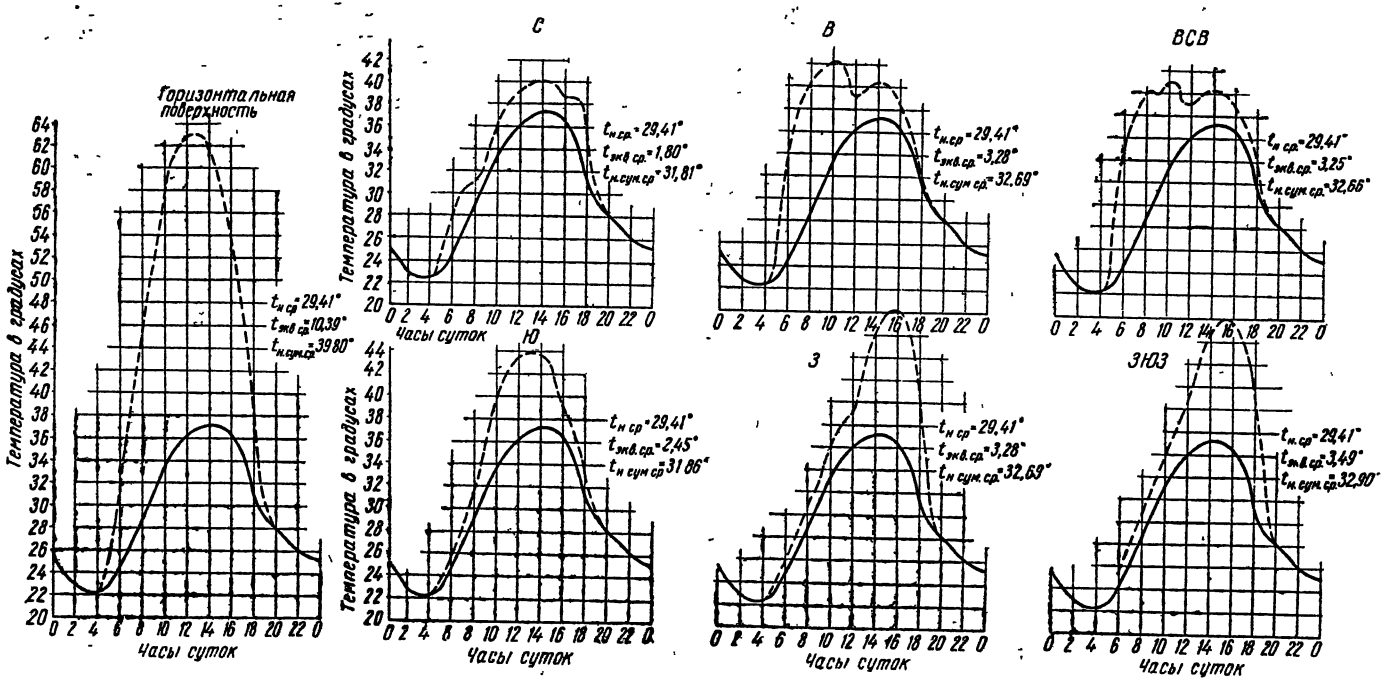


Рис. 79. Суммарные температуры для горизонтальной и некоторых вертикальных поверхностей (Бухара)
С — вертикальная поверхность, ориентированная на север; Ю — на юг, В — на восток; З — на запад; ВСВ — на востоко-северо-восток; ЗЮЗ — на западо-юго-запад

Малая теплоемкость деревянной щитовой стены при малой температуропроводности составляющих ее материалов является причиной высоких температур $t_н$ в часы наибольшего нагрева (на наружной поверхности юго-восточной стены — 39,06°).

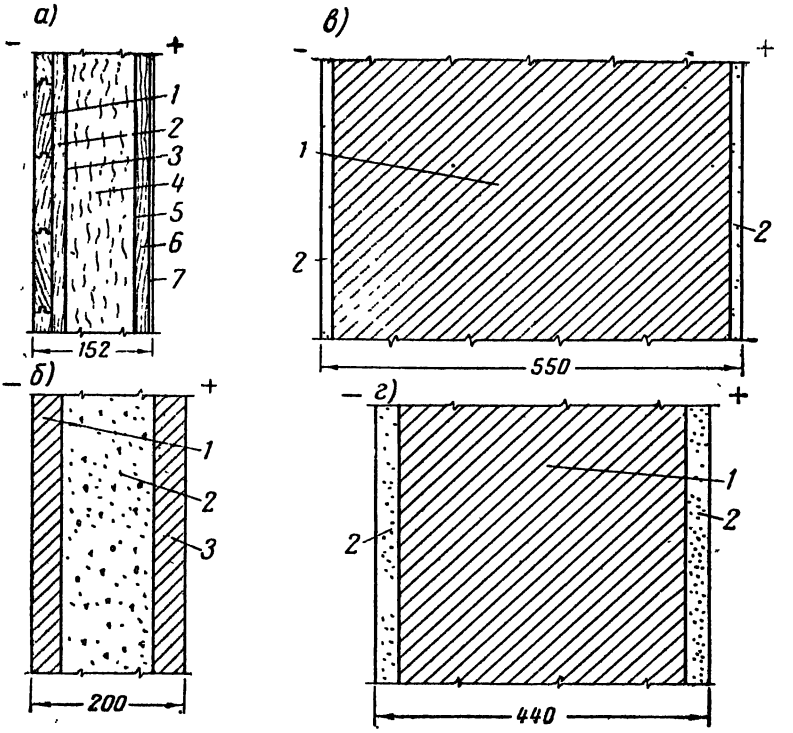


Рис. 80. Конструкции опытных домов

а—щитовая деревянная стена: *1*—деревянная обшивка 22 *мм*; *2*—деревянная обшивка 15 *мм*; *3*—толь; *4*—стеклянная вата 96 *мм*; *5*—толь; *6*—деревянная обшивка 15 *мм*; *7*—жесткая древесноволокнистая плита 4 *мм*; *б*—гипсосмоловая засыпная стена; *1*—гипсосмол 40 *мм*; *2*—шлак 120 *мм*; *3*—гипсосмол 40 *мм*; *в*—стена из естественного камня; *1*—котелец (известняк-ракушечник); *2*—штукатурка 15 *мм*; *г*—стена в 1,5 кирпича: *1*—кладка в 1,5 кирпича 380 *мм*, *2*—штукатурка 30 *мм*

Из рис. 81 видно, что деревянная и гипсосмоловая стены имеют ряд сквозных изотерм (что указывает на прямое и непосредственное влияние колебаний наружных температур на $\tau_в$ и $t_в$). Котельцовая стена сквозных изотерм не имеет, несмотря на то, что ее R_0 в 2,6 раза меньше R_0 деревянной стены.

Следует обратить внимание на роль толевых прокладок в деревянной стене, отделяющих стеклянную вату от внутренней и наружной деревянных обшивок. Эти прокладки задерживают ход изменения температур значительно энергичнее, чем это

можно было бы ожидать по теплоемкости и термическому сопротивлению слоев.

На рис. 82 показаны максимальные и минимальные температуры по слоям, полученные как средние из непосредственных замеров.

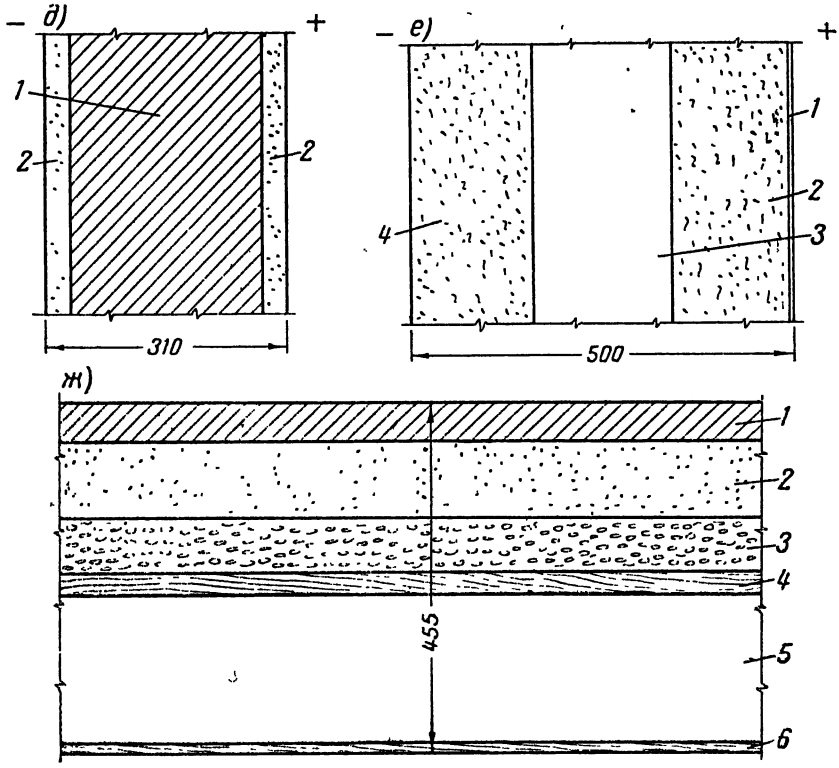


Рис. 80

д—одинарный каркас с заполнением сырцовым кирпичом: *1*—один кирпич из сырца 250 *мм*; *2*—штукатурка 30 *мм*; *е*—двойной каркас с заполнением глиной: *1*—ганч 5 *мм*; *2*—глина 155 *мм*; *3*—воздушная прослойка 180 *мм*; *4*—глина 155 *мм*; *ж*—плоская земляная крыша: *1*—кирпич 50 *мм*; *2*—земля 100 *мм*; *3*—камыш 75 *мм*; *4*—доски 25 *мм*; *5*—воздушная прослойка 200 *мм*; *6*—фанера

В табл. 65—67 приведены теплотехнические характеристики стен по слоям, а также сопоставлены затухания по слоям и ограждению в целом, полученные непосредственно из замеров и вычисленные по формулам А. М. Шкловера [1]:

$$\nu_{скв} = \frac{\sum Rs}{e^{\sqrt{2}}} \cdot \frac{\mu_1 s_1 + \alpha_в}{s_1 + Y_1} \cdot \frac{s_2 + Y_1}{s_2 + Y_2} \cdot \ldots$$

[1] А. М. Шкловер, Теплоустойчивость зданий, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, М., 1952.

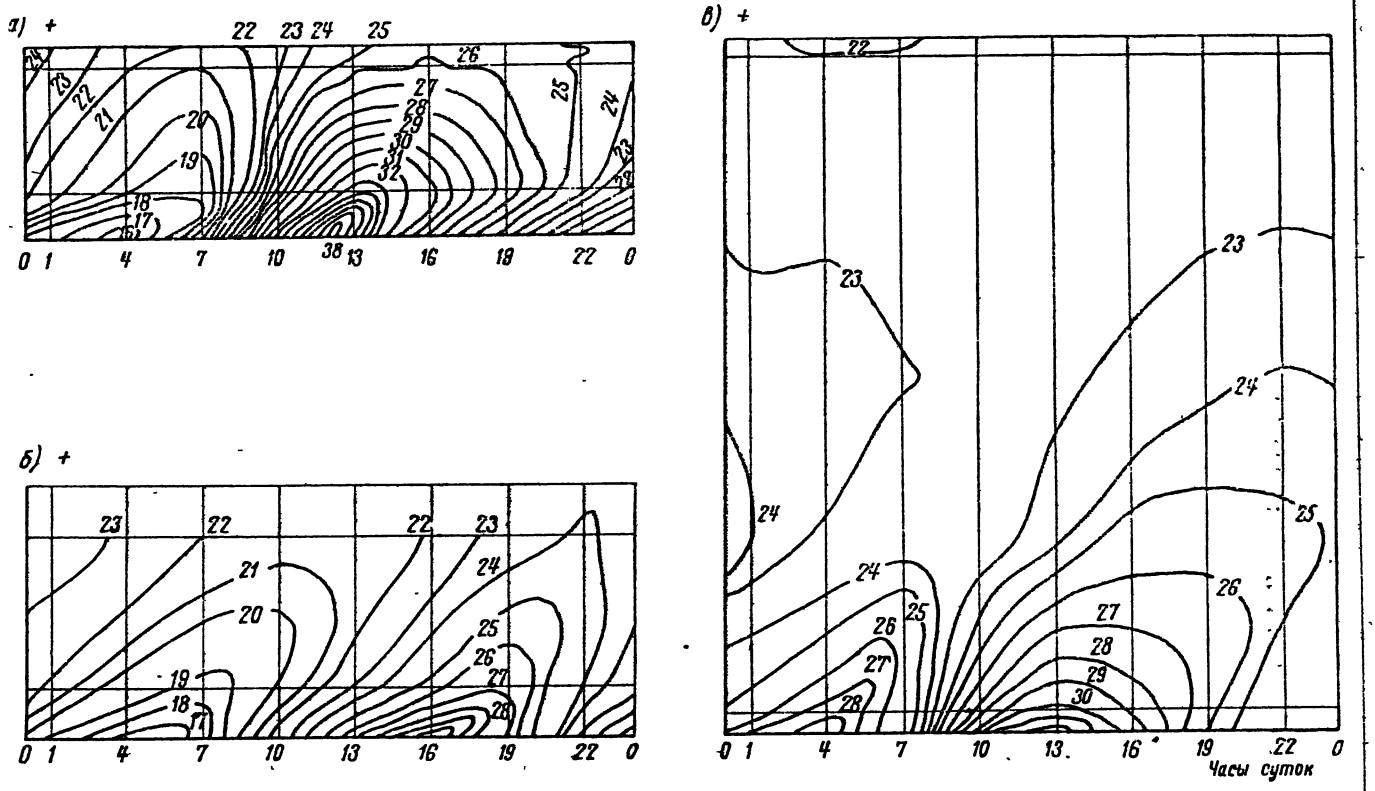


Рис. 81. Термоизоплеты для трех одинаково ориентированных стен
а—щитовой деревянной; *б*—гипсосмоловой, *в*—из естественного камня

$$\ldots \frac{s_в + Y_{n-1}}{s_n + Y_n} \cdot \frac{\mu_n (Y_n - \alpha_н)}{\alpha_н}$$

