

694.315-2
4050

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН ТАШКЕНТСКИЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ИНСТИТУТ

Маракаев Р. Ю.
Акрамов Х. А.
Хаирова Д. Р.
Кучкаров Р. А.

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

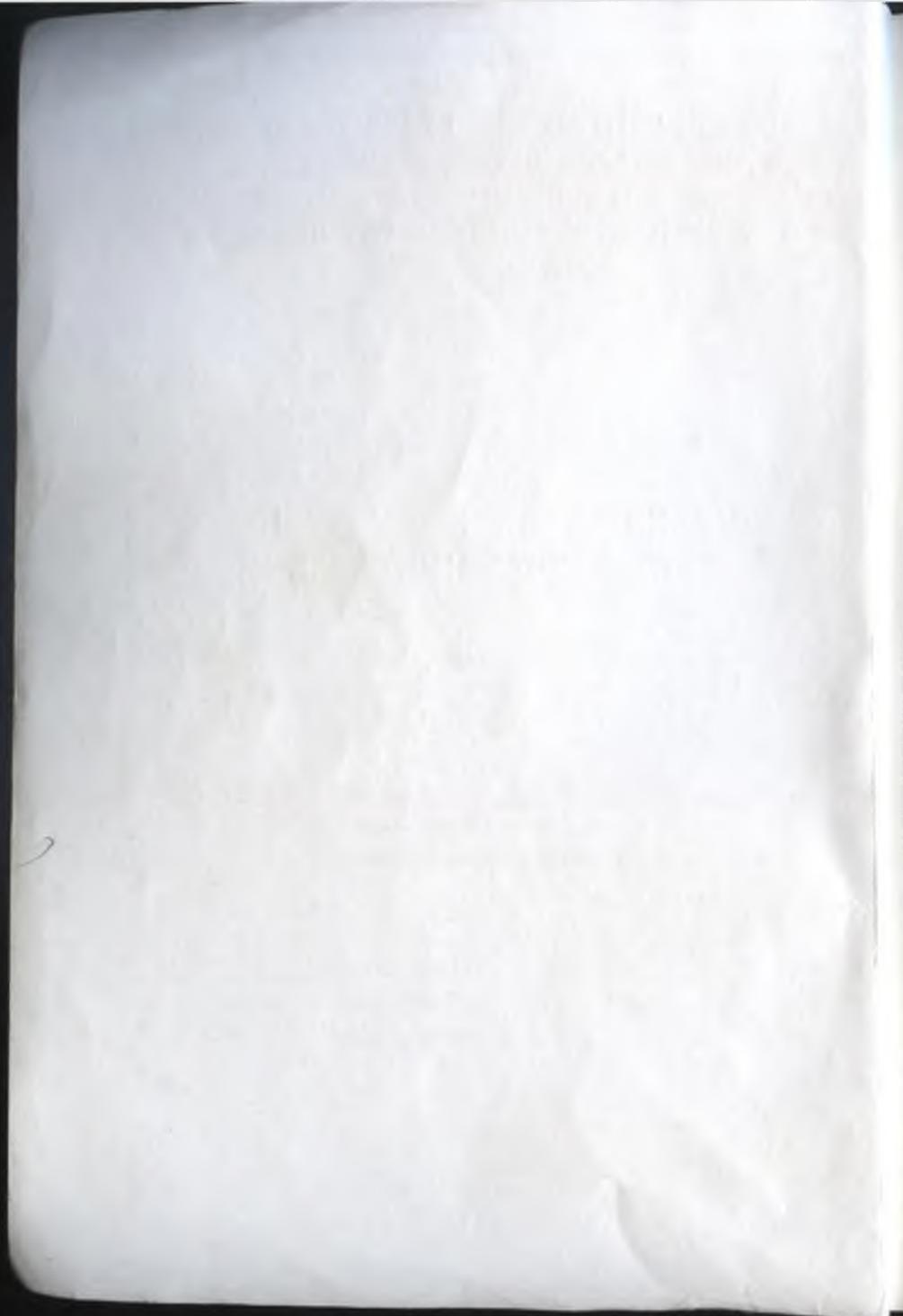
Часть I

Теория и практика теплотехнических расчетов
ограждающих конструкций зданий
с экономической оценкой их

Часть II

Энергосберегающие и альтернативные методы
повышения тепловой эффективности
проектируемых зданий

Ташкент — 2003



687.3
Ф-50

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

Маражаев Р.Ю.
Акрамов Х.А.
Хаирова Д.Р.
Кучкаров Р.А.

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЗДАНИЙ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Часть I

Теория и практика теплотехнических расчетов
ограждающих конструкций зданий
с экономической оценкой их

Часть II

Энергосберегающие и альтернативные методы
повышения тепловой эффективности
проектируемых зданий

TAQI kutubxonasi

№

Б/И

Ташкент - 2003

БИБЛИОТЕКА
Бух. ТНП и ЛП
№ 74216

Авторы Маракаев Р.Ю., Акрамов Х.А., Хаирова Д.Р., Кучкаров Р.А.
Физико-технические основы проектирования зданий.

**Часть I. Теория и практика теплотехнических расчетов
ограждающих конструкций зданий с экономической оценкой их**

**Часть II. Энергосберегающие и альтернативные методы
повышения тепловой эффективности проектируемых зданий**

Учебное пособие.

(Маракаев Р.Ю., Акрамов Х.А., Хаирова Д.Р., Кучкаров Р.А.
ТАСИ, 2003 г - 193 стр.)

В учебном пособии рассмотрены и проанализированы основы и профессиональные методы проектирования теплозащиты зданий. Теплофизические характеристики и расчёты ограждающих конструкций при однородных и неоднородных условиях теплопередачи: теплоустойчивость ограждающих конструкций; методы расчётов теплоусвоения поверхности пола; сопротивление воздухопроницаемости и паропроницанию ограждающих конструкций; приёмы теплофизического проектирования компактности зданий и методов их расчёта; внедрение энергосберегающей архитектуры зданий с помощью пассивных и активных систем солнечного обогрева, а также технико-экономического обоснования их.

В пособии приведены способы повышения теплозащиты зданий при ремонте и реконструкции их, а также большое количество справочных показателей, позволяющих введение их в расчёты и ЭВМ для определения ТЭП многовариантного решения проектируемого здания.

Цель учебного пособия – подготовить студентов магистров (5А580201) “Строительные конструкции, здания и сооружения” и бакалавров (5580100) “Архитектура зданий и сооружений” к профессиональному решению задач научно-исследовательского и практического анализа и проектирования на основе современных методик, обеспечения необходимой информации, способствующей выработке аналитических подходов и навыков самостоятельной деятельности и принятия решений.

Ответственный редактор: канд. технических наук, доцент Пирматов Р.Х.

Рецензенты: 1) Заслуженный архитектор Республики Узбекистан, академик международной академии архитектуры, главный архитектор АСО института «УзшахарсозликЛИТИ» - Сутягин С.М.

2) Зав. кафедры «Архитектурное проектирование», заслуженный архитектор Республики Узбекистан доктор архитектуры, профессор - Хидоятлов Т.А.

Рекомендовано Министерством высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан в качестве учебного пособия для студентов магистров (5А580201) специальности «Здания и сооружения», а также бакалавров (580100) специальности «Архитектура».

Часть I

1. Введение и состояние проблемы дисциплины «Строительная теплотехника»

В Закон Олий Мажлиса «Градостроительный кодекс Республики Узбекистан» (апрель 2002г.) установлены требования формирования и реализации концепции дильнейшего развития градостроительства и архитектуры, архитектурно-планировочной структуры городов, норм, стандартов, нормативно-правовых актов и других положений с целью реализации права граждан на благоприятную среду жизнедеятельности, градостроительных и санитарно-гигиенических норм и правил, а также обеспечения выполнения требований нормативно-правовых актов градостроительной и проектной документации и контроля за их соблюдением.

В декабре 2000 года введён закон Республики Узбекистан «Об ответственности юридических лиц за правонарушения в области строительства», где установлены нормы ответственности юридических лиц проектных и строительных организаций за нарушение нормативных актов, требований государственных стандартов, строительных норм и правил, порядка строительства объектов и приёмки их в эксплуатацию.

В докладе Президента Республики Узбекистан И. Каримова «Стратегия реформ – повышение экономического потенциала страны» февраль 2003 года на заседании Кабинета Министров, посвященном итогам социально-экономического развития страны в 2002 году и на 2003 год отмечено последовательное и целенаправленное претворение в жизнь либерализации, углубление экономических реформ обеспечение стабильного и пропорционального развития экономики благосостояние населения. Наряду с успехами и имеющимися проблемами мешающими реформированию отрасли экономики и социальной сферы, осуществление Национальной программы подготовки кадров указано: серьезные недостатки переподготовки и повышения квалификации работников отраслей слабое углубление реформ в сфере капитального строительства; низкое качество и вокая стоимость проектно-сметной документации, ценообразования; проблемы обеспечения рационального и экономного использования важнейших ресурсов – воды, газа, тепла.