и для затухания в любом слое ограждения

$$\nu_к = e^{\frac{R_к s_к}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{s_к + Y_{к-1}}{s_к + Y_к},$$

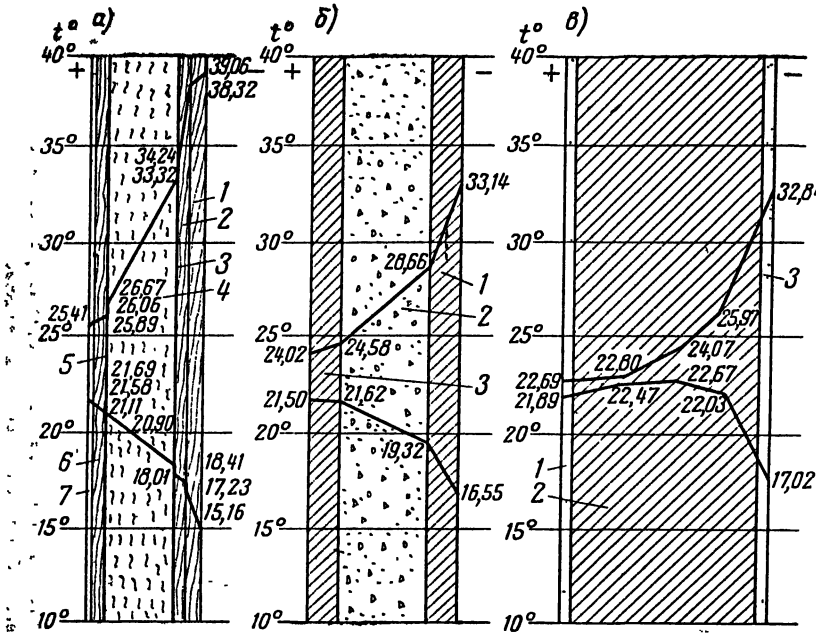


Рис. 82. Максимальные и минимальные температуры по слоям стен *а*—щитовой деревянной: *1*—деревянная обшивка 22 *мм*; *2*—деревянная обшивка 15 *мм*; *3*—толь; *4*—стеклянная вата 96 *мм*; *5*—изоляционная бумага; *6*—деревянная обшивка 15 *мм*; *7*—жесткая древесноволокнистая плита 4 *мм*; *б*—гипсосмоловой: *1*—гипсосмол 40 *мм*; *2*—шлак 120 *мм*; *3*—гипсосмол 40 *мм*; *в*—из естественного камня: *1*—внутренняя штукатурка 15 *мм*; *2*—котелец 520 *мм*, *3*—наружная штукатурка 15 *мм*

где μ — поправочный коэффициент,

s — коэффициент удельного теплоусвоения материала в *ккал/м² час град*, принимаемый из таблиц, Y — коэффициент теплоусвоения поверхности, через которую вступает тепловая волна в слой, в *ккал/м² час град*.

Y равен s в том случае, если слой толстый, т. е. $Rs \geqslant 1$.

При расчете $\alpha_в$ было принято в формуле равным нулю, т. е. предполагалось, что $\tau_в = t_в$, что на самом деле не имело места. Последний множитель формулы был принят равным единице, поскольку определялось лишь затухание от поверхности к поверхности. Не были также учтены воздушные зазоры между

Таблица 65

Деревянный дом (юго-восточная стена)

Элементы характеристики	Жесткий оргалит	Дощатая обшивка	Стеклянная вата	Дощатая обшивка	Дощатая обшивка	Всего
Толщина в *м*	0,004	0,015	0,096	0,015	0,022	0,152
Коэффициент теплопроводности λ	0,2	0,15	0,05	0,15	0,15	—
Удельная теплоемкость *c*	0,35	0,6	0,2	0,6	0,6	—
Объемный вес γ	700	560	200	560	560	—
Термическое сопротивление *R*	0,02	0,1	1,92	0,1	0,147	2,287
Коэффициент теплоусвоения *s*	3,57	3,6	0,72	3,6	3,6	—
Rs	0,07	0,36	1,38	0,36	0,53	2,7
Коэффициент теплоусвоения *У*	0,27	1,31	0,72	1,87	2,95	—
$e^{\frac{\Sigma Rs}{\sqrt{2}}}$	6,75	6,45	5	1,68	1,46	—
Затухание ν расчетное	4,73	4,84	5,1	1,25	1,23	—
Затухание ν фактическое	6,26	5,54	4,83	1,47	1,13	—
Расхождение в % от расчетного	+22,3	+8,4	—5,3	+17,6	—8,1	—

Таблица 66

Гипсосмоловый дом (юго-восточная стена)

Элементы характеристики	Гипсосмол	Шлак	Гипсосмол	Всего
Толщина в *м*	0,04	0,12	0,04	0,2
Коэффициент теплопроводности λ	0,18	0,25	0,18	—
Удельная теплоемкость *c*	0,19	0.18	0,19	—
Объемный вес γ	700	1000	700	—
Термическое сопротивление *R*	0,22	0,48	0,22	0,92
Коэффициент теплоусвоения *s*	3	3,42	3	—
Rs	0,66	1,64	0,66	—
Коэффициент теплоусвоения *У*	1,98	3,42	3,09	2,96
$e^{\frac{\Sigma Rs}{\sqrt{2}}}$	8,17	5,1	1,6	—
Затухание ν расчетное	4,08	4,18	1,68	
Затухание ν фактическое	6,58	5,6	1,78	
Расхождение в % от расчетного	+60,9	+32,4	+6	

жестким оргалитом и внутренней обшивкой, между толем и стеклянной ватой, между стеклянной ватой и первой наружной обшивкой, между первой и второй наружными обшивками. При учете четырех воздушных зазоров расчетное сквозное затухание, как показывают подсчеты, оказалось бы равным 5,33 вместо 4,73.

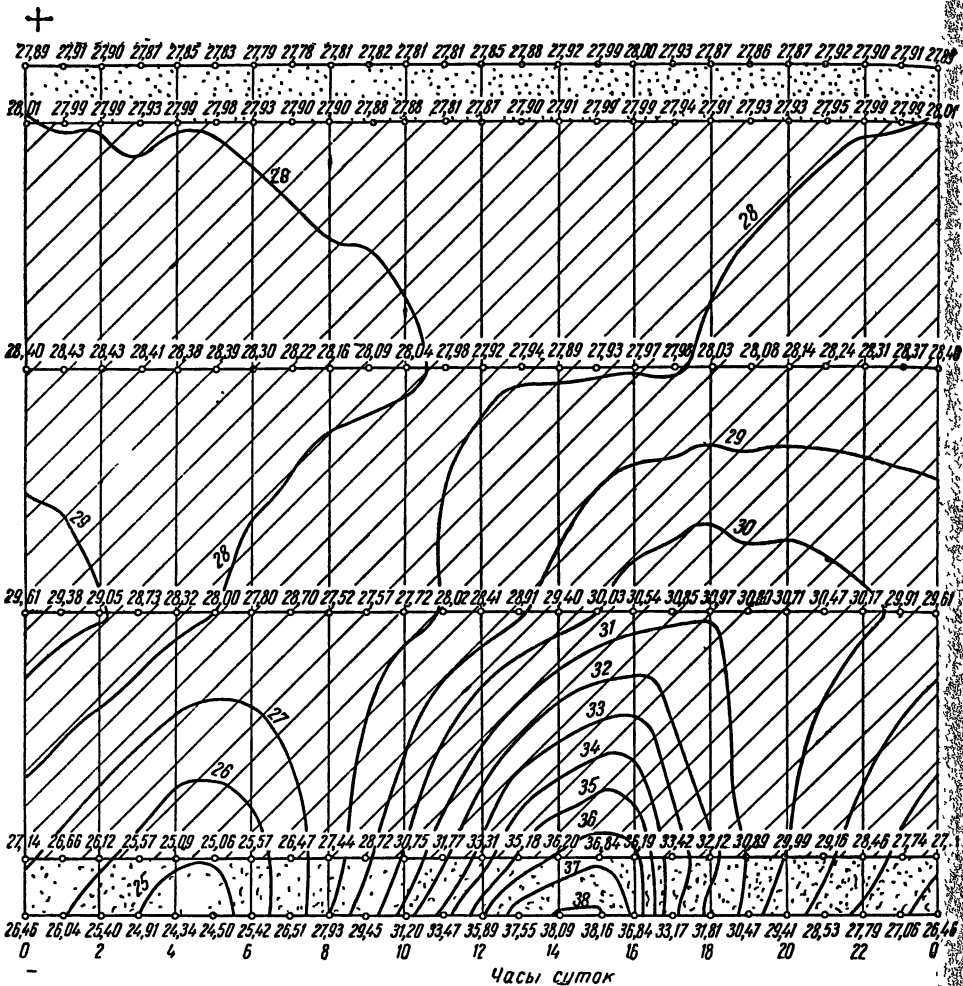


Рис. 83а. Термоизоплеты для стены в 1,5 кирпича

Расхождения обусловлены неравенством $t_в$ и $\tau_в$ и непостоянством погоды, сказавшейся на теплоустойчивом ограждении больше, чем на легком деревянном.

Термоизоплеты, полученные из наблюдений в Бухаре (рис. 83), построены для теплоустойчивых ограждений. Здесь отсутствуют сквозные изотермы. На рис. 84 показаны максимальные и минимальные температуры по слоям стен, полученные как средние из непосредственных замеров.

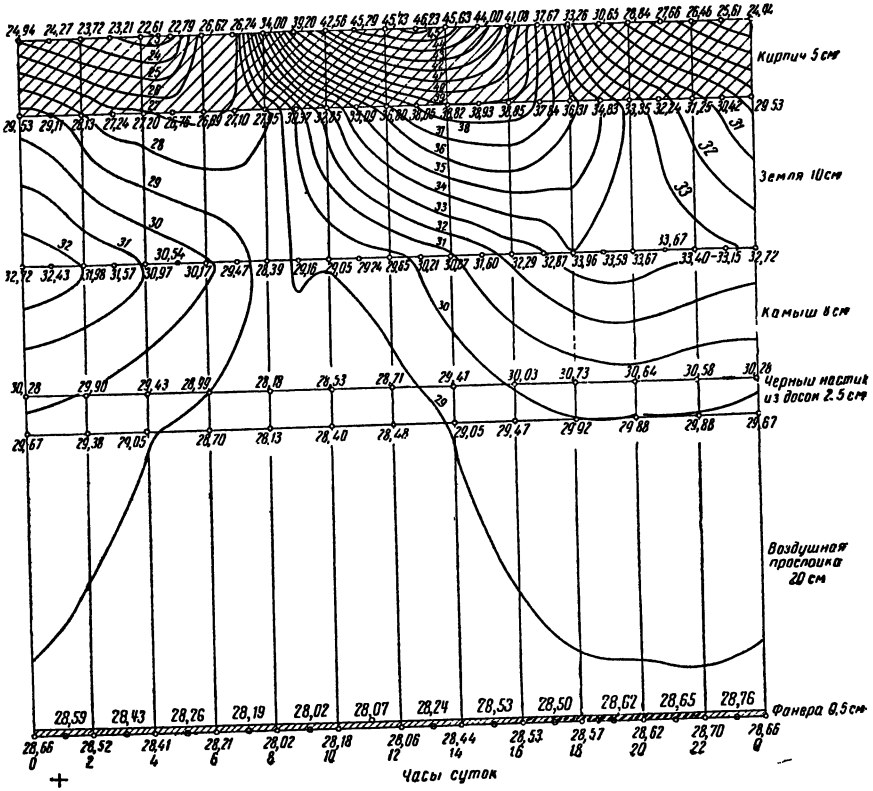


Рис. 83б Термоизоплеты для плоской крыши

Характер кривых на рис. 84 показывает с несомненностью, что колебания температур на внутренней поверхности, а также в слоях, ближайших к ней, обусловлены не только колебаниями температур на наружной поверхности стены, но и воздухообменом, имеющим место вследствие проникания воздуха в помещение через различные щели и неплотности. В стене с двойным каркасом воздушная прослойка не разобщена в достаточной мере с внутренним и наружным воздухом.

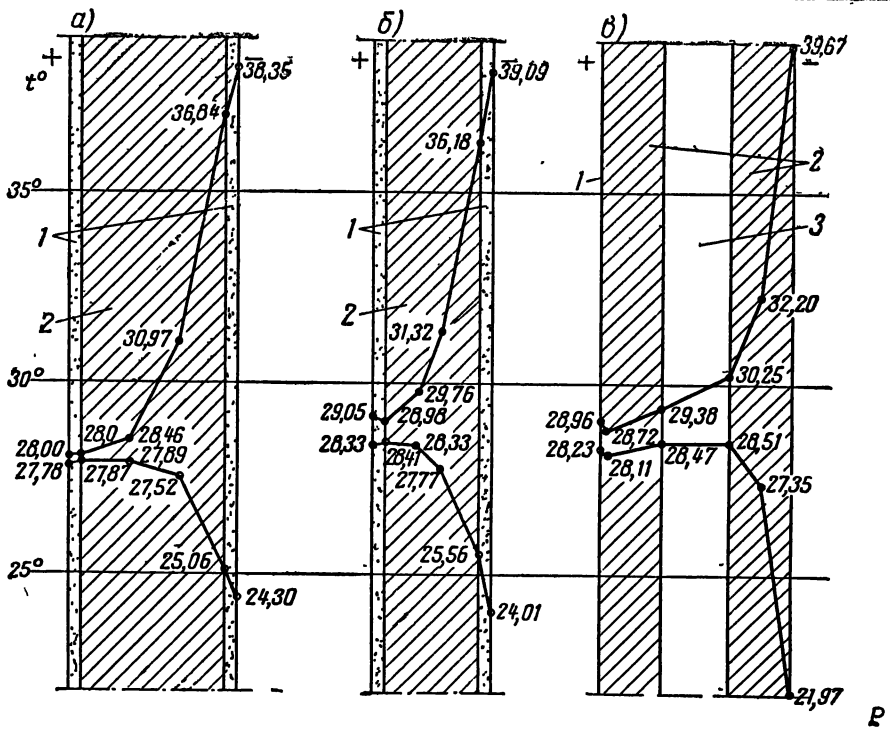


Рис. 84. Максимальные и минимальные температуры по слоям стен

а—стена в 1,5 кирпича: *1*—внутренняя и наружная штукатурка 30 *мм*; *2*—кирпичная кладка 380 *мм*; *б*—стена с одинарным каркасом: *1*—внутренняя и наружная штукатурка; *2*—кирпич-сырец 250 *мм*; *в*—стена с двойным каркасом: *1*—ганч (гипс) 5 *мм*; *2*—кирпич-сырец по 150 *мм*; *3*—воздушная прослойка 180 *мм*

Таблица 67

Котельцовый дом (юго-восточная стена)

Элементы характеристики	1-й слой	2-й слой	3-й слой	4-й слой	Всего
Толщина в $м$	0,1375	0,1375	0,1375	0,1375	0,55
Коэффициент теплопроводности λ	0,6	0,6	0,6	0,6	—
Удельная теплоемкость c	0,22	0,22	0,22	0,22	—
Объемный вес γ	1500	1500	1500	1500	—
Термическое сопротивление R	0,23	0,23	0,23	0,23	0,92
Коэффициент теплоусвоения s	7,18	7,18	7,18	7,18	—
Rs	1,65	1,65	1,65	1,65	6,6
$\frac{\Sigma Rs}{\sqrt{2}}$	107,86	33,45	10,38	3,22	—
Затухание ν расчетное	53,93	33,45	10,38	3,22	
Затухание ν фактическое	19,78	47,94	11,3	4,02	
Расхождение в % от расчетного	—63,3	+43,3	+8,9	+21,7	

3. Среднесуточные температуры в помещении. Роль пола первого этажа

При отсутствии эксплуатационных тепловыделений и тепла, уловленного окнами, средняя температура воздуха в помещении должна равняться средней суммарной температуре $t_{н.\,сумм.\,ср.}$ для рассматриваемого помещения.

В качестве иллюстрации этого положения приводится сопоставление фактически замеренных среднесуточных температур воздуха в угловой опытной комнате деревянного щитового дома в Кишиневе с расчетной температурой, определенной на основе наружных суммарных температур. Последние получены непосредственными температурными, радиационными и альбедометрическими замерами, за исключением величины $\alpha_н$, принятой равной 20 *ккал/м² час град*. Окно в комнате было в течение круглых суток закрыто наружными ставнями с жалюзи в верхней части. Исходные данные приведены в табл. 68.

Средняя температура $t_{в.ср}$ определяется расчетом по формуле

$$t_{в.ср} = \frac{K_0' F' t_{н.сумм}' + K_0'' F'' t_{н.\,сумм}'' + \cdots}{K_0' F' + K_0'' F'' + \cdots} =$$

$$= \frac{0{,}37 \cdot 7{,}1 \cdot 26.44 + 0{,}62 \cdot 10{,}1 \cdot 24{,}36 + 1{,}24 \cdot 17{,}2 \cdot 23{,}24 + 0{,}87 \cdot 9{,}8 \cdot 22{,}19 + 0{,}80 \cdot 9{,}8 \cdot 19{,}65}{0{,}37 \cdot 7{,}1 + 0{,}62 \cdot 10{,}1 + 1{,}24 \cdot 17{,}2 + 0{,}87 \cdot 9{,}8 + 0{,}80 \cdot 9{,}8} = 22{,}8°.$$

Таблица 68

Величины, положенные в основу расчета

Ограждение	Суммарная температура	Общий коэффициент теплопередачи K_0	Площадь ограждения в $м^2$
Наружная юго-восточная стена . .	26,44	0,37	7,1
Наружная северо-восточная стена .	24,36	0,62	10,1
Две перегородки	23,24	1,24	17,2
Верхнее перекрытие	22,19	0,87	9,8
Нижнее перекрытие	19,65	0,8	9,8

Фактическая температура воздуха в помещении на горизонте +150 по непосредственным замерам $t_{в.ср} = 23{,}74°$, т. е. на 0,94° выше расчетной, что говорит о хорошем совпадении.

При отсутствии в помещении нижнего перекрытия можно считать с достаточной степенью приближения, что температура в нижерасположенном помещении была бы такой же, как в рассматриваемом помещении. В этом случае в числителе и знаменателе приведенной выше дроби выпадают слагаемые, относящиеся к нижнему перекрытию. Подсчет показывает, что в этом случае $t_{в.ср}$ оказалась бы равной 23,4°, т. е. на 0,6° выше, чем в предыдущем случае.

На рис. 85 показаны среднесуточные термоизоплеты по центральной вертикали опытной комнаты дома в Кишиневе.

Вертикальность ряда изотерм указывает не только на одинаковый по высоте помещения, но и равномерный ход изменения температур воздуха. В зоне нижнего и верхнего перекрытий параллельные горизонтальные участки изотерм указывают на постоянство тепловых потоков, проходящих через эти ограждения в соответствующие промежутки времени.

В верхнем перекрытии после ночного похолодания, в период которого, как показывает расположение изотерм, тепловые потоки направлены из помещения, начинается повышение температур. Из горизонтального положения изотермы переходят в положение вертикальное. В следующий период, начинающийся приблизительно в 9 часов, изотермы располагаются в обратном порядке, чем в ночные и в ранние утренние часы. Их расположение показывает, что через верхнее перекрытие тепловые потоки направлены уже в помещение. После 18 часов происходит снова охлаждение верхнего перекрытия.

Совершенно иную картину показывает нижнее перекрытие. В течение круглых суток термоизоплеты в основном приближаются к горизонтальному положению, располагаясь сверху вниз в нисходящем порядке. Особенно мало колеблются температуры на нижней поверхности перекрытия, температуры воздуха подполья и температуры на поверхности земли.

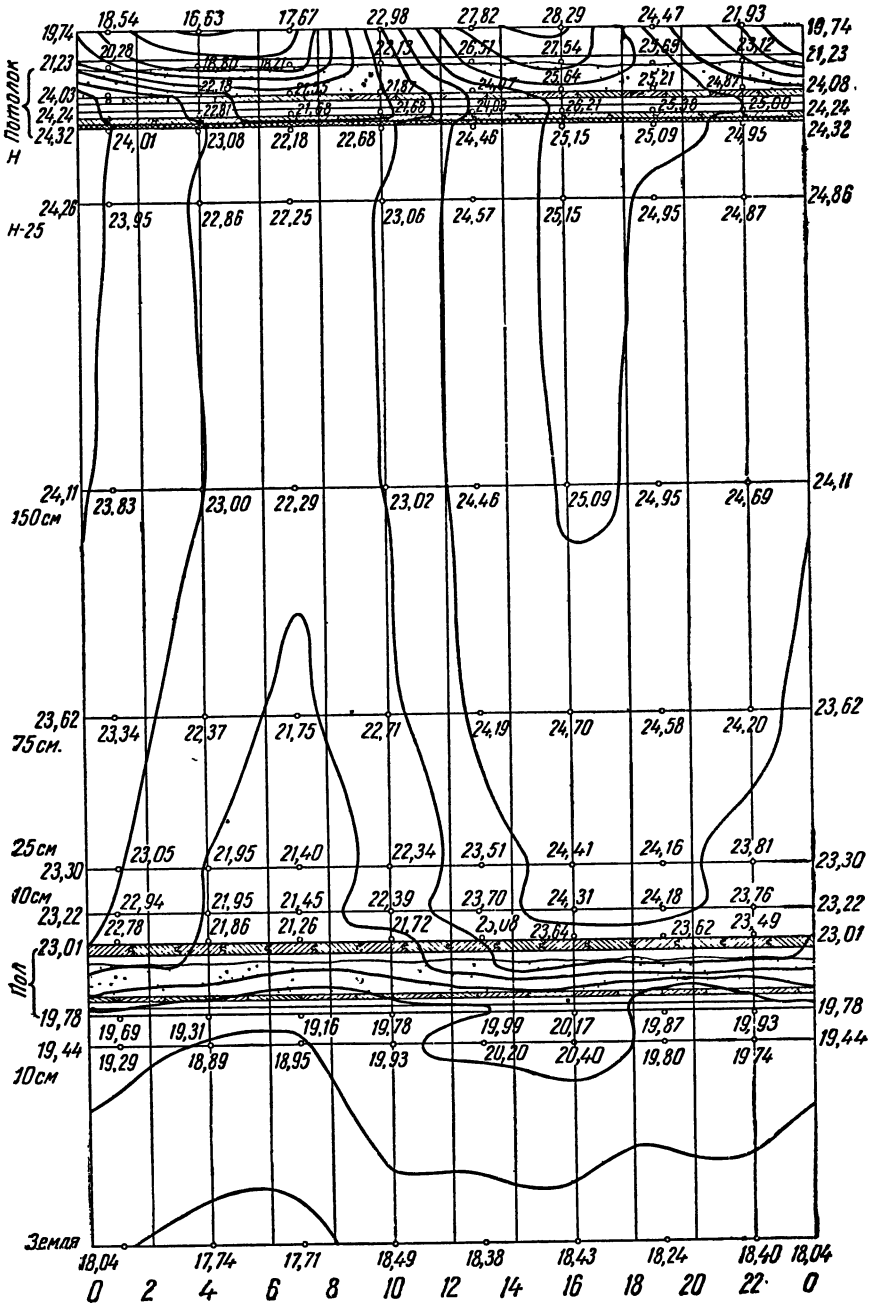


Рис. 85. Среднесуточные термоизоплеты по центральной вертикали опытной комнаты щитового дома в Кишиневе

Интересно сравнение средних и максимальных температур почвы на открытом месте и под домом. На рис. 86 показаны полученные по замерам температуры почвы под деревянным щитовым домом в Кишиневе и под таким же домом в Ашхабаде, а также температуры почвы на оголенной поверхности за те же периоды по данным кишиневской и ашхабадской физических обсерваторий. Из рисунка видно, что, во-первых, колебания температур почвы даже под таким небольшим в плане домом, как исследованный, во много раз меньше колебаний температур почвы под открытым небом, во-вторых, что средние температуры почвы под открытым небом выше средних температур воздуха, в то время как средние температуры почвы под домом значительно ниже средних температур воздуха. Очевидно, что в течение летних месяцев почва под домом не успевает еще сильно прогреться, и, таким образом, **подполье дома служит резервуаром, систематически поглощающим тепло.**

Таких наблюдений для Ташкента и Бухары нет, но для них имеются данные о распределении температур в почве на разных глубинах.

Из табл. 69 видно, что средняя минимальная температура почвы ниже абсолютного температурного минимума воздуха. Это является следствием ночного излучения. Такие же явления были обнаружены и в отношении наружных ограждений при проведении наблюдений в Ташкенте и Ашхабаде при малой влажности воздуха в безоблачные ночи.

Таблица 69

Температуры почвы на оголенной поверхности и на разных глубинах в Ташкенте за июль 1948 г.

Горизонтальная поверхность	Температуры почвы							Температуры воздуха				
	Часы замеров				$\tau_{ср}$	$\tau_{макс}$	$\tau_{мин}$	$t_{ср}$	$t_{ср.\ макс}$	$t_{ср.\ мин}$	$t_{абс.\ макс}$	$t_{абс.\ мин}$
	1	7	13	19								
0 *см*	19,6	26,3	63,4	33,6	35,5	69,6	12,9	28,1	36,9	18,9	41,8	13,6
— 5 „	30,7	27	41,1	40,5	34,8	—	24,8					
—10 „	32,8	28,9	30	39,3	34,3	41,3	27					
—15 „	34,2	31,5	32,3	36,2	33,6	37,4	30,2					
—20 „	33,9	31,7	31,5	34,7	33	35,8	30,4					
—40 „	33,5	32,9	32,9	33,5	33,2	34,7	31,4					
—80 „	—	—	30	—	—	31,1	28					

Максимальная температура почвы за период, показанный в табл. 70, по срочным замерам была 69,5°, минимальная +15,4°.