Проблема энерго- и ресурсосбережения при строительстве, реконструкции и эксплуатации зданий и сооружений требуют наряду с разработкой эффективных конструкций, материалов, объёмно-планировочных и др. решений более объективной оценки их теплофизических свойств и характеристик окружающей среды.

На отопление в стране расходуется до 40% всей вырабатываемой энергии, что почти в два раза больше, чем даже в европейских странах. Удельные расходы энергии на отопление многоквартирных домов составляют 350 и более кВт·ч/м², односемейных до 600 кВт·ч/м², что опять выше, чем в Швеции, Финляндии и ряда других стран.

Выполнение топливно-энергетической концепции Республики Узбекистан требует разработки и внедрения перспективных комплексных программ энергосбережения при строительстве, реконструкции и эксплуатации зданий, предусматривающие:- снижение энергопотребления на отопление путём повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций и их нормативных требований (наружных стен, покрытий, окон, дверей и др.);

- разработки энергетических основ теплового, воздушного и влажностного режима в целом здания, как единой системы;

- выработки методов расчета оптимальных размеров и ориентации зданий на основе минимизации теплопотерь зимой и теплопоступлений в теплый период года с учётом воздействия солнечной радиации и ветра;

- введение нормирования энергетических и теплотехнических характеристик здания в целом и дополнение к поэлементному нормированию;

- установление взаимосвязи уровня требований к комфорту помещений с обеспеченностью расчётных температур наружного воздуха, расчётного коэффициента теплопроводности материала и сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций проектируемых зданий с методами оценки их качественных показателей;

- введение новых нормативных характеристик показателя компактности параметров и форм здания — K_k , обобщённой воздухопроницаемости здания - G , показателей сравнительного анализа годового удельного энергопотребления на отопление и удельной мощности отопления зданий;

- разработки нормативных требований к светопрозрачным конструкциям;

- более широкому внедрению гелиодомов и т.п.

Вопрос оптимизации теплозащиты зданий, а следовательно, и оптимизации наружных ограждений, архитектурно-художественного облика и инженерных средств включает в себя максимальное снижение затрат энергии на отопление зданий зимой и охлаждение летом, создание конструкций и архитектурных средств с нормируемой надёжностью эксплуатационных параметров для районов с экстремальными климатическими условиями Узбекистана - одна из важнейших проблем страны.

Теплотехническая научно-практическая школа Узбекистана благодаря трудам докторов наук И.С. Суханова, Х.Н. Нуретдинова, кандидатов наук А.М. Камилова, Е.А. Солдатова, Е.А. Насонова, А.А. Ерзина, П.А. Азизова, Ф.Ф. Хайрудиновой, У.К. Каххарова, Е.И. Угрюмова, Ю.К. Рашидова, С.А. Хамидова, Р.А. Кучкарова, Р.Ю. Маракаева и многих других, а также деятельности лаборатории строительной физики УзЛИИТИ и ТАСИ известны не только в странах СНГ, но и в дальнем зарубежье. Благодаря исследованиям в проектах новых и экспериментальных домов предусмотрены новые конструктивные решения стен, покрытий, стыков: новые эффективные теплоизоляционные материалы, различные виды инженерного оборудования, а также новые методы расчета и нормирования инсоляции, солнцезащитных средств, средств естественного и искусственного регулирования микроклимата, а также архитектурные приёмы теплозащиты зданий. Однако научно-практические разработки и решения проблем повышения тепловой эффективности отдельных частей здания проводились по пути выявления эффективности отдельных частей здания и в основном для вновь строящихся жилых зданий: без моделирования теплотехнических ситуаций на ЭВМ с использованием системного анализа; без объединения усилий работников различных организаций по комплексно-целевой программе в отрыве от архитектурных приёмов теплозащиты зданий.

Исходя из зарубежного опыта США, Франции, Канады и других стран, сегодня стране необходимо государственная программа исследования проблем повы-

шения теплоэффективности жилых и общественных зданий, создание научно-исследовательского центра с высокооснащённой лабораторно-экспериментальной базой, наличие экспериментального дома для наблюдения и анализа новых материалов, новой инженерной техники и средств контроля. И если проблема повышения тепловой эффективности на уровне санитарно-гигиенических норм выполнения требований КМК 2.01.04-97 г. решается во вновь строящихся жилых зданиях, то аналогичные вопросы в реконструируемых домах практически не изучены. Известно, что только в Ташкенте из более чем 9 тысяч жилых многоэтажных домов свыше 60 процентов введено в эксплуатацию 30 и более лет тому назад и требуют капитального, в том числе теплоэффективного ремонта [2].

Установлено, что эксплуатируемые жилые здания имеют сравнительно низкий уровень теплозащиты, так как повышающие ее нормативы, приведенные в таблицах 2.3 КМК, были введены в действие в 1997 г. [22]. В этой связи повышение уровня теплозащиты ограждающих конструкций обусловлено не только необходимостью доведения их до уровня новых норм, но и очень частым несоответствием фактического сопротивления теплопередаче наружных стен, покрытий, световых проёмов расчётным их величинам. Это чаще всего наблюдается в крупнопанельных и каркасно-панельных зданиях, что является следствием не только пониженного качества СМР, но и повышенной влажности панелей, объёмной плотности материала, несовершенством стыков, старения утеплителей и рядом других причин.

Несмотря на то, что в Узбекистане зима непродолжительная и относительно мягкая, дефекты неудовлетворительной теплозащиты значительны. Так, исследования С.А. Хамидова [30], проведенные в крупнопанельных жилых зданиях города Чирчика, а они характерны и для других городов Узбекистана, показали, что практически во всех микрорайонах города имеются дома и отдельные квартиры, в которых наблюдаются промерзания углов и стыковых соединений панелей наружных стен, отсыревание и плесень на внутренних поверхностях панелей, протекание мест сопряжения балконных плит перекрытия со стеновыми панелями, а также выпадение конденсата на поверхностях стен и потолка, в застеклённых лоджиях, следствием чего являются плесень, тёмно-серые пятна, повышенная влажность внутреннего воздуха помещения. Исследования показали, что одна из причин этих дефектов - повышенная влажность и объёмная плотность материала наружных стен, превышающие нормативные показатели соответственно на 5-20%. В результате этих исследований установлено, что эксплуатационные характеристики этих ограждений в зимних условиях не удовлетворяют даже минимальным нормативным требованиям к их теплозащите. Известно, что экономическая эффективность увеличения теплозащиты многих зданий, подлежащих ремонту и реконструкции, окупится в течение нескольких лет за счёт снижения тепловой энергии, затрачиваемой на их отопление и охлаждение, а с учетом социальных факторов повышения комфортности воздушной среды её роль неизмеримо возрастает.

Патентный анализ литературных источников более 50 наименований исследования автора показали:

1. Одна из причин низкой теплоэффективности и вследствие чего большого количества дефектов – повышенная влажность и объёмная плотность материала наружных стен, превышающие нормативные показатели соответственно на 5-20%. В результате исследований (Маракаева, Хамидова и др.) установлено, что эксплуатационные характеристики этих ограждений в зимних условиях не удовлетворяют нормативным требованиям к их теплозащите.
2. Заниженность нормативных требований Узбекистана в (КМК 2.01.04-97) мировым нормам и стандартам для стран приблизительно аналогичным климатическим условиям (так например, по новым российским требованиям, в том числе для южных районов, $R^{\text{т}} \geq 3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$).
3. Строительно-климатическое зонирование территории Узбекистана (Ia, 1б, Iв II, III) недостаточно учитывается в действующих нормативах КМК "Строительная теплотехника" и в проектной эксплуатационной практике.
4. Теплоэффективность эксплуатируемых ограждающих конструкций панельных зданий не удовлетворяет комфортным условиям.
5. Теплопотери через стыки, неплотности, щели в эксплуатируемых зданиях значительно превышают нормативные значения.
6. Конструкции окон и их воздухопроницаемость ведут к значительным теплопотерям и составляет до 40 % всех теплопотерь.
7. Не разработана нормативная документация и рекомендации к методам повышению теплозащиты реконструируемых и капитально ремонтируемых зданий.
8. Не достаточно разработаны стандарты и методы контроля за выполнением нормативных требований КМК.
9. Не разработаны техничко-экономические показатели уровня теплозащиты зданий различных конструктивных систем и материалов.
10. Нет объективных данных учёта социальных факторов повышения комфортности воздушной среды в зависимости от уровня теплозащиты зданий.