Обращаясь к рис. 85, можно подсчитать, что средняя температура пола равна 22,68°, нижней поверхности нижнего перекрытия — 19,74°, температура же воздуха в помещении на расстоянии 10 *см* от пола равна 23,09°. Следовательно, температур-

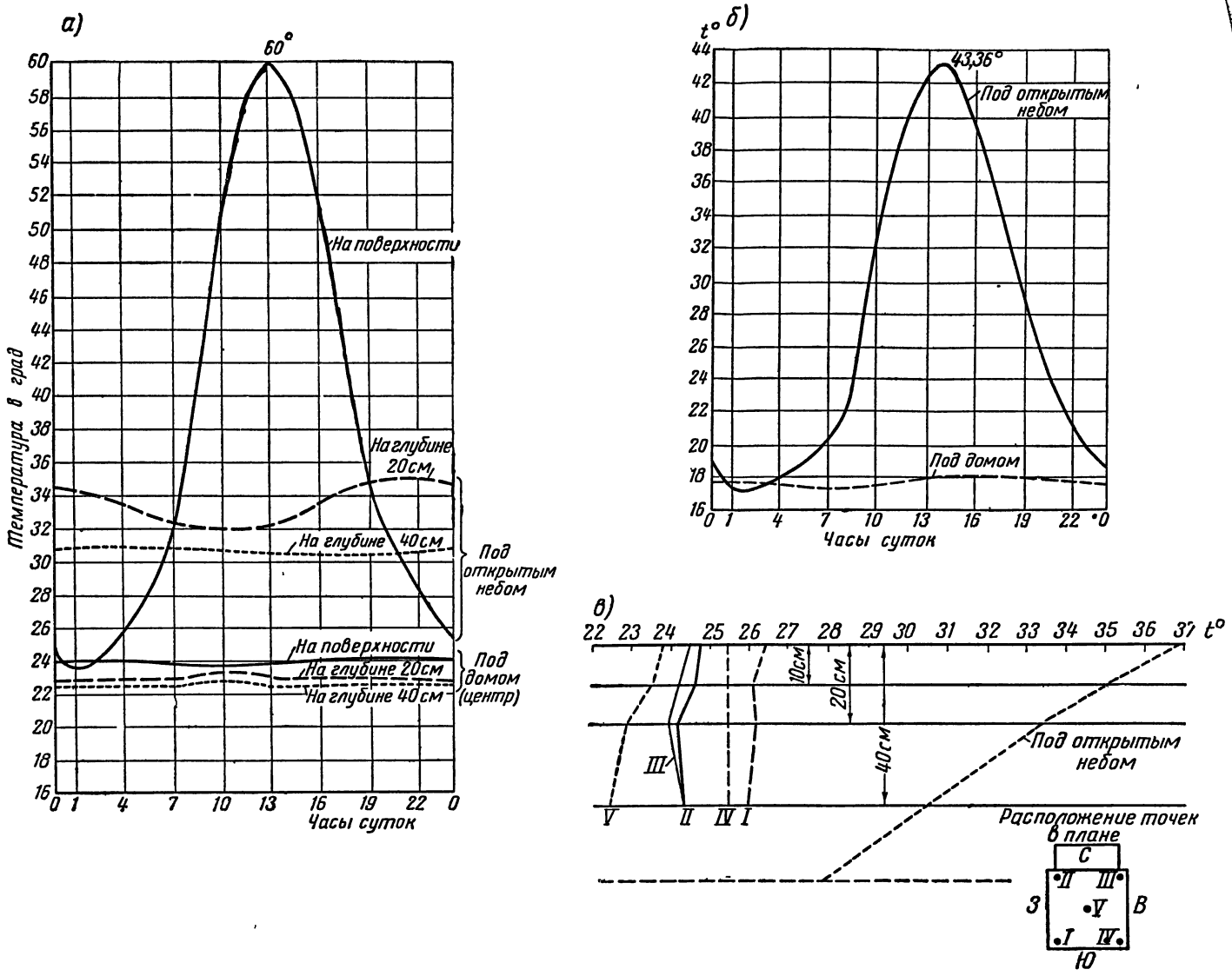


Рис 86. Температуры почвы под открытым небом и под домами

а—суточные колебания температур почвы под открытым небом и под домом в Ашхабаде; *б*—суточные колебания температур почвы под открытым небом и под домом в Кишиневе; *в*—распределение средних температур почвы на разных глубинах под открытым небом и под домом в Ашхабаде

Средние температуры почвы на разных глубинах (под домами)

Глубина замеров в *см*	Наименование точек замеров					
	СЗ II	СВ III	ЮЗ I	ЮВ IV	центр V	под открытым небом
0	24,76	24,58	26,38	25,5	23,85	37
—10	24,65	24,18	26,04	24,93	23,43	—
—20	24,05	23,87	26,3	24,93	22,82	33,5
—40	24,25	24,30	25,9	24,8	22,4	26,8

Таблица 70

Температуры оголенной почвы в Бухаре

Температуры почвы за 25/VI—16/VII 1952 г.					Температуры воздуха за 25/VI—16/VII 1952 г.				
Часы замеров				Среднее значение	$t_{ср}$	$t_{ср.\ макс}$	$t_{ср.\ мин}$	$t_{абс.\ макс}$	$t_{абс.\ мин}$
1	7	13	19						
18,9	28,1	60,8	30	34,5	27,1	31,9	23,5	41	13,6

ный перепад по конструкции, коэффициент теплопередачи которой $K=0{,}99$ *ккал/м² час град*, равен 22,68°—19,74°=2,94°, а перепад от внутреннего воздуха к конструкции равен 23,09°—22,68°=0,41°.

Температурные перепады должны быть пропорциональны сопротивлениям, т. е. должно соблюдаться равенство

$$\frac{\Delta\tau_1}{R_1}=\frac{\Delta\tau_2}{R_в}.$$

Фактически $2{,}94:\frac{1}{0{,}99}=2{,}91$, а $0{,}41:0{,}133=3{,}08$.

Расхождение не превышает ±3%, что для натурных условий можно считать вполне удовлетворительным.

В рассмотренном случае интересен, главным образом, самый факт круглосуточного ухода тепла из помещения через нижнее перекрытие. Сравнительно невысокие суммарные температуры в Кишиневе и небольшая разница между наружными температурами и температурой воздуха в подполье обусловили незначительность влияния нижнего перекрытия. В более низких широтах влияние нижнего перекрытия должно сказаться сильнее.

В Ашхабаде объектом наблюдений был дом такой же конструкции, как в Кишиневе, но оштукатуренный снаружи. Опытная комната площадью 12,6 *м²* имела одну стену с окном, ориентированную на востоко-юго-восток, и одну глухую стену, ориентированную на юго-юго-запад.

При поверочном расчете можно принять условно, что перегородки имеют нулевое сопротивление теплопередаче и что температурные воздействия на двускатную кровлю равны температурному воздействию на горизонтальную поверхность. Первое допущение позволяет рассматривать дом общей площадью $7{,}4\times7{,}4=54{,}8$ *м²* в целом.

В качестве расчетных суммарных температур принимаются температуры, полученные на основе непосредственных температурных, радиационных и альбедометрических замеров; величина $\alpha_н$ принята равной 20 *ккал/м² час град*. В табл. 71 приведены суммарные температуры и данные об ограждениях.

Таблица 71

Теплотехнические данные об ограждениях

Ограждение	Суммарная температура	Общий коэффициент теплопередачи K_0	Площадь ограждения в $м^2$
Наружная ССВ стена	33,33	0,4	20,7
Наружная ВЮВ стена	35,39	0,4	20,7
Наружная ЮЮЗ стена	36,23	0,4	20,7
Наружная ЗСЗ стена	34,69	0,4	20,7
Верхнее перекрытие	41,38	1	34,8
Нижнее перекрытие	26,2	1	34,8

Средняя температура $t_{в.ср}$ определяется по известной уже формуле

$$t_{в.ср} = \frac{0{,}40 \cdot 20{,}7\,(33{,}33+35{,}39+36{,}23+34{,}69) + 1{,}00 \cdot 54{,}8\,(41{,}38+26{,}2)}{0{,}4 \cdot 20{,}7 \cdot 4 + 1{,}00 \cdot 54{,}8 \cdot 2} =$$

$$= 34{,}06°.$$

Фактическая температура в опытной комнате по непосредственным замерам равна 32,97°, что составляет разницу в 1,09°.

При отсутствии цокольного перекрытия (т. е. расположении помещения не в первом этаже) температура в комнате была бы 38,95°, т. е. на 4,89° больше.

Как видно, в жарких климатических условиях цокольное перекрытие оказывает уже огромное влияние на температуру помещения. При устройстве пола на лагах можно было бы достигнуть еще большего снижения $t_{в.ср}$.

Каменный пол в опытных комнатах со стенами в 1,5 кирпича и с одинарным каркасом в тяжелых метеорологических условиях Бухары способствовал снижению температуры воздуха в помещениях: средняя температура в первом случае оказалась равной 28,7°, во втором случае — 28,6°.

Температура внутреннего воздуха помещения при отсутствии воздухообмена должна быть равна усредненной температуре всех ограничивающих поверхностей.

Для проверки этого положения использовалась опытная комната щитового дома в Кишиневе, упомянутая выше (см. табл. 68). Термоизоплеты по центральной вертикали этой комнаты показаны на рис. 85, где приведено изменение температур пола, потолка и воздуха. Это же следует из табл. 72.

За исключением шестичасовой температуры, отличающейся от расчетной на 0,37°, все остальные замерные температуры выше расчетных примерно на 0,2°.

Таблица 72

Изменение температур в течение суток

Элементы ограждения	Площадь в $м^2$	Часы замеров								Средние значения
		0	3	6	9	12	15	18	21	
Стена СВ	10,07	24,08	23,09	22,16	23,55	25,2	25,62	25,43	25,2	24,29
„ ЮВ . . .	7,1	23,13	22,7	21,75	22,81	24,6	25,41	25,1	24,7	23,87
Перегородка 1 . .	7,1	24,42	22,67	21,57	22,25	23,9	24,7	24,63	24,43	23,57
„ 2 . .	10,07	23,87	23,03	22,18	23,83	24,48	25,02	24,88	24,06	23,91
Пол	9,8	22,78	21,86	21,26	21,72	23,08	23,64	23,62	23,49	22,68
Потолок	9,8	24,01	23,08	22,18	22,68	24,16	25,15	25,09	24,95	23,95
$t_{в.\ факт}$	—	23,83	23	22,29	23,02	24,46	25,09	24,95	24,69	23,92
$t_{в.\ расч}$	—	23,74	22,82	21,92	22,87	24,32	24,92	24,8	24,47	23,74
Расхождение в градусах	—	+0,09	+0,18	+0,37	+0,15	+0,14	+0,17	+0,15	+0,22	+0,18

4. Количество тепла, вносимого солнцем через окна

Солнечные лучи, попадая на стекло, частично отражаются, в очень небольшой доле поглощаются и частично проходят через стекло.

Исследования коэффициента пропускания оконного стекла были проведены в Ашхабаде на станке, показанном на рис. 87, в который закладывались в горизонтальном положении два стекла. Замеры радиации, падающей на остекление и проходящей через одно и два стекла, производились пиранометрами Янишевского, присоединявшимися к переносным потенциометрам ПП-1. Замеры производились через каждые 30 мин. в период с 9 часов до 18 часов 30 минут.

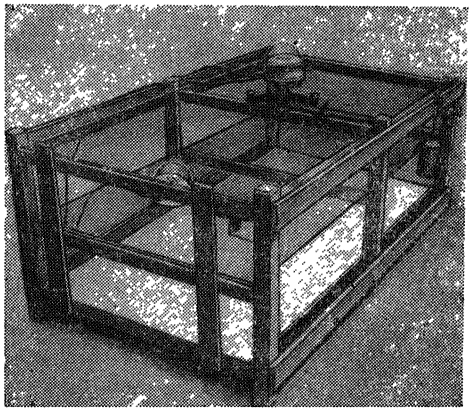


Рис. 87. Станок для исследования коэффициента пропускания стекла

На рис. 88 показаны результаты наблюдений. Из опытов установлено, что коэффициент пропускания стекла не изменяется при углах падения лучей на остекление более 35°; при углах падения, меньших 30°, коэффициент понижается; коэффициент пропускания для одинарного

остекления оказался значительно меньшим, чем приводимый в литературе (0,75 вместо 0,9); в условиях наблюдений коэффициент пропускания для двойного остекления оказался равным 0,75[2].

При проведении наблюдений в Кишиневе окно гипсосмолового дома было затворено, но не защищено ставнями. Опытная комната имела наружные стены, ориентированные на юго-восток и юго-запад. Окно в юго-западной стене имело площадь

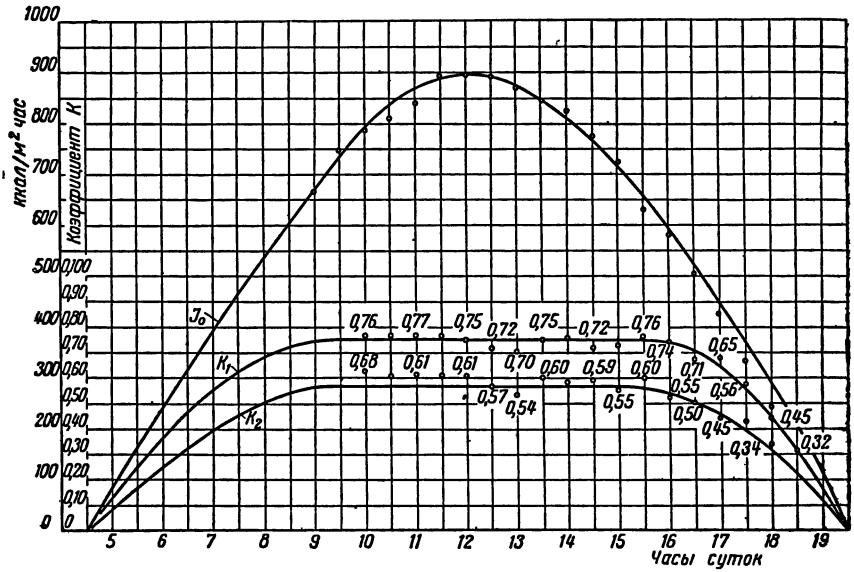


Рис. 88. Результаты исследования коэффициента пропускания стекла

J_0 —падающая радиация; K_1 —коэффициент пропускания одинарного остекления; K_2 —коэффициент пропускания двойного остекления

1,5 $м^2$ при одинарном остеклении (дом еще не был полностью отстроен). Размеры опытной комнаты составляли 3,29×2,94 = =9,67 $м^2$, высота — 2,9 $м$. Юго-восточная и юго-западная стены опытной комнаты находились под одинаковым температурным воздействием.

Непосредственными замерами определено, что:

а) наружная температура $t_{н.ср}$ равна 21,2°;

б) полное суточное облучение юго-восточной, так же как и юго-западной стены, равно 4 228 $ккал/м^2$;

в) альбедо стен равно 42,7%.

В табл. 73 приведены фактические температуры $t_в$.

Таблица 73

Фактические значения $t_в$

Элементы сравнения	Температуры в часы замеров								Средние значения
	0	3	6	9	12	15	18	21	
$t_{в\ факт}$	26	24,75	24,2	24,6	25	26,2	27,7	26,8	25,66
$t_{в\ расч}$ при защищенном окне . .	22,87	22,31	21,7	21,66	21,98	22,9	23,74	23,76	22,6
Повышение $t_в$ от окна расчетное	—	2,39	—	—	—	—	3,91	—	2,92
Расхождение в град.	—	+0,05	—	—	—	—	+0,05	—	+0,14

5. Различные методы борьбы с перегревом помещений

Средняя месячная температура воздуха в южных районах нашего Союза доходит до +30° при почти безоблачном небе; наружная средняя суммарная температура оказывается равной 33—34° и более, а при почти неизбежных эксплуатационных тепловыделениях и добавочном тепле, получаемом через окна, и еще выше. Температура воздуха в помещениях в Ашхабаде и Бухаре доходит до 38°.

При таких условиях население не может не бороться с перегревом помещений хотя бы простейшими эксплуатационными мерами. Например, в Ташкенте, как правило (почти не знающее исключений), все окна одноэтажных домов с утра закрываются наружными ставнями, а полы смачиваются водой. Вечером открываются ставни, растворяются окна на всю ночь до утра. Поэтому все окна первых этажей в Ташкенте снабжены стандартными решетками.

В борьбе с перегревом помещений могут быть также применены меры конструктивного и строительного характера. В качестве мероприятий против перегрева помещений могут быть названы:

а) одноэтажная застройка;

б) светлая окраска наружных ограждений;

в) светозащита окон, устройство ставней, жалюзи, смачиваемых штор и т. п.;

г) ночное проветривание (воздухообмен);

д) озеленение;

е) планировочные меры.

Из этих мероприятий только указанные в пунктах *а, г* и отчасти *в* (смачивание штор) действительны против основной причины перегрева — высокой температуры наружного воздуха. Остальные могут только более или менее парализовать действие $t_{экв}$, что заранее предопределяет сравнительно малую их эффективность.

Некоторые из этих мероприятий были проверены при проведении натурных наблюдений. Рассмотрим эти мероприятия в отдельности.

А. Одноэтажная застройка. Мы видели, что в то время, как суммарные температуры для отдельных наружных ограждений достигают 36°, средняя температура воздуха в подполье, являющаяся внешним тепловым воздействием для цокольного перекрытия, равна всего 24,5—25°. При таком соотношении температур при проведении наблюдений в Ашхабаде цокольное перекрытие в доме площадью 7×7 *м* давало снижение $t_в$ на 4,9° по сравнению с помещением, не имеющим цокольного перекрытия. Во втором этаже будет всегда жарче, чем в первом этаже. В то же время второй этаж лишь в небольшой мере защищает первый этаж от перегрева через верхнее перекрытие.

Из этого вытекает несомненное теплотехническое преимущество одноэтажной застройки в жарких климатических условиях. Пренебрегать этим преимуществом при отсутствии в доме искусственного охлаждения ни в коем случае не следует.

Грунт под домом является огромным резервуаром, поглощающим тепло из помещения в течение круглых суток. **Цокольное перекрытие является единственным из ограждений, через которое тепловые потоки направлены всегда из помещения наружу.**

Б. Окраска наружных ограждений. То, что белая окраска хорошо отражает радиационное тепло, есть общеизвестная истина, и население южных городов заботливо поддерживает свежесть окраски зданий.

Не следует, однако, думать, что окраска в светлые тона одних стен может оказать большое влияние на снижение $t_в$. Малое альбедо кровли снижает эффект окраски стен. Пики смягчаются, но для некоторых ориентаций все же имеют большое значение.

Интересна следующая сторона вопроса об окраске наружных ограждений. Если светлая окраска все же оказывает пользу для рассматриваемого дома, то окраска в белый цвет соседних домов и заборов приносит этому дому вред, так как значительно увеличивает отраженную радиацию, падающую на стены дома и проникающую в помещение через окна.

Для каждого отдельного дома окраска соседних строений в черный цвет была бы несколько выгодней.

Учитывая все стороны этого вопроса, следует прийти к заключению, что, окрашивая стены домов в белый цвет, заборы лучше делать темными.

Почти равносильна белой светлорозовая окраска. Кровли, покрытые темными кровельными материалами, могут быть окрашены алюминиевой краской, имеющей сравнительно низкий коэффициент излучения (для коротковолновых лучей).

В. Светозащита окон, устройство ставней, жалюзи, смачивае-

мых штор. Наибольшее количество радиационного тепла проникает в помещение через окна восточной и западной ориентации. Но в окна, ориентированные на восток, радиационное тепло поступает в утренние часы, когда $t_н$ еще сравнительно невысока; радиационное же тепло, поступающее в помещение через западные окна, накладывается на температуру наружного воздуха, повышающуюся к вечеру до наибольших значений.

В Ашхабаде довольно распространена светозащита окон окраской остекления ультрамарином.

Проведенные нами наблюдения показали, что в то время, как обыкновенное стекло пропускает 75% радиационного тепла и очень незначительное количество поглощает, стекло, окрашенное ультрамарином, пропускает всего 20%, но поглощает 54%, т. е. во много раз больше, чем стекло обыкновенное и окрашенное мелом (пропускание 32%, отражение 60%, поглощение 8%).

Под действием поглощенного радиационного тепла синее стекло нагревается и отдает полученное тепло частью наружу, а частью в помещение.

Наблюдения, проведенные в Ашхабаде, показали, что светозащита путем окраски ультрамарином неэффективна. Более эффективна окраска стекла мелом, но и она не дает большого снижения температуры воздуха в помещении.

Один квадратный метр остекления (без учета затенения откосами окна и элементами переплета) при ориентации на запад дает повышение температуры примерно на 3° в среднем, а в часы наибольшего нагрева — на 4,5°.

При двойном остеклении эти величины должны быть умножены на коэффициент 0,9 (а не на 0,75, так как примерно половина радиационного тепла, задержанного наружным остеклением, все же попадает в помещение).

Ставни с жалюзи принадлежат к числу аналогичных мер защиты от радиационного тепла, вносимого через окна.

Применение смачиваемых штор представляет собой более эффективную защиту, так как в часы наибольшей интенсивности радиации происходит и более сильное испарение воды, понижающее температуру воздуха в помещении.

Г. Воздухообмен. В Ашхабаде было проведено более 50 определений кратности воздухообмена при различных схемах проветривания. Объектом наблюдений был одноэтажный деревянный щитовой дом.

В табл. 74 приведены сводные данные о кратности воздухообмена при различных условиях проветривания.

Наблюдения приводят к следующим выводам: при отсутствии ветра схема проветривания не имеет почти никакого значения; средняя кратность воздухообмена при этих условиях равна 13,5. Аналогичные результаты дает угловое проветривание при расположении открытых проемов только на заветренной

стороне. Для такого проветривания по пяти наблюдениям получена кратность воздухообмена, почти в точности совпадающая со средней по 23 замерам в условиях штиля, а именно, 13,8 обмена в час.

Таблица 74

Кратность воздухообмена при различных условиях проветривания

Скорость ветра в *м/сек*	Род проветривания	Расположение проемов по отношению к ветру	Средняя кратность воздухообмена в час	Количество наблюдений
Ветра нет	Сквозное	Ветра нет	15.9	11
» »	Угловое	» »	12.5	11
» »	Комбинированное	» »	12,2	1
1,66	Угловое	Все проемы на заветренной стороне	13,8	5
3,82	Сквозное	Параллельно направлению ветра	36	1
0,82	Сквозное	Наветренное и заветренное	38,5	11
1,27	Угловое	То же	38,7	10
1,19	Комбинированное	»	38	4

При расположении проемов на наветренной и заветренной сторонах по 25 наблюдениям получены кратности воздухообмена, почти полностью совпадающие. Скорости ветра при этом, однако, различны: наименьшая скорость зарегистрирована при сквозном проветривании, наибольшая — при угловом. Однако делать из этого какие-либо выводы не следует и для практических целей правильнее считать все три способа равноценными.

Наконец, сквозное проветривание при расположении обоих открытых проемов параллельно направлению ветра, зарегистрированное, к сожалению, всего в одном случае, дало по совпадению кратность, очень близкую к 38, а именно 36, но при скорости ветра 3,82 *м/сек*.

Следует отметить, что все выведенные кратности воздухообмена условны: они отнесены к кубатуре помещений, не отделенных закрытыми дверями от помещений, в которых были открыты проемы для проветривания.

При исследовании воздухообмена обнаружено, что значительная часть воздуха фильтруется через неплотности ограждений. Некоторое представление об этом процессе должны дать исследования бокового проветривания, при котором открыт всего один наружный проем. В этом случае в результате пульсации

ветра воздух должен попеременно входить и выходить через проем. При отсутствии в ограждениях неплотностей, количества вошедшего и вышедшего через проем воздуха должны балансироваться, т. е. крыльчатый анемометр по окончании замера должен показать нуль. В действительности из-за наличия неплотностей в ограждениях показания анемометра всегда отличаются от нуля.

В табл. 75 приведены данные, полученные при исследовании бокового проветривания. Дверь в комнате, в которой было открыто окно, держалась закрытой.

Таблица 75

Кратность воздухообмена при боковом проветривании

Расположение проемов по отношению к ветру	Скорость ветра в *м/сек*	Максимальная кратность воздухообмена в час
Ветра нет	0	+ 424 : 25,8 = 16
» »	0	+ 272 : 25,8 = 11
В среднем	0	13,5
Наветренное	0,18	+ 297 : 25,8 = 12
»	0,24	+ 618 : 25,8 = 24
»	0,06	+ 470 : 25,8 = 18
В среднем	0,14	18

Качественная сторона воздухообмена, выражаемая тем понижением температур воздуха в помещении, которое достигается в результате воздухообмена, была исследована в Ашхабаде.

В течение 20—23 июля были проведены параллельные наблюдения в доме № 6, где был организован воздухообмен, и в доме № 16, в котором организованный воздухообмен не имел места. В доме № 6 после 19-часового замера открывалось окно опытной комнаты и двери для бокового проветривания. Окно и двери закрывались перед 7-часовым замером. Таким образом, воздухообмен осуществлялся в течение 12 часов.

Первым осложняющим фактором, который необходимо было учесть при исследовании влияния воздухообмена на понижение $t_в$, была различная ориентация окон в одинаково ориентированных опытных комнатах: южная — в доме № 6 и западная — в доме № 16.

Вторым осложняющим фактором была меловая светозащита окна в опытной комнате дома № 6. Остекление — в обоих случаях одинарное.

В табл. 76 приведено сопоставление изменения температур в опытных комнатах домов № 6 и 16, а также $t_н$ в период проветривания.

Таблица 76

Изменение температур в домах № 16 и 6 (в течение суток)

Наименование дома	Часы замеров								Средние значения
	1	4	7	10	13	16	19	22	
№ 16	33,1	32	31,49	31,77	32,40	34,1	34,58	33,87	32,91
№ 6	30,13	26,75	28,96	29,62	30,60	33,7	34,11	32,04	30,66
Разность	2,97	5,25	2,53	2,15	1,80	0,4	0,47	1,83	2,25
$t_н$	29	23,8	29,9	—	—	—	36,77	29,82	29,12

Средняя скорость ветра в период проветривания — около 2 *м/сек*. Проведенные в Ашхабаде исследования воздухообмена показывают, что при сквозном, угловом и комбинированном проветривании, осуществляемом при скорости ветра 1,5—2 *м/сек*, кратность воздухообмена составляет 35—40 обменов в час.