Создание энергоэффективных зданий диктует необходимость:

1. Разработка новых более жёстких нормативов по теплозащите зданий, которые касаются как отдельных элементов ограждающих конструкций, так и здания в целом как единой энергетической системы;
2. Увеличения уровня теплозащиты непрозрачных ограждающих конструкций;
3. Внедрение окон из теплоизоляционного стекла и новых технологий, повышающих уровень теплозащиты;
4. Оптимизация размеров материалов и решение конструкции окон и их ориентации;
5. Снижение воздухопроницаемости зданий путём увеличения термического сопротивления промерзающих стен за счёт эффективных теплоизоляционных материалов;
6. Совершенствование градостроительных, архитектурно-композиционных и объёмно-планировочных решений здания;

7. Внедрение эффективных систем отопления, вентиляции и средств контроля, учёта и оптимизации работы системы отопления;
8. Внедрение энергоэффективных, энергоактивных зданий.

2. Общие положения и задачи курса

2.1. Общие положения

1.1 Действующие в стране нормы строительной теплотехники (КМК 2.01.04-97) должны соблюдаться при проектировании ограждающих конструкций (наружных и внутренних стен, перегородок, полов, покрытий, заполнение проёмов окон, дверей, фонарей, ворот), новых и реконструированных зданий различного назначения (жилых, производственных, вспомогательных, сельскохозяйственных) с нормируемой температурой и относительной влажностью внутреннего воздуха.

1.2 В целях сокращения потерь тепла в зимний период и поступления тепла в летний период при проектировании следует предусматривать:

- а) объёмно-планировочные решения с учётом обеспечения наименьшей площади ограждающих конструкций;
- б) солнцезащиту световых проёмов в соответствии с нормативной величиной коэффициента теплопропускания солнцезащитных устройств;
- в) площадь световых проёмов в соответствии нормируемым значением коэффициента естественной освещённости;
- г) рациональное применение эффективных теплозащитных материалов;
- д) уплотнение притворов и фальцев в заполнении проёмов и в сопряжении элементов и швов в наружных стенах и покрытиях.

1.3. Влажностный режим помещений зданий и сооружений в зимний период в зависимости от относительной влажности и температуры внутреннего воздуха следует устанавливать согласно таблице 1.1.

Таблица 1.1

Режим	Влажность внутреннего воздуха, % при температуре		
	До 12° С	12-24° С	>24°С
Сухой	60	До 50	До 40
Нормальный	60-75	50-60	40-50
Влажный	более 75	60-75	50-60
Мокрый	-	>75	>60

1.4. Условия эксплуатации ограждающих конструкций в зависимости от влажностного режима помещения и зон влажности, по таблице 1.2.

Таблица 1.2

Влажностный режим помещений согласно таб. 1.1.	Условия эксплуатации «А» или «Б» в зонах влажности 1, 2, 3		
	сухой	нормальный	влажный
Сухой	А	А	Б
Нормальный	А	Б	Б
Влажный	Б	Б	Б
Мокрый	-	-	-

1.5. Гидроизоляция стен (горизонтальная и вертикальная) от увлажнения грунтовой влагой.

1.6. Защиту внутренней и наружной поверхности стен от воздействия влаги (производственной, бытовой) и атмосферных осадков - облицовкой, штукатуркой, окраской водоустойчивыми составами и др.

1.7. В наружных стенах гражданских зданий с сухим и нормальным режимом помещений допускается предусматривать невентилируемые (замкнутые) воздушные прослойки.

1.8. В справочном пособии [40] установлены следующие принципы тепло-технического проектирования ограждающих конструкций здания:

1. Предпочтительны варианты, которые при удовлетворении нормативных требований обеспечивают снижение топливно-энергетических и материальных ресурсов.
2. Многослойные наружные стены с использованием эффективного теплоизоляционного материала эффективны по сравнению с однослойными. Однослойные эффективны при плотности материала: лёгкого бетона менее 1000 кг/м^3 (600), ячеистого менее 800 кг/м^3 и кладки из пустотелых камней и кирпича.
3. При проектировании наружных ограждений с теплопроводными включениями располагать:
 - в многослойных конструкциях с тёплой стороны материала с большим коэффициентом теплопроводности;
 - теплопроводные включения, размещаемые внутри ограждения, целесообразно располагать ближе к холодной стороне ограждения.
4. Оптимальная толщина вентилируемой воздушной прослойки в наружных стенах 0,05 – 0,1 м., высота 5-6 м.
5. Наружные ограждения с замкнутыми воздушными прослойками эффективны при небольшой толщине и расположении их ближе к наружной поверхности. Особенно увеличивается эффект, если покрыть одну из поверхностей воздушной прослойки алюминиевой фольгой.
6. Для предупреждения переувлажнения материала наружных конструкций необходимо располагать слои с большим сопротивлением паропроницанию с внутренней стороны.

7. Для защиты здания от перегрева рекомендуется применение: солнцезащитных устройств световых проёмов, организованное проветривание, ориентация зданий, солнцезащитное остекление, окраска в светлые тона.

Таким образом, при разработке проектно-сметной документации и наиболее целесообразных объёмно-планировочных и конструктивных решений зданий, выбора типов и материалов ограждающих конструкций, обеспечение нормированных параметров внутренней среды, а также защиты человека от неблагоприятных влияний внешней среды, учёта требований экономики и других вопросов, необходимо знание проблем строительной теплофизики и методов их расчётов. Эти задачи включают:

1. Рассмотрение основных закономерностей процессов теплообмена и массообмена в зданиях и их конструкциях;

2. Учёт влияния внешних физико-климатических воздействий и особенности проектирования зданий в строительной-климатических зонах Узбекистана;

3. Особенности микроклимата помещений, распределение тепла и влаги в объёме помещения, особенности воздухообмена и другие вопросы в зависимости от функционально-технического процесса, объёмно-планировочных решений, естественных и искусственных средств обеспечения микроклимата;

4. Обоснование основных теплофизических свойств ограждающих конструкций, определяемых расчётом по установившемуся стационарному потоку тепла для условий холодного периода года;

5. Установление теплофизических данных для расчета ограждающих конструкций по неустановившимся условиям теплообмена (теплоустойчивость, расчёт в условиях летнего перегрева при периодических тепловых воздействиях солнечной радиации или при расчёте помещения с печным отоплением);

6. Проведение теплофизического расчёта полов здания различного назначения;

7. Учет влажностного состояния ограждающих конструкций и их изменения, т.е. состояние влагосодержания капиллярно-пористых материалов, входящих в состав конструкции и сопротивление влагообмену;

8. Определение воздухопроницаемости ограждающих конструкций и методики расчёта сопротивления воздухопроницанию стыков, оконных проёмов и др.;

9. Учет влияния параметров здания (форма, этажность, ширина, протяжённость) на теплоэффективность здания;

10. Определение технико-экономических показателей долговечности и стойкости материалов и обеспечения их надёжности в период эксплуатации здания с теплофизических точек зрения;

11. Внедрение энергосберегающей архитектуры зданий с помощью пассивных и активных систем солнечного обогрева;

12. Обоснования и выбор методов повышения теплозащиты зданий при реконструкции и ремонте зданий;

13. Установление методов технико-экономических оценок проектирования теплозащиты зданий.

2.2. Краткие климатические характеристики Узбекистана

Проектирование гражданских зданий в Узбекистане осуществляется согласно требованиям КМК 2.08.01-94 и 2.08.02-98 [20, 21] с учётом природно-климатических, социально-демографических условий регионов, национально-бытовых особенностей населения и его культурных традиций и потребностей, а также в соответствии с зонированием (I, II, III) территории страны [19]. По создаваемому удобству - комфортности и уровню оснащения инженерным оборудованием и характеристикам параметров воздушно-теплого режима, жилые здания подразделяются на три класса комфортности: обычный, улучшенный и высокий с расчётными параметрами микроклимата воздухообмена и инженерного оборудования [табл. 15, 16 - [20]].

Градостроительные и объёмно-планировочные решения, ограждающие конструкции зданий, инженерное оборудование должны обеспечивать благоприятные микроклиматические условия среды (оптимальную температуру, влажность, подвижность воздуха, благоприятный радиационный режим и т.п.). Насколько комфортно построен город, здание или сооружение и насколько гармонически они вписываются в природу, зависит жизнь человека и сохранение природы. Никогда ещё «природа-климат-человек» не стояло так остро, как сегодня. Глобальная урбанизация, миграция населения, массовое индустриальное строительство, рост городов, широкое использование невозобновляемых источников топлива, уменьшение пахотной земли, лесов, загрязнение атмосферы беспрецедентно обострили эту проблему.

Первые письменные источники о природно-климатических факторах Самарканда, Бухары и других городов Узбекистана относятся к IV в. до н. э., когда греко-македонская армия вторглась в Мараканду, затем отражены в трудах путешественников V-X веков. Наиболее многочисленные сведения о природе, климате, естественных ресурсах и гидрографии и т.п. можно найти в «Бабур-наме» (1499-1502 г.), однако они носили лишь качественную оценку без количественных показателей и аргументированных обоснований.