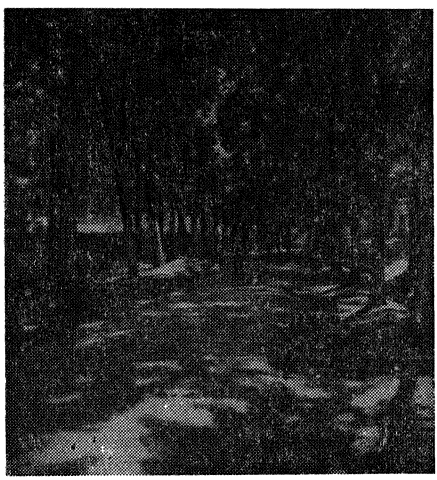


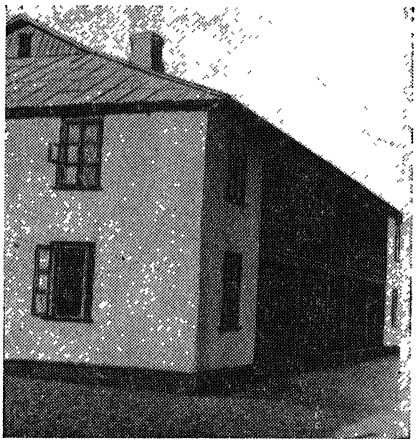
Рис. 89 Улица Жуковского в Ташкенте

Д. Озеленение. Озеленение Ташкента показывает, чего можно добиться озеленением улиц и дворов при малоэтажной застройке. На рис. 89 показана одна из типичных улиц Ташкента — улица Жуковского. В состав зеленых насаждений входят высокоствольные деревья, образующие защиту домов при высоком стоянии солнца; более низкие деревья с раскидистыми кронами, защищающие дома в утренние и вечерние часы и образующие при посадке в два ряда зеленый свод над тротуарами; кустарники, посаженные непосредственно перед стенами домов; вьющиеся растения, защищающие стены и оконные проемы; кроме того, во многих случаях посажены цветы.

На рис. 90, *а* и *б* показан один из деревянных щитовых домов в Пушкинском массиве (Ташкент). Первый снимок сделан летом 1948 г., второй — летом 1953 г. В короткий пятилетний срок зеленые насаждения изменили поселок до неузнаваемости.

Исследования влияния озеленения на температурный режим помещений производились путем пиранометрических замеров солнечного облучения стен домов, расположенных по обе стороны улицы, защищенных и незащищенных зелеными насаждениями.

а)



б)

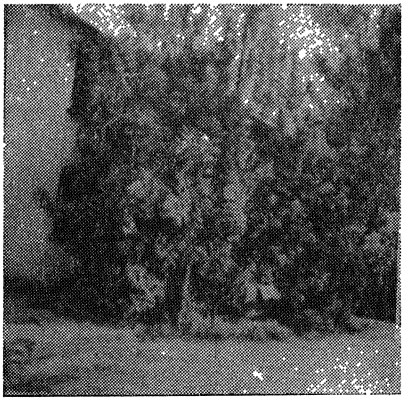


Рис. 90. Один из деревянных щитовых домов в Пушкинском массиве (Ташкент)

а—в 1948 г.; *б*—в 1953 г.

Кроме того, производилась термографическая запись температур в помещениях, имеющих различную ориентацию, различную степень защиты и расположенных в различных этажах.

Наблюдения показали, что хорошая зеленая защита почти полностью снимает тепловое воздействие солнечного облучения; незащищенные стены, находящиеся под действием только отраженной и рассеянной радиации, получают радиационного тепла в несколько раз больше, чем стены невыгодной ориентации, но защищенные зеленью. Поэтому можно считать, что при наличии развитой системы озеленения ориентация по странам света утрачивает всякое значение, по крайней мере для малоэтажного строительства.

Это показали и термографические записи, полученные в домах Пушкинского массива. Кроме того, защита от воздействия солнечного облучения всей поверхности стены позволяет считаться только с суточными изменениями температуры воздуха, а это, в свою очередь, снимает вопрос о повышенной теплоустойчивости стен. В условиях озеленения Пушкинского массива вполь-

не приемлемыми оказываются даже деревянные дома щитовой конструкции.

Но в наиболее жаркие отрезки времени средняя температура воздуха с добавлением $t_{экв}$, соответствующей неснятой части солнечного облучения, может все же оказаться достаточно высокой, чтобы создать в помещениях ощущение жары и духоты.

6. Искусственное охлаждение

Опыты по искусственному охлаждению помещений были проведены летом 1951 г. в Ашхабаде.

В сборном деревянном доме № 12 по улице Калинина в угловой комнате с наружными стенами, ориентированными на юг и восток, была установлена под потолком панель, представляющая собой змеевик из полудюймовых труб. Одно из звеньев показано на рис. 91. На чердаке дома был установлен бачок, сообщавшийся со змеевиком. Опыты должны были имитировать действие системы с тепловым насосом. В зависимости от положения регулирующих вентилей такая установка может выполнять роль отопительной или охладительной системы. При проведении опытов действие теплового насоса заменялось загрузкой льда в бачок.

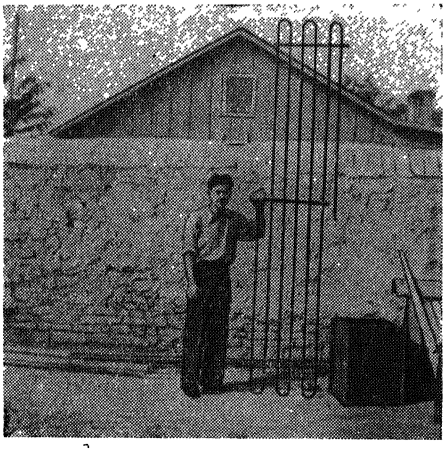


Рис. 91. Одно из звеньев охладительной панели

Одновременно с наблюдениями в доме № 12 проводились наблюдения в щитовом доме № 16, находившемся в другом конце города, в поселке Кеши. На рис. 92 показаны результаты наблюдений. Из рисунка следует, что легко может быть достигнуто охлаждение воздуха в помещении на 7° и больше. Ход изменения температур воздуха в неохлаждаемом доме № 16 в Кеши, температур воздуха в доме № 12, где сначала не производилось охлаждения, и температур панелей в доме № 12 показан на рис. 93. Из рисунка видно, что охлаждение весьма эффективно. Эффективность обусловлена тем, что панели находятся в верхней части помещения, и падение охлажденного, более тяжелого воздуха вниз обусловливает энергичную конвекцию.

При больших загрузках льда наблюдалось образование конденсата в первой трети голых труб панели. В действительных

условиях конденсата легко избежать, заключив трубы в теплоемкую и теплопроводную оболочку или распределив равномерно температуры по площади всей панели при помощи металлических листов, которые в данном случае явятся основанием панели.

В первом случае получается теплоемкая система, во втором — система нетеплоемкая. Для условий среднеазиатских рес-

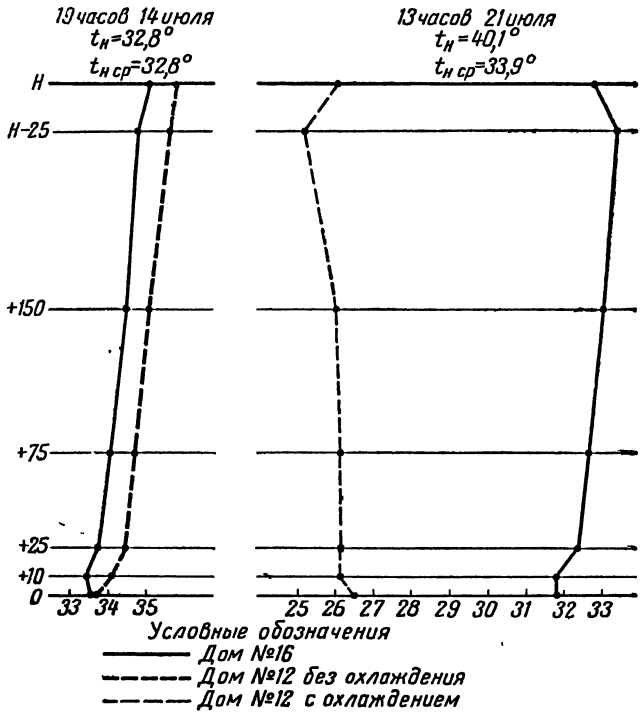


Рис. 92. Температуры воздуха по вертикали при охлаждении и при отсутствии охлаждения

публик при большой неравномерности суммарных температур в течение суток следует отдать безусловное предпочтение нетеплоемкой системе.

В настоящее время проводятся исследования на опытных комбинированных отопительно-охладительных установках с применением теплового насоса.

7. Выводы из наблюдений

Результаты наблюдений показывают, что тепловые лучи, поглощенные наружной поверхностью ограждений, проникают через легкие, хотя и обладающие большим термическим сопро-

тивлением ограждения гораздо интенсивнее, чем через тяжелые теплоемкие ограждения, даже в том случае, когда эти ограждения имеют сопротивление теплопередаче в 2,5—3 раза меньшее. Борьба с перегревом путем еще большего повышения термического сопротивления легких ограждений нецелесообразна.

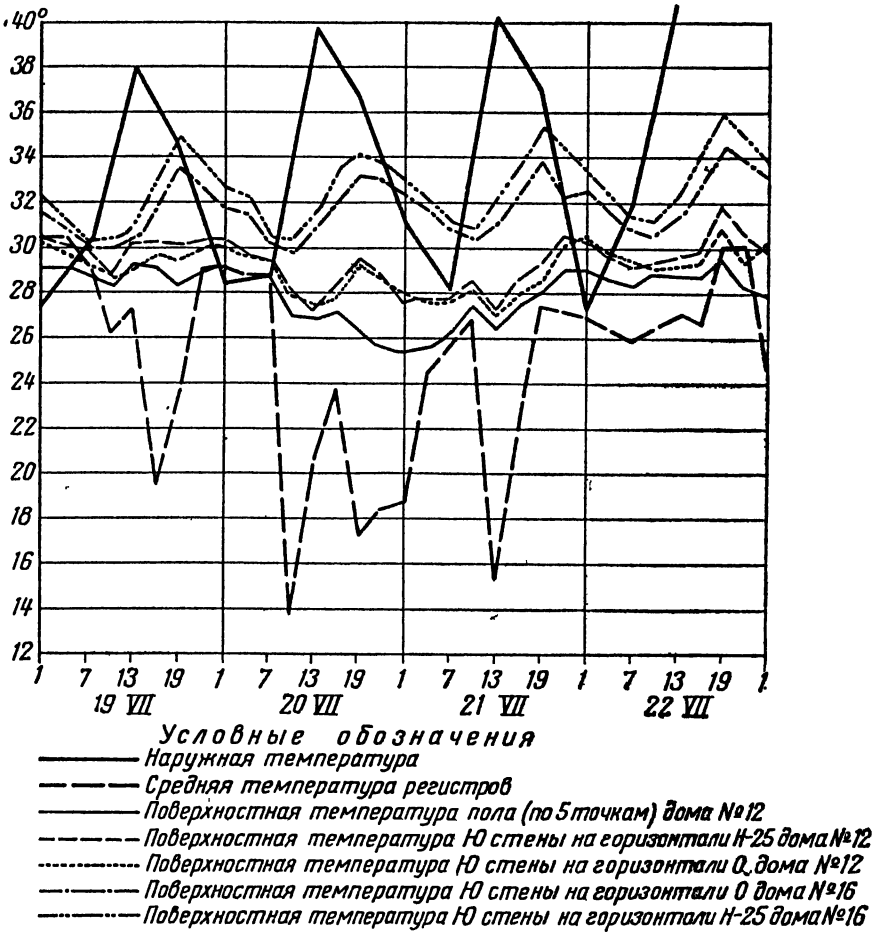


Рис. 93. Изменение температур ограждений в неохлаждаемом и в охлаждаемом домах

Больший эффект для здания может дать отделка наружных поверхностей светлыми красками. Наиболее целесообразна окраска стен домов в белый цвет и поддержание ее в процессе эксплуатации в свежем состоянии. Для кровель удобнее применять алюминиевую краску. Эффективным является также при-

менение алюминиевой фольги для воздушных прослоек; ее назначение — отражение длинноволновых тепловых лучей.

Следует помнить, что интенсивность окраски оказывает очень небольшое влияние на величину альбедо: например, темно-серая поверхность поглощает почти такое же количество радиационного тепла, что и светлосерая. Поэтому практически всякое отступление от белой или светлорозовой отделки влечет за собой резкое уменьшение альбедо. По опытам Дорио, если принять поглощательную способность $p = (1—A)$ белой краски за 100%, поглощательная способность розовой, желтой, красной, зеленой и черной окрасок соответственно равна: 102; 137; 145; 150; 156%.

Проветривание помещений путем открывания оконных и дверных проемов является довольно хорошим средством борьбы с перегревом воздуха в помещениях. Опыты, проведенные в Раменском, Ашхабаде и Ереване, показывают, что даже при очень умеренном ветре воздухообмен может достигать 30- и 40-кратного. Опыты в Ташкенте показали, что ночное проветривание помещения в соединении со светозащитой окон в дневное время и смачиванием пола позволяют понизить среднюю температуру в помещении на 3,3° с изменением направления среднего суточного теплового потока на обратное.

Однако далеко не всегда ночное проветривание может понизить температуру в помещении, так как для получения воздухообмена необходим ветровой или тепловой напор. В Ашхабаде же, например, бывают дни со штилевой погодой, когда температура в течение суток не падает ниже 30—31°.

Нельзя забывать о роли цокольного перекрытия, являющегося одним из наружных ограждений. Все наблюдения подтверждают, что в одноэтажных зданиях полы по грунту, на лагах или холодный пол по балкам с теплым цоколем способствуют снижению температуры воздуха в помещении и потому являются приемлемыми для жарких климатических районов.

Следует отдавать предпочтение одноэтажной застройке и проводить в самых широких масштабах горизонтальное и вертикальное озеленение.

Глава IX

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

За последние годы темпы жилищного строительства весьма существенно изменились. Если в 1950 г. в Москве было построено 500 тыс. $м^2$ жилой площади, то в 1955 г. сдано в эксплуатацию до 1 млн. $м^2$.

Такое нарастание темпов было бы невозможно, если бы проектировщики и производственники не находили новых мето-

дов конструирования и строительства. Надо сказать, что увеличение площадей, сдаваемых ежегодно в эксплуатацию, произошло почти исключительно в результате совершенствования методов кирпичного строительства, так как другие виды стен, даже в таком передовом строительстве, как московское, играют пока еще сравнительно малую роль. Поэтому можно утверждать, что еще не использованы резервы крупнопанельного и крупноблочного домостроения, механизированного и в процессе изготовления элементов на заводе и при монтаже на стройплощадке. Очевидно, что по мере внедрения крупнопанельных и крупноблочных конструкций в московское строительство кривая ежегодного прироста жилой площади круто поднимется вверх.

За увеличением объемов кирпичного строительства не поспевает кирпичная промышленность. И если в 1950 г. освобождение от наружной и внутренней мокрой штукатурки при толщине стены в 2,5 кирпича рассматривалось как достаточное облегчение, то уже в конце 1951 г. недостаток кирпича заставляет считать и 38-сантиметровую толщину основной ветви стены подлежащей сокращению.

На данном этапе можно считать лучшей из кирпичных конструкций стену в 1,5 кирпича с расшивкой швов и облицовкой изнутри отощенной гипсовой плитой толщиной 8—10 *см* или гипсобетонными панелями, установленными на выпуск кладки в 0,5 кирпича, делаемой в зоне междуэтажного перекрытия. Эта стена имеет четкую конструктивную схему, дает значительную фактическую экономию кирпича и обладает несомненными теплотехническими преимуществами. Отход от этого решения может быть в отдельных случаях оправдан лишь отсутствием необходимых материалов.

Дальнейшее совершенствование стены в 1,5 кирпича с облицовкой изнутри гипсобетонными панелями может идти по линии применения многодырчатого или пористодырчатого кирпича, а также семищелевых блоков, дающих облегчение веса кладки и повышение теплозащитной способности стены. Оклейка алюминиевой фольгой поверхностей, ограничивающих воздушную прослойку, увеличивает теплозащиту и улучшает конструкцию стены. Увеличение толщины кладки до двух кирпичей или уменьшение до одного кирпича позволяет применять стену этого типа в разнообразных климатических условиях. Основная массивная часть стены делает ее применимой в многоэтажном строительстве.

В московском строительстве имеет применение семищелевый кирпич. Кладка из него нередко облицовывается керамическими плитками. Как показывает практика, это нецелесообразно: плитки, как правило, имеют не заполненные раствором вертикальные и горизонтальные швы и в то же время препятствуют плотному заполнению вертикальных швов кладки, обращенных к внутрен-

ней поверхности облицовки. Вследствие этого такие стены обладают повышенной воздухопроницаемостью.

Гораздо лучше вести кладку лицевой поверхности стены из полнотелого или из лицевого семищелевого кирпича с расшивкой швов.

Крупнопанельное домостроение (в части наружных ограждений) не достигло пока массового развития, и о нем можно пока говорить скорее с точки зрения его потенциальных возможностей, чем реальных достижений.

Применяемые в настоящее время материалы и конструктивные схемы многослойных стен обладают существенными недостатками в отношении влажностного режима и создают затруднения при конструировании стыков.

Наиболее логичные решения должен дать переход к конструктивной схеме многослойной стены с железобетонной плитой в качестве внутреннего слоя или к легкой однослойной стене. В частности, чрезвычайно заманчивым представляется решение, при котором тонкая железобетонная панель облицована снаружи офактуренным пеностеклом, являющимся одновременно утеплителем и отделочным слоем, обладающим хорошими декоративными качествами и отличными эксплуатационными свойствами.

При большем объемном весе (порядка 400 *кг/м*^{3}) панели или крупные блоки из пеностекла, облицованные листовым или порошковым стеклом, могут применяться и как однослойные элементы.

Применение пенобетонных, шлакобетонных и керамзитобетонных стеновых элементов открывает широкое поле для развития крупнопанельных и крупноблочных конструкций. В среднеазиатских республиках переход на индустриальное домостроение особенно необходим также и вследствие неблагоприятных климатических условий (огромный дефицит влажности) для ведения кирпичной кладки и возведения монолитных железобетонных конструкций.

Не касаясь вопроса об экономической и производственной целесообразности применения кирпичных крупных блоков, можно высказать только определенно отрицательное отношение к образованию кирпичной крупноблочной стены, повторяющей конструкцию обыкновенной массивной кирпичной стены.

Весьма важным фактором, влияющим на температурный режим многоэтажных капитальных зданий, становится воздухообмен. Все проведенные наблюдения показывают, что в современных многоэтажных домах поэтажных зон не существует, несмотря даже на полное замоноличивание швов сборных перекрытий. Такое положение влечет за собой непомерное увеличение теплового напора, являющегося главной причиной повышенного воздухообмена в зимнее время. При этих условиях верхние этажи нагреваются за счет нижних, из которых теплый воздух

уходит вверх. Ярким примером является крупнопанельный дом на Соколиной горе.

Как и следовало ожидать, вопрос о положении нейтральной зоны и о воздушном режиме оказался особенно сложным для высотных домов.

Одной из ближайших задач являются начатые В. Е. Константиновой исследования нейтральной зоны, увязанные с изучением работы вентиляционных устройств, оказывающих большое влияние на воздушный режим здания.

На данной стадии изучения вопроса, между прочим, напрашивается вывод о необходимости устройства двойных входных дверей, что является желательным, если не необходимым, и с акустической точки зрения.

Проведенные пока еще в незначительном объеме наблюдения над теплопотерями зарадиаторных стен должны быть продолжены. Результаты, которые уже получены, говорят о довольно больших дополнительных теплопотерях, против которых надо бороться или добавочным утеплением зарадиаторной стены или приданием ей лучеотражательных свойств, например, путем оклейки ее алюминиевой фольгой толщиной 50 μ.

Вполне закономерным следует считать переход в ряде случаев от радиаторного к панельному потолочному отоплению. Проведенные натурные исследования в двух домах показывают, что лучистое потолочное отопление заслуживает предпочтения по сравнению с другими видами отопления; благоприятное распределение температур воздуха по вертикали, высокие температуры пола и внутренних поверхностей наружных стен являются бесспорно положительными факторами.

В жарких климатических условиях система потолочного панельного отопления может быть использована в летнее время для охлаждения помещения.

Заслуживает также внимания заделка отопительных регистров или змеевиков в стеновые панели крупнопанельных зданий (осуществлено в крупнопанельных домах по 6-й улице Октябрьского поля в Москве и в районе Щемиловки в Ленинграде) и применение бетонных отопительных панелей в кирпичном строительстве (осуществлено на Юго-западе Москвы).

Стоит на очереди вопрос об усовершенствовании или даже реконструкции оконных проемов, введении всякого рода уплотняющих прокладок и т. п. Все это требует проведения обширных лабораторных и натурных исследований.

Малоэтажное строительство найдет себе и в дальнейшем огромное применение по всей территории Союза, за исключением крупнейших городов.

Блоки Кузьмина-Самриной, предложенные для колхозного строительства, открывают собой список индустриальных конструкций, которые в дальнейшем, возможно, найдут себе широкое применение.

В деревянном строительстве следует обратить особое внимание на мероприятия против повышенной воздухопроницаемости. Лабораторные и натурные наблюдения должны выяснить вопрос о действительной необходимости пароизоляционного слоя в наружных ограждениях.

Еще более важным является вопрос об устройстве цокольного перекрытия. Все данные говорят о преимуществах теплого пола с холодным цоколем по сравнению с холодным полом в сочетании с теплым цоколем, но пока отсутствуют надлежаще поставленные опыты.

В наших натурных наблюдениях не отражены сборно-разборные деревянные здания. Причина этого — почти полное отсутствие в настоящее время таких конструкций. Однако в связи с развивающимся строительством эта отрасль заводского домостроения также должна развиваться. Для сборно-разборных зданий еще в большей степени, чем для зданий сборных, важно решение вопроса о продуваемости конструкции и о борьбе с этим явлением.

Говоря о сборных, а тем более о сборно-разборных деревянных зданиях, нельзя не повторить настоятельной рекомендации о внедрении в опытном порядке в деревянное заводское домостроение алюминиевой фольги — эффективного теплоизоляционного материала. И натурные наблюдения над деревянными домами заводского изготовления, и лабораторные испытания железобетонных панелей, утепленных алюминиевой фольгой, показали ее прекрасные теплозащитные качества.

Алюминиевая фольга, извлеченная в феврале 1951 г. из стен опытного кирпичного дома в Мариенбурге (предместье Гатчины), где она находилась в течение трех зим в условиях исключительно неблагоприятного влажностного режима, оказалась совершенно свежей, почти полностью сохранившей свою отражательную способность.

Везерометрические испытания, проведенные в лаборатории физико-механических испытаний Института строительной техники Академии архитектуры СССР, показали также стойкость фольги в условиях переменного режима (смачивание, облучение, высыхание, снова смачивание и т. д.).

Переходя к вопросам строительства и эксплуатации жилых зданий в жарких климатических условиях, можно констатировать, что бороться с перегревом помещений можно только таким же образом, как с охлаждением, т. е. в жаркое время в помещение должен подаваться холод так же, как в холодное время года подается тепло.

Проведенные летом 1951 г. в Ашхабаде опыты по искусственному охлаждению помещений путем использования панелей лучистого отопления показали техническую эффективность этого приема: легко достигалось охлаждение воздуха в помещении на 7—8°.

Первые комплексные исследования комбинированной отопительно-охладительной системы с тепловым насосом были проведены в Ташкенте летом 1954 года. Этот способ охлаждения, конечно, не является единственно возможным, и следует организовать наблюдения по широкой программе для скорейшего внедрения в строительство Юга действительно эффективных и экономичных систем охлаждения.

Само собой разумеется, что не следует пренебрегать и иными, значительно более простыми, но и сравнительно малоэффективными методами защиты против перегрева, как-то: соответствующей окраской наружных ограждений, устройством жалюзи, горизонтальным и вертикальным озеленением, проветриванием помещений и т. д. Из средств защиты против перегрева следует выделить озеленение, имеющее большое санитарно-гигиеническое и эстетическое значение для городов. Пример таких городов, как Львов, убедительно показывает, что вертикальное озеленение вполне осуществимо даже для четырех-, пятиэтажных домов.

В свете проведенных наблюдений можно считать, что наиболее целесообразным видом строительства в жарких климатических условиях с теплотехнической точки зрения является одноэтажная застройка. Стремление к многоэтажному строительству без устройства искусственного охлаждения в жарких климатических условиях так же нецелесообразно, как нецелесообразно с теплотехнической точки зрения одноэтажное строительство в средней и холодной полосах нашего Союза.

Попутно можно отметить, что в то время, как в районах с более или менее холодной зимой при устройстве пола по балкам наиболее целесообразным является сочетание теплого пола с холодным цоколем, в жарком климате должен устраиваться холодный пол с теплым цоколем.

Необходимо, наконец, рассеять вредный предрассудок, вызывающий перерасход материалов и удорожание строительства. Этот предрассудок заключается в ошибочном мнении, будто по летним условиям кирпичная стена должна иметь толщину не менее 50 *см*, и на местах иногда возникают тенденции даже к увеличению толщины до 2,5 кирпича. Теоретические и натурные исследования показывают, что слой резких колебаний, в котором происходит затухание тепловых волн, вызываемых периодическим воздействием солнечной радиации, занимает небольшую долю толщины кирпичной стены, и поэтому общая ее толщина без всякого ущерба может быть уменьшена до 1,5 кирпича.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Ариевич Э. М., Причины разрушения и ремонт наружных стен мокрых помещений бань и прачечных, изд. Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1952.

Борщевский А. Н. и Брайнина Е. Ю., Температурно-влажностный режим подполий и конструкций цоколей, Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству Министерства строительства СССР, Исследования, Строительная теплотехника, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1955.