Так, исторически сложившийся архитектурный облик Самарканда формировался под влиянием климатических факторов. Улицы города ориентировались в основном с востока на запад и ЮВ на СЗ - навстречу движению солнца и параллельно преобладающим ветрам, что обеспечивает хорошую инсоляцию и проветривание. Для жилых и общественных зданий характерно сочетание крытых помещений и открытых дворигов, веранд, галлерей, балконов, между которыми существует определенная пропорция, связанная с влиянием погодных условий. Окна и двери украшались цветными стёклами, которые также защищали от солнечных лучей и снижали температуру воздуха. Фасады домов, двери и окна располагались преимущественно на В и Ю, чтобы "восточные" ветры могли проникать в помещение и солнце достигало бы любое место. В орнаментации памятников две гаммы тонов: синие - лилово - голубая и серо - жёлтая, светло-коричневая, терракотовая. Эти цвета приближают к классической лазури неба и подчеркивают голубизну фона и неба.

Таким образом, известно, что большинство физико-климатических воздействий, воспринимаемых зданиями и сооружениями, являются комплексными, вызываемые совместными действиями солнечной радиации, температуры, влажности,

осадков, ветра, природных условий, географической широты, высоты, уровня моря, параметров и ориентации здания и других факторов.

Характерными чертами климата Узбекистана является засушливость, обилие тепла и света, континентальность, которая выражается в межгодовой и внутригодовой изменчивости климатических элементов. В соответствии с зонированием территории [19, 20], до 80 процентов территории относится к I зоне, находящиеся под активным влиянием климата пустынь с экстремальными летними условиями - с особо высокой продолжительностью перегревного периода (подзона IA и IB), с повышенной запылённостью воздуха (IA, IB, IG), с холодной зимой (IG). II зона - предгорные оазисы, долины и низкогорные районы с относительно благоприятными ландшафтно-климатическими условиями. III зона - высокогорные районы с экстремальными зимними условиями. Характеристики зон, подзон и их влияние на архитектурно-строительное проектирование даны в КМК 2.01.01-94 "Климатические и физико-геологические условия для проектирования", а также в 2.07.01-94 "Градостроительство" и учебное пособие "Архитектурная климатология" [32].

Из анализа литературных источников можно констатировать:

1. Солнечная радиация. Для Узбекистана характерно высокое стояние солнца в течение года. В Ташкенте в июне высота солнца над горизонтом достигает 72° , в Термезе - 76° . продолжительность дня летом до 15 часов, зимой - 9 ч. В связи с высоким стоянием солнца, малой облачностью велика продолжительность солнечного сияния, так в равнинных районах оно составляет от 2500 до 3000 ч. (Фергана - 2600 ч., Ташкент - 2900 ч., Термез - 3060 ч.). С солнечным сиянием связано и количество тепла, получаемого поверхностью земли. За год территория получает суммарную радиацию 587 МДж/м^2 или 140 ккал/см^2 в северной части и примерно 670 МДж/м^2 , или 160 ккал/см^2 в южной части.

Из них 65-70 % - прямая радиация, 25-30 % - отражённая, остальная поглощается поверхностью земли. 70-80 % поступающего тепла идёт на нагревание почвы и воздуха.

2. Циркуляция атмосферы. В циркуляции атмосферы участвуют арктические, умеренные и тропические воздушные массы. В холодное полугодие (ноябрь-апрель) наблюдается активные циклонические и антициклонические деятельности и значительное количество осадков, на которую приходится соответственно до 24 % - 30 % числа дней холодного полугодия. Циклонические прорывы чаще всего завершаются вторжением холодного арктического воздуха с С.-З. или с С и устанавливается сравнительно суровая зима с неустойчивой погодой, частыми оттепелями, большой облачностью и осадками.

В тёплую половину года (май-октябрь) в связи с высокими температурами и периодически проходящими прохладными вторжениями происходят слабые циклоны (термические депрессии), которые действуют как вентилятор, вовлекая в свою циркуляцию холодные вторжения и периодически прерывая нарастание летней жары.

3. Термический режим. Для Узбекистана характерна довольно холодная зима и жаркое продолжительное лето. Самый холодный месяц - январь. Средняя температура изменяется на равнинах от -10° на Устюрте до $2-3^\circ$ на Ю.В.

(Термез). Абсолютный минимум температуры может опускаться до $-25-30^{\circ}$ на Ю и до $-35-38^{\circ}$ на С.З. Но даже зимой во всех частях Узбекистана возможны значительные потепления: на равнинах до $15-20^{\circ}$, в горах — до $5-10^{\circ}$. С наступлением весны температура быстро повышается до $10-15^{\circ}$, однако может понизиться в определённые периоды до $-2-6^{\circ}$ на равнинах и до $-12-18^{\circ}$ в предгорьях. Самым жарким месяцем является июль, в горах — июль-август. Средняя температура на равнинах и предгорьях составляет $25-30^{\circ}$, в Термезе и Шерабаде до $31-32^{\circ}$. В горах с высотой температура воздуха понижается на $0,3-0,5^{\circ}$ зимой и на $0,6-0,9^{\circ}$ — летом на каждые 100 м. высоты. Абсолютная максимальная температура достигает в равнинных и предгорных районах $42-47^{\circ}$ (Термез $49,6^{\circ}$ — 21.07.1914 г.). В летние месяцы возможны кратковременные похолодания до $7-15^{\circ}$ на равнинах и $4-10^{\circ}$ в горах. Суточная амплитуда температуры летом $15-20^{\circ}$. Продолжительность безморозного периода составляет в среднем 200-220 дней.

4. Режим увлажнения. В январе на равнинах и предгорьях средняя относительная влажность воздуха составляет 70-80 % (Термез — 77 %, Ташкент — 73 %). В июле самой низкой влажностью характеризуются Кызылкум и Каршинская степь (20-30 %, а в отдельные дни до 5-10 %), в остальных районах в пределах 35-50 % число сухих дней в Шерабаде до 220 (в июле 30), в предгорных 120-180, Ферганской долине — 80-100, побережье Аральского моря 20-30. Высокие температуры и дефицит влажности обуславливают высокую испаряемость и составляют от 900 мм (побережье Аральского моря до 1200-1500 мм), на юге Кызылкума на равнинах среднегодовое количество осадков составляет 100-200 мм, а в отдельных регионах и меньше (Та-хиаташ — 79 мм). Выпадение осадков весной (30-50 %), зимой (25-40 %), осенью (10-20 %) годовой суммы. Межгодовая изменчивость количества осадков велика. Величина испаряемости в июле в 8-10 раз больше, чем в январе. Средняя многолетняя высота снежного покрова в равнинных районах 5-15 см, в предгорных — 10-25 см.
5. Режим ветров. В холодное время года на равнинах у поверхности земли чаще всего ветры С.В., в теплый период С и С.З. В горах ветровой режим зависит от ориентации хребтов. Так в Самарканде Ю.В. (34 %) и В. (19 %); в Джизаке — Ю.З. (32 %). В равнинной части территории средние годовые скорости ветра изменяются в пределах 2-5 м/сек, в Бекабаде зимой максимальная скорость может быть 30-45 м/сек, к сильным относятся также ветра в районе Коканда «афганец» на Ю.В. Воздействие рельефа проявляется в развитии горно-долинной циркуляции, способствующей перемещению пыли и влаги днём из предгорий в горы и ночью из гор в предгорья.
6. Климатические сезоны. Весна начинается с переходом средней суточной температуры через 5° в сторону её повышения и понижения зима. Начало лета — 20° в сторону повышения, а переход средней суточной температуры через 20° в сторону понижения является началом осени.

3. Некоторые особенности теплообмена и массообмена в зданиях и их конструкциях

3.1. Физические процессы переноса тепла

Основными физическими процессами, рассматриваемыми в архитектурно-строительной теплофизике, являются процессы переноса тепла, влаги и воздуха, происходящие в конструкциях и в помещениях зданий.

Тепло является одним из видов энергии, а влага и воздух конкретными видами вещества, поэтому их физические механизмы различны. Возникновение процессов переноса тепла и вещества (влаги, воздуха) в конструкциях или воздушной среде помещения возможно только при разности температур или давлений. Перенос тепла в твердых материалах (бетон, кирпич и т.п.) возникает при любой разности температур Δt , и количество переносимого тепла Q (q), всегда пропорционально разности потенциалов ($Q \sim \Delta t$).

Перенос влаги или воздуха связан с проницаемостью и особенностями пористой структуры материала, внутри которого происходит процесс переноса, а в материалах абсолютно плотных, возникает сопротивление, ограничивающее перенос или сопротивляющееся этому переносу. Перенос влаги связан с проницаемостью и пористостью структуры материала и возникает только при разности давления превышающее критическое давление.

Система, в которой устанавливается постоянное распределение значения температур или давлений приходит в состояние постоянного равновесного обмена теплом или веществом с окружающей средой.

Установившийся процесс такого постоянного обмена называют стационарным, а если нет такого установившегося процесса, то называют нестационарным.