Брайнина Е. Ю. и Сизов А. М., Натурные наблюдения над облегченными стенами жилых зданий, Всесоюзный научно-исследовательский институт по строительству Министерства строительства СССР, Исследования, Строительная теплотехника, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1955.

Брилинг Р. Е., Воздухопроницаемость ограждающих конструкций и материалов, Стройиздат, 1948.

Васильев Б. Ф., Алюминиевая фольга в качестве теплоизоляции, Материалы и конструкции в современной архитектуре № 1, изд. Академии архитектуры СССР, 1947.

Васильев Б. Ф., Натурные теплотехнические наблюдения в трех сборных деревянных домах, Военно-строительный бюллетень № 11, 1948.

Васильев Б. Ф., Опыт применения алюминиевой фольги в ограждающих конструкциях зданий, Военно-строительный бюллетень № 7, 1951.

Васильев Б. Ф., О рациональном типе кирпичной стены на ближайших этапах строительства, «Архитектура и строительство Москвы» № 2, 1953.

Васильев Б. Ф., Проверка расчета стен на теплоустойчивость, «Материалы и конструкции в современной архитектуре» № 2, изд. Академии архитектуры СССР, 1948.

Васильев Б. Ф., Теплотехнические испытания облегченных кирпичных стен, «Материалы и конструкции в современной архитектуре» № 4, изд. Академии архитектуры СССР, 1949.

Васильев Б. Ф., О теплотехнических качествах материалов и ограждающих конструкций для строительства в районах с жарким климатом, материалы исследований в помощь проектированию и строительству Каракумского канала, вып. II, издательство Академии наук ТССР, 1956.

Васильев Б. Ф. и Комиссаров Б. В., Натурные теплотехнические испытания опытных деревянных домов заводского изготовления, «Конструкции и материалы в городском строительстве» № 6, изд. Академии архитектуры СССР, 1950.

Вейнберг В. Б., Естественное освещение школ, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1951.

Ветошкин С. И., Сборные дома, Санитарно-гигиеническое обследование сборно-щитовых конструкций Центрожилсоюза и Леноблжилсоюза, Издательство Центрожилсоюза, 1932.

Гамбург П. Ю., Учет тепла, вносимого радиацией через огражде-

ния, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1951.

Дашкевич Л. Л., Методы расчета инсоляции при проектировании промышленных зданий, Госстройиздат, 1939.

Дегтярев Н. В., Контрольно-измерительные приборы для отопительно-вентиляционных установок, Стройиздат Наркомстроя СССР, 1949.

Задерман А. А., Гидроизоляция бань и прачечных, Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1947.

Задерман А. А., Сырость в жилом доме и борьба с ней, Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1949.

Кедроливанский В. Н., Метеорологические приборы, Гидрометеоиздат, 1947.

Колобков Н. В., Метеорологические приборы, их устройство и применение, ОНТИ НКТП, 1932.

Колобков Н. В., Метеорологическая станция и ее работа, изд. ДОСАРМ, 1951.

Колпаков Г. В., Вопросы лучистого отопления, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1951.

Костромин Н. И. и Хмелюк К. Д., Теплотехнические испытания и характеристики стен жилых зданий, изд. Академии архитектуры Украинской ССР, 1952.

Крупнопанельные бескаркасные дома (опыт строительства в г. Магнитогорске), Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1955.

Кузнецов Г. Ф., Каменные стены с воздушными прослойками, «Жилищное строительство военного времени» № 2, 1941.

Кузнецов Г. Ф., Кирпичные стены с воздушными прослойками жилых и общественных зданий, изд. Академии архитектуры СССР, 1946.

Кузнецов Г. Ф., Результаты натурных испытаний на теплопередачу кирпичных стен с воздушным прослойком, «Материалы и конструкции в современной архитектуре» № 2, изд. Академии архитектуры СССР, 1946.

Кузнецов Г. Ф., Конструкции жилых домов в послевоенном строительстве, изд. Академии архитектуры СССР, 1947.

Кузнецов Г. Ф., Влияние температуры и ветра на здания большой высоты, «Материалы и конструкции в современной архитектуре» № 2, изд. Академии архитектуры СССР, 1948.

Кузьмин Н. С., Применение кирпично-саманных блоков в колхозном строительстве (Доклад на совещании в МК ВКП(б) по вопросам сельского и колхозного строительства Московской области). Издательство «Московский рабочий», 1950.

Кузьмин Н. С. и Самрина В. К., Опыт строительства жилых домов из кирпично-саманных блоков, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1951

Латышев А. А. и Старкова А. Д., Алюминиевая асфальтобитумная мастика, Госхимиздат, 1949.

Ливчак И. Ф., Вентиляция многоэтажных жилых домов, Государственное издательство архитектуры и градостроительства, 1951.

Максимов С. Я., Сборные дома из крупных панелей, Издательство «Московский рабочий», 1951.

Мальченко Е. В., Общая метеорология, Гидрометеоиздат, 1947.

Мержвинский Б. Д., Тепловая оценка зданий, Метод показательных эквивалентов, Государственное издательство архитектуры и градостроительства, 1952.

Морозов Н. А., Заводское домостроение, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1952.

Новосельский С. А., Малоэтажные крупнопанельные дома, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1952.

Опытное жилищное строительство, Под редакцией технической комиссии по опытному строительству НКТ РСФСР, Госстройиздат, 1931.

Семенов Л. А., Теплоустойчивость и печное отопление жилых и общественных зданий, Машстройиздат, 1950.

Семенцов С. А., Каменные конструкции, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1953.

Сенченок Н. М., Источники сырости в зданиях и борьба с ней, изд. Академии архитектуры Украинской ССР, 1951.

Серк Л. А., Курс архитектуры, Гражданские и промышленные здания, том III, Госстройиздат, 1940.

Томсон Н. М., Аэрация городской застройки, Издательство Академии медицинских наук СССР, 1947.

Ушков Ф. В., Лабораторные теплотехнические испытания сборных железобетонных стен жилого дома, «Материалы и конструкции в современной архитектуре» № 4, изд. Академии архитектуры СССР, 1949.

Ушков Ф. В., Влияние воздухопроницаемости на теплозащиту стен, «Строительная промышленность» № 8, 1951.

Ушков Ф. В., Исследование теплотехнических свойств стен из трехслойных железобетонных панелей, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1953.

Ушков Ф. В., Исследование теплотехнических свойств стен из двухслойных железобетонных панелей, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1954.

Ушков Ф. В., Влияние воздухопроницаемости на теплозащиту стен зданий, «Стекло и керамика» № 2, 1953.

Ушков Ф. В., Стеновые пустотелые керамические блоки, «Бюллетень строительной техники» № 23, 1952.

Ушков Ф. В., Метод расчета увлажнения ограждающих частей зданий, Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1955.

Фокин К. Ф., Методология зимних наблюдений для оценки теплотехнического и санитарно-гигиенического режима жилых помещений, Гостехиздат, 1929.

Фокин К. Ф., Строительная теплотехника ограждающих частей зданий:

изд. 1, Госстройиздат, 1933.

изд. 2, ОНТИ, 1937,

изд. 3. Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1954.

Фокин К. Ф., Расчетные температуры наружного воздуха, Стандартгиз, 1946.

Фокин К. Ф., Применение тепломера для определения теплозащитных свойств наружных ограждений, «Исследования по строительной физике» № 4, под редакцией Брилинга Р. Е., Госстройиздат, 1951.

Фокин К. Ф., Расчет пространственного температурного поля при наличии в нем оси симметрии, ЦНИПС, «Исследования по строительной физике» № 4, под редакцией Брилинга Р. Е., Госстройиздат, 1951.

Франчук А. У., Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов, Стройиздат, 1949.

Франчук А. У., Теплопроводность строительных материалов в зависимости от влажности, Стройиздат Наркомстроя СССР, 1941.

Шелейховский Г. В., Микроклимат южных городов, Издательство Академии медицинских наук СССР, 1948.

Шкловер А. М., Расчет ограждений на теплоустойчивость по отношению к наружным температурным колебаниям, «Материалы и конструкции в современной архитектуре» № 4, изд. Академии архитектуры СССР, 1949.

Шкловер А. М., Метод расчета зданий на теплоустойчивость, изд. Академии архитектуры СССР, 1945.

Шкловер А. М., Теплопередача периодических тепловых воздействий, Госэнергоиздат, 1952.

Шкловер А. М., О расчете наружных ограждений на увлажнение методом стационарного режима, «Материалы и конструкции в современной архитектуре» № 4, изд. Академии архитектуры СССР, 1949.

Шкловер А. М., Теплоустойчивость зданий, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1952.

Шкловер А. М., Теплотехнические расчеты зданий, расположенных на юге СССР, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1952.

Шкловер А. М., и Васильев Б. Ф., Теплотехнический анализ новых эффективных стен для многоэтажного строительства г. Москвы (по материалам лаборатории теплофизики Научно-исследовательского института строительной техники Академии архитектуры СССР), К научно-техническому совещанию по жилищно-гражданскому строительству МГК ВКП(б), Издательство «Московская правда», 1950.

Шкловер А. М., Васильев Б. Ф., Основы строительной теплотехники, Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1956.

Юргенсон Л. К., Тепловая экономика жилого здания, Издательство Министерства коммунального хозяйства РСФСР, 1949.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Стр.

Предисловие 3
Введение 5

Раздел первый

РЕЖИМ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Глава I. **Здания со стенами из кирпича и керамических блоков**

1. Краткий обзор развития конструкций кирпичных стен. Теплотехнические особенности стен из кирпича и керамических блоков . . . 11
2. Влажностный режим кирпичных стен 17
3. Воздухопроницаемость стен 32
4. Теплопередача и температурный режим стен 43
5. Теплоустойчивость кирпичных стен 53
6. Выводы из наблюдений и обобщения 56

Глава II. **Крупнопанельные и крупноблочные дома**

1. Наружные ограждения крупнопанельных и крупноблочных домов в их конструктивные варианты 62
2. Влажностный режим крупнопанельных и крупноблочных стен . . . 63
3. Воздухопроницаемость конструкций и распределение температур в ограждениях 69
4. Теплопередача и температурный режим ограждений. Тепловые мосты 78
5. Выводы из наблюдений и обобщения. Теплотехнические вопросы, стоящие перед крупнопанельным и крупноблочным строительством 88

Глава III. **Деревянные здания заводского изготовления**

1. Основные особенности деревянного здания заводского изготовления с теплотехнической точки зрения. Фольга в качестве теплоизоляции 91
2. Влажностный режим деревянных стен и перекрытий 102
3. Воздухопроницаемость ограждений и сопряжений элементов 107
4. Теплопередача и температурный режим ограждений 116
5. Теплоустойчивость ограждений 121
6. Выводы из наблюдений и обобщения 123

Стр.

Глава IV. Воздухопроницаемость оконных проемов 124

Раздел второй

РЕЖИМ ПОМЕЩЕНИЙ

Глава V. Температурный режим помещений

1. Распределение температур по вертикали 129
2. Распределение температур по горизонтали 139
3. Колебания $t_в$ во времени в зависимости от разных факторов . . 142

Глава VI. Влажностный режим помещений

1. Влажность воздуха в помещении и ее колебания в зависимости от различных факторов 151
2. Распределение влажности по вертикали 156

Глава VII. Воздухообмен

1. Воздухообмен как следствие теплового и ветрового напоров . . . 157
2. Результаты исследования воздухообмена 159

Раздел третий

ЛЕТНИЕ НАТУРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

Глава VIII. Температурный режим ограждений и помещений в жарких климатических районах

1. Условия, в которых находится здание в жарком климате 166
2. Сквозное затухание наружных суммарных температур в ограждениях 171
3. Среднесуточные температуры в помещении. Роль пола первого этажа 181
4. Количество тепла, вносимого солнцем через окна 187
5. Различные методы борьбы с перегревом помещений 189
6. Искусственное охлаждение 196
7. Выводы из наблюдений 197

Глава IX. Перспективы дальнейшего развития строительства 199

Список литературы 205

Инв. № 297182

ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать	По чьей вине
16	8 сверху	не закупоривает	но закупоривает	Автора
48	14 снизу	$(18 - t_{\text{н. макс}})$ 7,9	$(18 - t_{\text{н. макс}}) : 7{,}9$	»
98	11 »	$0{,}5\ м^2час\left(\frac{\text{абс. град.}}{100}\right)^4/ккал$	$0{,}5\ м^2час\ град/ккал$	»
173	3 сверху	$t_{\text{н}}$	$\tau_{\text{н}}$	»
208	5 снизу	Шкловер А. М., Васильев Б. Ф.	Шкловер А. М., Васильев Б. Ф., Ущков Ф. В.	Типографии

Зак. 1327

Борис Федорович Васильев

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ТЕМПЕРАТУРНО-
ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА
ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

Редактор *Д. К Нинемяги*
Техн. редактор *Э. М. Элькина*

Сдано в набор 17/X 1956 г. Подписано к печати 5/IV 1957 г. Т 03477 Бумага 60 × 92¹/₁₆—6,88 бум. л.—13,25 печ. л.+2 вкл. 0,5 печ. л. (14,30 уч.-изд. л.). Изд. № VIII—1556. Заказ № 1327 Тираж 3000 экз. Цена 10 руб. Переплет 1 руб.

Типография № 2 Государственного издательства литературы по строительству и архитектуре, Ленинград, ул. Марата, 58

Цена 11 руб.