Распределение тепла в материальных средах и в конструкциях и зданиях всегда связано с различным тепловым состоянием отдельных участков пространства, вызванным природными условиями или деятельностью человека. Происходящие процессы теплопередачи приводят к постоянному или изменяющемуся во времени распределению температур в среде помещения или в конструкции, а его одно-временное распределение температур называется температурным полем. При определенных теплофизических свойствах, рассматриваемых конструкций или среды материальной можно разделить на:

1) разность температур, вызывающей процесс теплопередачи. Значение температуры в любой произвольной точке конструкции неизменяющейся во времени и является функцией:

$$t = f(x, y, z) - \text{уравнение Лапласа}$$

2) при изменяющихся во времени внешних процессах:

$$t = f(x, y, z, \tau) - \text{дифференциальное уравнение Фурье.}$$

В строительной физике пространственные температурные поля рассматриваются редко, т.е. для практических целей достаточно двумерное температурное поле, в плане или разрезе конструкции $t = f(x, y)$, т.к. высота и длина конструкции предполагается достаточно протяженной и не влияет на распределение температур в плоском сечении.

3) в однородной плоской бесконечно протяжённой стене с постоянной разностью температур на противоположных поверхностях, где направление потока тепла возможна только в одном направлении, функциональная зависимость изменений температуры наиболее проста: $t = f(x)$. Рис. 3.1.

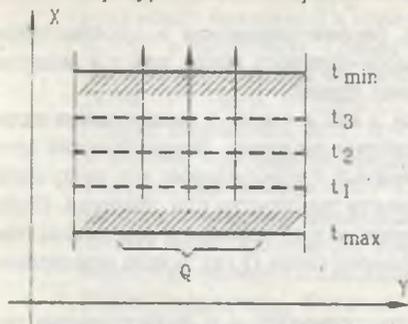


Рис. 3.1. Изолинии однородного температурного поля в плоской протяжённой стене (стационарные условия теплопередачи).

где:
 t – изолинии температур;
 Q – направление потока тепла.

Этот метод наиболее простой, но достаточен для практического расчёта. Он может несколько повысить запас теплофизической надёжности, т.к. внешняя t_{\min} наиболее неблагоприятна.

Изолинии температур в конструкциях более сложной геометрической формы выражаются 2-х мерным температурным полем и обычно не параллельны поверхностям ограждения, а криволинейны.

Так температурное поле простенка наружной стены трехслойной панели имеет вид, рис. 3.2.

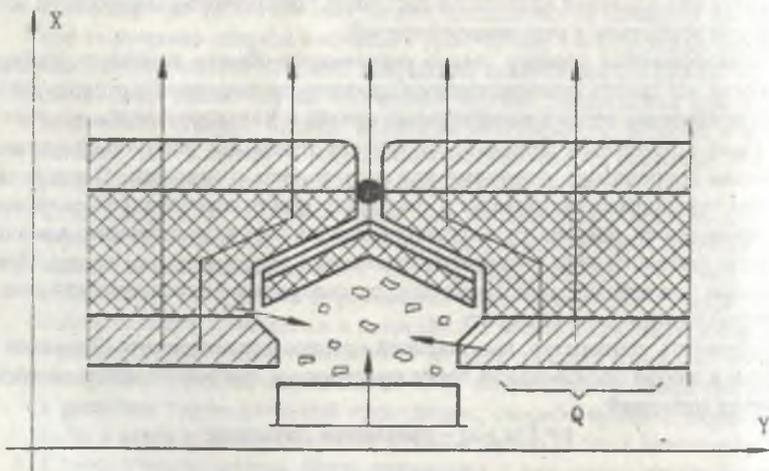


Рис. 3.2. Изолиния 2-х мерного температурного поля и направления тепла в стыках.

Внешние тепловые воздействия (наружные температуры, облучение солнцем, периодические охлаждения или перегрев и т.п.) изменяются во времени, что приводит к нестационарной (квазистационарной) теплопередаче, где кроме значения средней температуры необходимо знать величину амплитуды и запаздывания во времени температурных колебаний в рассматриваемых сечениях конструкции.

3.2. Виды распространения тепла в архитектурной теплофизике

Тепло распространяется от более высокой к более низкой. Это распространение может происходить теплопроводностью, конвекцией и излучением.

3.2.1. Передача тепла в ограждающих конструкциях, выполненных из твёрдых материалов, происходит, главным образом, теплопроводностью.

В общем виде количество тепла Q , передаваемая теплопроводностью, выражается формулой:

$$Q = -\lambda \text{ grad } t \cdot F \cdot z$$

где Q - количество тепла (через одну стену толщиной 1 м^2 в 1 час), $\text{Вт}/\text{м}^2$;
 $\text{grad } t$ - градиент температуры в направлении «х» к обратному потоку тепла, $^{\circ}\text{C}$;

«-» - говорит о том, что температура направлена в меньшую сторону температуры;

F - площадь, м^2 ;

λ - коэффициент теплопроводности материала ограждения, показывающий количество тепла, проходящего в единицу времени 1 м^2 стены, толщиной 1 м , при разности температур на его поверхности в 1°C , $\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$.

3.2.2. Конвекция - это распространение тепла путём перемещения в пространстве воздуха (жидкости или газа), обладающего определённым теплосодержанием (конструкции с воздушными прослойками или отапливаемые помещения).

Количество тепла, передаваемое конвекцией является функцией от разности температур Δt , скорости потока воздуха V , площади F и времени передачи z .

$$Q = f(\Delta t \cdot V \cdot F \cdot z),$$

где: Δt - разность температур наружной и внутренней поверхностей;

$$\Delta t = (t_n - t_s),$$

t_n - температура внутренней поверхности;

V - скорость потока воздуха; F - площадь; z - время передачи.

3.2.3. Излучение - это теплообмен между различно нагретыми поверхностями твёрдых тел, разделённых лучепрозрачной средой (воздухом).

Этот вид теплообмена является преобладающим при действии солнечной радиации.

$$Q_3 = C[(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] \cdot F \cdot z$$

где: Q_3 - количество тепла, передаваемое излучением при разности абсолютных температур ($T_1 - T_2$) между излучающей и облучаемой поверхностями, согласно закона Стефана - Больцмана;

C - удельная теплоёмкость, $C = \alpha_n \cdot 4,96$ ($\text{ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C}$) или $\text{кДж}/\text{кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$;

α_n - коэффициент теплопоглощения; T_1, T_2 - абсолютные температуры;

F - площадь; Z - время.

Процессы теплопередачи тепла в зданиях и их ограждающих конструкциях связаны со всеми 3 видами теплообмена, т.е.: в воздушной среде, у поверхности конструкции или в воздушных прослойках и излучением. Все виды обмена называются теплопередачей, а процесс теплообмена между внутренней и наружной поверхностью ограждающей конструкции и прилегающей к ней нагретой или охлаждающей воздушной средой называют тепловосприятием или теплоотдачей.

Дифференциальное уравнение теплопроводности – при одновременном распространении тепла в направлении x :

$$\frac{dt}{dz} = \frac{\lambda}{c\gamma} \cdot \frac{d^2t}{dx^2} \quad (\text{Дифференциальное уравнение Фурье})$$

$\lambda / c\gamma = \lambda$ - называется коэффициентом теплопроводности материала, Вт/(м·°C);

c - удельная теплоёмкость, кДж/(кг·°C);

γ - объёмная плотность материала, кг/м³ (кг/мм³).

Дифференцированное уравнение может быть использовано для изучения процессов влагообмена, происходящих в материальных системах при неизменной температуре.

3.2.4. Особенности теплообмена на поверхности ограждающих конструкций

При рассмотрении особенностей теплообмена между поверхностью ограждающей конструкции и воздушной средой помещения существенное значение имеет передача тепла конвекцией и излучением. В практических расчётах пользуются следующей зависимостью теплообмена:

$$Q = \alpha(t_n - \tau_n) \cdot F \cdot z,$$

α - коэффициент теплообмена, Вт/(м²·°C) или (ккал/м²·ч·°C);

$(t_n - \tau_n)$ - разность температур воздуха и поверхности ограждений;

F - площадь поверхности, м²; Z - время, час.

Величина обратная коэффициенту теплообмена называется сопротивлением теплообмену, (м²·°C)/Вт или (м²·ч·°C/ккал):

$$R_n = 1/\alpha$$

Коэффициент теплообмена - α - это сумма коэффициентов передачи тепла излучением α_n и конвекцией α_k , т.е. $\alpha = \alpha_n + \alpha_k$.

Количество лучистого тепла $Q_{1,2}$, отдаваемое более нагретой поверхностью F_1 к поверхности F_2 , определяется выражением:

$$Q_{1,2} = C F_1 [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] \cdot \Psi_{1,2}$$

где $C = \frac{1}{[\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_0}]}$ - приведённый коэффициент излучения;

c_1, c_2 - коэффициенты излучения поверхностей;

c_0 - коэффициент излучения абсолютно чёрного тела = 4,56;

T_1, T_2 - температура поверхностей, °K;

$\Psi_{1,2}$ - угловой коэффициент облучения, зависящий от геометрических размеров взаимного расположения поверхностей (обычно равно 1).

3.2.5. Особенности передачи тепла конвекцией

Они связаны с размерами и расположением в пространстве поверхностей ограждающих конструкций, и они существенно отличаются для внутренней и наружной поверхностей конструкции.

Поэтому α_k различны для внутренней и наружной поверхностей ограждений конструкции. В таблице 3.1. приведены в зависимости от величины Δt значения α_k (Вт/(м²·°C)) для вертикальных поверхностей.

Таблица 3.1

Значение α_k (ккал/м ² ·ч·°C) в зависимости от Δt для внутренней поверхности								
1	2	3	4	5	6	8	10	20
1,45	1,83	2,09	2,31	2,48	2,64	2,9	3,12	3,9

α_k - при наличии ветра определяется как вынужденная конвекция и её значения в зависимости от скорости ветра V(м/сек) приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2

Значение α_k (ккал/м ² ·ч·°C) в зависимости от V для наружной поверхности									
0,5	1	1,5	2	3	4	5	6	8	10
3,1	5,42	7,5	9,45	13,05	16,4	19,65	22,7	28,6	34,2

Пример.

Оштукатуренные поверхности стен (коэффициент излучения $c = 4,5$).

Излучение абсолютно чёрного тела

$c_0 = 4,96$; $\alpha_k = 2,64$ (таблица 3.1. для $\Delta t = 6$).

$$C = \frac{1}{\left[\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_0} \right]}$$

$$\alpha_k = C \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] / (T_1 - T_2) = \left[\frac{1}{4,5} + \frac{1}{4,5} + \frac{1}{4,96} \right] \cdot \frac{(18 + 273/100)^4 - (12 + 273/100)^4}{18 - 12} = 3,92$$

Тогда из таблицы 3.1: $\alpha_k = 2,64$; $\alpha = \alpha_n + \alpha_k = 3,92 + 2,64 = 6,56$;

$R_n = 1/\alpha = 1/6,56 = 0,151$ (м²·ч·°C/ккал) или $R_n = 0,115$ (м²·°C)/Вт;

где R_n - сопротивление теплообмена на внутренней поверхности в технических системах МКГСС (таблица 3.3) и СИ (таблица 3.4).

Таблица 3.3

Поверхности конструкций	α_n - коэффициент теплообмена, (ккал/м ² ·ч·°C)	R_n (м ² ·ч·°C ккал/)(сопротивление теплообмена)
1. Поверхности стен, полов, потолка	7,5	0,153
2. Наружная поверхность, граничащая с наружным воздухом	20	0,05
3. Наружная поверхность чердачных помещений	10	0,1

В КМК 2.01.04-97 в таблицах 4,5,6 приведены нормируемые температурные перепады $\Delta t_n = t_n - t_n$, коэффициенты теплоотдачи внутренних и наружных поверхностей ограждающих конструкций - α_n и α_n , в (Вт/м²·°С).

Некоторые показатели этих коэффициентов теплоотдачи приведены в таблице 3.4 и 3.5 данного пособия.

Таблица 3.4

Внутренняя поверхность ограждающей конструкции	Коэффициент теплоотдачи α_n , (Вт/м ² ·°С) (зимние условия)
1. Внутренние стены гладких потолков	8,7
2. Потолков с ребрами при соотношения $h/a \geq 0,3$	7,6
3. Зенитные фонари	9,9

Таблица 3.5

Наружняя поверхность	Коэффициент теплоотдачи α_n , (Вт/м ² ·°С) (зимние условия)
1. Наружные стены покрытий, перекрытий	23
2. Перекрытий над холодными подвалами	17
3. Перекрытия чердачные и над неотапливаемыми подвалами или наружных стен с воздушной прослойкой вентилируемой наружным воздухом	12

3.3. Теплопроводность строительных материалов и определение её коэффициента

3.3.1. Теплопроводность строительных материалов

Наибольшее значение для практических теплофизических расчётов ограждающих конструкций имеет изменение теплопроводности материалов в зависимости от их плотности (пористости), а также химического состава (т.е. природы материала) и влажностного состояния материала.

При отрицательных температурах, вызывающих замерзание и перераспределение влаги в пористых материалах, теплопроводность их существенно меняется.

Увеличение мелких замкнутых пор понижает теплопроводность, а в крупных, особенно сообщающихся между собой порах, возникают конвективные токи воздуха, снижающие теплоизолирующий эффект пористости. По мере изменения плотности, объёмного веса, количество пор уменьшается, что ведёт к уменьшению теплопроводности или его замедлению.

Так, для керамзитобетона:

$$1. \gamma = 1400 \text{ кг/м}^3$$

При условии А:

$$\lambda = 0,56 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°С)}$$

При условии Б:

$$\lambda = 0,65 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°С)}$$

$$2. \gamma = 1200 \text{ кг/м}^3, \text{ то } \lambda = 0,44 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°С)}$$

$$3. \gamma = 800 \text{ кг/м}^3, \text{ то } \lambda = 0,24 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°С)}$$

$$4. \gamma = 600 \text{ кг/м}^3, \text{ то } \lambda = 0,17 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{°С)}$$

Величина теплопроводности и её расчётный коэффициент зависит от кристаллической структуры материала, от формы и крупности кристаллов, причём теплопроводность в направлении перпендикулярно к оси кристаллов меньше в 2-3 раза, а вдоль кристаллов в 2-3 раза выше. Такая неоднородность характерна для слоистых и волнистых материалов, так например, у сосновой древесины: $\lambda = 0,14$ (поперёк волокон), Вт/м·°С; $\lambda = 0,29$ (вдоль волокон), Вт/м·°С.

Большое значение для теплопроводности материалов имеет их влажностное состояние материала и зона климатического районирования (сухой, нормальный, влажный), а также функциональный процесс внутреннего микроклимата (сухой, нормальный, влажный, мокрый), что требует повышения расчётного коэффициента теплопроводности. Порядок назначения этого коэффициента в зависимости от выше названных условий рекомендуются в таблице 3.6.

Таблица 3.6

Влажный режим помещения	Зоны влажности по карте		
	сухая	нормальная	Влажная
Сухой, 50%	Понижение значения λ (графа А)		Нормальное значение λ (графа Б)
Нормальный, от 50 до 60%	Понижение значения λ (графа А)		Нормальное значение λ (графа Б)
			Расчитан. Значение λ следует повышать на 10%
Влажный, от 60 до 75%	Нормальное значение λ (графа Б)		Расчитан. Значение λ следует повышать на 10%
Мокрый, 75%	Расчитан. Значение λ следует повышать на 10%		

В современном строительстве всё большее применение находят эффективные теплоизоляционные материалы с низкой объёмной плотностью и теплопроводностью включаемые в состав слоистых наружных ограждающих конструкций (пенополистирол, жёсткие минеральные плиты и т.п.), а также беспечанный керамзитобетон слитной поризованной структуры со средней плотностью 600-700кг/м³ с коэффициентом теплопроводности 0,13-0,14 Вт/(м·°С).

3.4. Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций зданий

3.4.1. Теоретические предпосылки

В соответствии с требованиями КМК 2.01.04-97 «Строительная теплотехника» сопротивление теплопередаче наружного ограждения определяется исходя из стационарных условий теплопередачи, которые характеризуются постоянством во времени теплового потока и температуры ограждения. Падение температуры в толще ограждения (рис. 3.3) обуславливается приведённым общим сопротивлением теплопередаче ограждения R_0 , м²·°С/Вт, которое включает в себя:

- сопротивление теплопередаче у внутренней поверхности ограждения $R_{вн}$, обуславливающее температурный перепад ($t_{вн} - t_{н}$);
- сумму термических сопротивлений конструктивных слоёв $R_{ст}$, обуславливающих температурный перепад ($t_{вн} - t_{н}$);
- сопротивление теплопередаче у наружной поверхности ограждения $R_{нв}$, обуславливающее температурный перепад ($t_{вн} - t_{н}$).

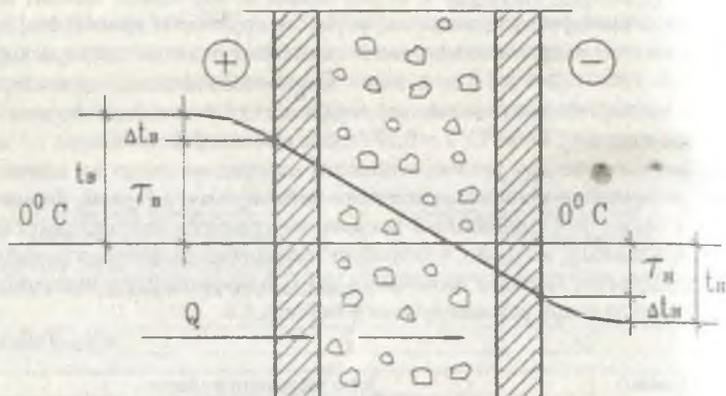


Рис. 3.3. Изменение температуры в многослойной конструкции ограждения

Тепловой поток: $Q = (\tau_n - \tau_v) \cdot (\lambda/\delta) \cdot F \cdot z$ кДж(ккал)

Откуда коэффициент теплопроводности:

$$Q = (\tau_n - \tau_v) \frac{\lambda}{\delta} F \cdot z \text{ [ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{}^\circ\text{C или Вт/м} \cdot \text{}^\circ\text{C]} \text{ и если}$$

$$\delta_1 = 1\text{м}, F = 1\text{ м}^2, z = 1, \tau_n - \tau_v = 1, \text{ то } \lambda = Q.$$

Цель теплофизического расчёта наружной ограждающей конструкции придание им необходимых теплофизических качеств. В связи с этим отношение коэффициента теплопроводности к толщине ограждения λ/δ заменяется обратной величиной δ/λ , которая называется термическим сопротивлением однослойной (многослойной) ограждающей конструкции: $R = \delta/\lambda$, $\text{м} \cdot \text{}^\circ\text{C/Вт}$

Таким образом, при передаче тепла $t_n - t_v$ сопротивление теплопередаче R_0 , $\text{м}^2 \cdot \text{}^\circ\text{C/Вт}$ ограждающей конструкции определяется:

$$t_n - t_v = (t_n - \tau_n) + (\tau_n - \tau_v) + (\tau_v - t_v), \text{ т.е.}$$

$$R_0 = R_v + R_x + R_n \text{ или } R_0 = 1/\alpha_v + R_1 + R_2 + \dots + R_n + 1/\alpha_n,$$

где α_n , α_v — соответственно коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности ограждения, определяемые по табл. 3.4 и 3.5 (или табл. 5.6 КМК), $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{}^\circ\text{C}$;

R_x — термическое сопротивление ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{}^\circ\text{C/Вт}$, определяемое:

однослойной — $R_x = \delta/\lambda$,

многослойной — $R_x = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

(термическое сопротивление отдельных слоёв ограждения).

3.4.2. При определении R_x слои конструкции, расположенные между воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом, и наружной поверхностью ограждающей конструкции, не учитываются.

3.4.3. Если ограждающая многослойная конструкция имеет последовательно расположенные однослойные слои, а также замкнутую воздушную прослойку, то формула термического сопротивления $R_{\Sigma} = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{\text{вп}}$,

где $R_{\text{вп}}$ – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, приведено в табл. 3.7 (КМК, прилож. 2)

Таблица 3.7

Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки $R_{\text{вп}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$			
	горизонтальной при потоке тепла снизу вверх или вертикальной		горизонтальной при потоке тепла сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	положительной	отрицательной	положительной	отрицательной
0.01	0,13	0,15	0,14	0,15
0.02	0,14	0,15	0,15	0,19
0.03	0,14	0,16	0,16	0,21
0.05	0,14	0,17	0,17	0,22
0.1	0,15	0,18	0,18	0,23
0.15	0,15	0,18	0,19	0,24
0.2-0.3	0,15	0,19	0,19	0,2

Примечание: 1. При оклейке поверхностей воздушной прослойкой алюминиевой фольгой термическое сопротивление следует увеличивать в 2 раза.

1. Приведённая в табл. 3.7 величина $R_{\text{вп}}$ соответствует разности температур на поверхности прослоек = 10°C .

Для уточнения расчётов при меньшей разности температур необходимо величину $R_{\text{вп}}$ умножить на коэффициент:

1,05 – при разности температур 8°C ;

1,10 – при разности температур 6°C ;

1,15 – при разности температур 4°C ;

1,20 – при разности температур 2°C .

Как указывалось выше значения коэффициента теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ (для стен, полов, гладких потолков), то сопротивление теплообмену $R_{\text{в}} = 1/\alpha_{\text{в}} = 0,115 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Сопротивление теплообмену у наружной поверхности ограждения $R_{\text{н}} = 1/\alpha_{\text{н}}$, $\alpha_{\text{н}}$ установлена в табл. 3.6 ($\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ – для наружных стен, покрытий), но может рассчитываться для зимних условий по формулам:

- для поверхностей, соприкасающихся непосредственно с наружным воздухом

- для наружных стен $\alpha_{\text{н}} = 1 + 10\sqrt{V}$;

- для покрытий $\alpha_{\text{н}} = 1 + 5 \cdot V^{-0,8} l_{\text{мин}}^{-0,2}$,

- для поверхностей, непосредственно не соприкасающихся с наружным воздухом

- выходящих на чердак $\alpha_{\text{н}} = 8,12$;

- над холодным $\alpha_{\text{н}} = 5,8$,

где V – расчётная зимняя скорость ветра, $\text{м}/\text{сек}$;

$l_{\text{мин}}$ – наименьший размер покрытия в плане, м.

3.4.4. Приведённое сопротивление теплопередаче R_0 наружных панельных стен жилых зданий допускается принимать равным:

$$R_0 = R_0^{усл} \cdot \gamma, \quad \text{где:}$$

$R_0^{усл}$ – сопротивление теплопередаче панельных стен, определяемое как R_0 ;
 γ – коэффициент теплотехнической однородности ограждающих конструкций, определяемый по приложению 3 КМК, должен быть не менее величин табл. 3.8

Таблица 3.8

Коэффициент теплотехнической однородности – γ

Ограждающая конструкция	Коэффициент, γ	Ограждающая конструкция	Коэффициент, γ
1. Из однослойной легбетонных конструкций	0,9	4. Из 3-х слойных металлических панелей с эффективным утеплителем	0,75
2. Из легбетонных панелей с термовкладышами	0,75		
3. Из 3-х слойных железобетонных панелей с эффективным утеплителем и гибкими связями	0,7	5. Из 3-х слойных асбестоцементных панелей с эффективным утеплителем	0,5(0,7)

3.4.5. Общее приведённое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_0 должно быть не менее нормативного значения $R_0^{тп}$, определяемое по формуле:

$$R_0^{тп} = \frac{n(t_{вн} - t_{вн}^{тп})}{\Delta t^{тп} \cdot \alpha_n}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

$R_0^{тп}$ отвечаемое санитарно-гигиеническим требованиям для зданий с расчётной температурой внутреннего воздуха 12°C и ниже для внутренних ограждающих конструкций, а также сезонной эксплуатации (осень, весна);

где n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждения, так для наружных стен, покрытий, чердачных перекрытий $n = 1$, для перекрытий над неотапливаемым подвалом $n = 0,75$;

α_n – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждения = $8,7 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$;

$t_{вн}$ – расчётная температура внутреннего воздуха, $^\circ\text{C}$, принимаемая по ГОСТ и нормам проектирования соответствующих зданий [20];

$t_{вн}^{тп}$ – расчётная зимняя температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по КМК 2.01.01.94 [19] или для зданий повышенной комфортности в зависимости от тепловой инерции D ограждающей конструкции, $^\circ\text{C}$ (табл.3.9.1.).

Таблица 3.9.1.

Расчётная зимняя температура наружного воздуха устанавливается от величины тепловой инерции ограждения D

Тепловая инерция D ограждающей конструкции	Расчётная зимняя температура, $t_{вн}^{тп}$
1,5 – 4	Средняя температура наиболее холодных суток
Свыше 4 до 7	Средняя температура наиболее холодных трёх суток
Свыше 7	Средняя температура наиболее холодной пятидневки

Тепловая инерция ограждающей конструкции:

$$D = R_1 S_1 + R_2 S_2 + \dots + R_n S_n,$$

где S_1, S_2, S_n – расчётные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоёв ограждающей конструкции, принимаемые по приложению 2 [22] с учётом условий эксплуатации ограждающих конструкций А и Б (табл. 1.2), влажностного режима помещений (табл. 1.1) и зон влажности района строительства.

Δt^n – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности (не выпадение конденсата) принимается по табл. 4 КМК и табл. 3.9.2. пособия, который определяет интенсивность теплообмена.

Данные КМК 2.01.04-97 в табл. 3.9.2. по существу дублируют предыдущие нормативы СССР прошлого столетия без учёта новых мировых направлений в области повышения теплоэффективности зданий и введения более низких показателей Δt^n .

Таблица 3.9.2.

Нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой поверхности ограждающей конструкции

Здания и помещения	Нормируемый температурный перепад Δt^n , °С для		
	Наружных стен	Покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над подвалами, подпольями
1) Жилые, лечебно-профилактические, детские, школы, ясли, <u>детские сады</u>	6 (2-4)	4 (3)	2
2) Общественные, административные	7 (4-4,5)	5,5 (4)	2,5
3) Производственные с сухим и нормальным <u>влажностным режимом</u>	$t_a - t_p$, но не более 8	$0,8(t_a - t_p)$, но не более 7	2,5
4) Производственные и другие с влажным и <u>мокрым режимом</u>	$0,8(t_a - t_p)$	$0,8(t_a - t_p)$	2,5
5) Производственные со значительным <u>выбросом тепла</u>	12	12	2,5

В КМК 2.01.04-97 введены рекомендации 3^а уровней теплозащиты зданий с повышением нормативных значений R_0^{TP} .

Первый уровень (табл. 2а-КМК) отвечает санитарно-гигиеническим требованиям и является минимально-допустимым.

Второй и третий уровни (табл. 2б, 2в) с учётом возрастающего дефицита и стоимости топливно-энергетических ресурсов являются предпочтительными и их притязание зависит от экономических возможностей.

В табл. 3.10 приведены показатели этих уровней теплозащиты.

Таблица 3.10

Здания и помещения	Расчётная температура наружного воздуха, °С	Рекомендуемые нормативные значения сопротивлений теплопередаче $R_0^{\text{пр}}$, м ² °С/Вт, ограждающих конструкций							
		Стены		Покрытия и чердачное перекрытие		Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом		Окна и балконные двери	
		II уровень	III уровень	II уровень	III уровень	II уровень	III уровень	II уровень	III уровень
Жилые, лечебно-профилактические, детские, школы, интернаты	-5	0,57	0,9	0,82	2,2	1,44	1,9	0,18	0,39
	-10	0,69	1,4	0,98	2,7	1,72	2,3	0,39	0,39
	-15	0,80	1,6	1,15	3,2	2,01	2,6	0,39	0,39
	-20	0,92	1,9	1,31	3,7	2,30	3,0	0,39	0,42
Общественные и административные здания (за исключением влажных и мокрых режимов)	-5	0,44	1,1	0,53	1,7	1,06	1,5	0,18	0,39
	-10	0,54	1,3	0,64	2,0	1,29	1,8	0,39	0,39
	-15	0,63	1,5	0,76	2,4	1,52	2,1	0,39	0,39
Производственные с сухим и нормальным режимом	-5	0,40	0,6	0,48	1,0	0,96	1,5	0,15	0,18
	-10	0,50	0,7	0,60	1,2	1,20	1,8	0,15	0,18
	-15	0,59	0,9	0,72	1,4	1,42	2,1	0,31	0,31
	-20	0,69	1,0	0,83	1,6	1,66	2,4	0,31	0,31

При установившемся (стационарном) потоке тепла распределение температур внутри ограждающей конструкции (без теплового включения) подчиняется определённым закономерностям, т.е. входящий в ограждение поток тепла, так и проходящий через него равны одной и той же величине Q .

Поток тепла, проходящий через внутреннюю поверхность ограждения может быть выражен как $[t_2 - t_1]/R_0$.

Тогда $\frac{t_2 - t_1}{R_0} = \frac{t_2 - t_1}{R_0}$, Вт/м²(ккал/м²·ч), если из данного равенства определить значение температуры на поверхности конструкции, обращённой в помещение, то получим:

$$t_1 = t_2 - \frac{t_2 - t_1}{R_0} R_0, \text{ } ^\circ\text{C},$$

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции в стенах, стыках по теплопроводным включениям должна быть ниже температуры точки росы внутреннего воздуха при расчётной зимней температуре наружного воздуха.

Аналогично из равенства потоков тепла, проходящих через первый слой (произвольной толщины "х"), граничащий с помещением, и через конструкцию в целом, т.е. $\frac{t_s - t_x}{R_s - R_x} = \frac{t_s - t_x}{R_0}$, получим значение температуры t_x .

На границе этого слоя или конструктивных слоёв ограждающих конструкций:

$$t_x = t_s - \frac{t_s - t_x}{R_0} \cdot (R_s + R_x), \quad \text{где:}$$

R_s — термическое сопротивление слоя, граничащего с помещением и имеющего толщину х.

Температура на наружной поверхности ограждающей конструкции:

$$t_x = t_s - \frac{t_s - t_x}{R_0} \cdot (R_s + \Sigma R), \quad \text{°C,}$$

где ΣR — термическое сопротивление всей ограждающей конструкции.

В КМК 2.01.04-97 даны расчётные формулы (13а) определения t_x для неметаллических и металлических теплопроводных включений.

3.4.7. Графический метод определения температур внутри ограждения

Установлено: - что в пределах каждого конструктивного слоя падение температур происходит по линейному закону, но с различным наклоном линий падения температуры в зависимости от значений коэффициента теплопроводности материала;

- что отношение перепада температур на границах конструктивного слоя к термическому сопротивлению последнего $\Delta t/R$ остаётся постоянным и равным $\text{tg}\beta$ (β — угол наклона к горизонту).

Для определения значений температур внутри ограждающей конструкции необходимо:

- конструктивные слои ограждающей конструкции вычертить в масштабе их термических сопротивлений, а не в масштабе реальных толщин (рис. 3.4,а), тогда линия температур выразится прямой, проходящей сквозь всю ограждающую конструкцию с одним из тем углом наклона. Точки пересечения этой линией границ конструктивных слоёв будут соответствовать значениям температур:

- если проектировать точки пересечения линий границ конструктивных слоёв, выполненных в масштабе реальных толщин (рис. 3.4,б), получим действительное распределение температур в конструкции. При этом на чертеже 3.4 углы наклона температурных линий в пределах каждого конструктивного слоя будут различными и общее распределение температур внутри ограждения представится ломаной линией.

3.4.8. Известно, что многие заводы крупнопанельного домостроения выпускают керамзитобетонные панели толщиной 30см, объёмной плотностью 1200-1400 кг/м³, которые не обеспечивают требуемого уровня теплозащиты по экономическим условиям.

Е.И. Угрюмовым определены зависимости сопротивлений теплопередаче R_0 по формулам 4, 5 КМК от значений объёмной плотности керамзитобетона при толщине панели 30, 35, 40 см. и установлено, что при унифицированной толщине

панелей 30см, объёмная плотность керамзитобетона должна быть не выше 900. 1000кг/м³, т.е. для многих районов Узбекистана необходимо применение слоистых конструкций или с толщиной панели 40см.

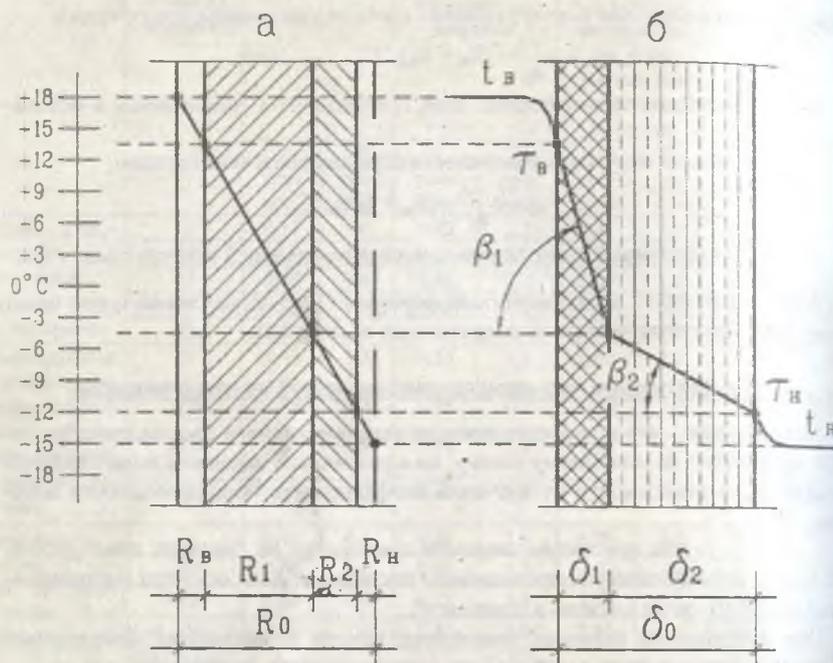


Рис. 3.4 Графический расчёт распределения температур в ограждении:
а - конструкция, вычерченная в масштабе термических сопротивлений;
б - конструкция, вычерченная в масштабе реальных толщин.

3.4.9. Примеры расчётов

Произвести выбор наружной ограждающей конструкции стены жилого дома (рис. 3.6), для чего провести теплотехнический расчёт на зимние и летние климатические воздействия.

Исходные данные: ограждающая конструкция – наружная стена жилого дома из керамзитобетонных панелей с объёмной массой утеплителя 1000 кг/м³ с двумя фактурными слоями из цементно-песчаного раствора с объёмной массой 1800 кг/м³ толщиной 0,02 м; пункт строительства город Ташкент; влажностный режим помещений – нормальный; расчётная температура внутреннего воздуха $t_{в} = 18^{\circ}\text{C}$; все остальные данные, необходимые для расчёта предлагаются по ходу изложения

3.4.10. Теплотехнический расчёт наружных ограждающих конструкций на зимние климатические воздействия (КМК 2.01.04-97).

Основным параметром, характеризующим теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий в зимних условиях является сопротивление теплопередаче R_0 , определяемое по формуле [4]:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_s} + R_x + \frac{1}{\alpha_n} \quad (1)$$

1	2	3	1	2	3	1	2	3
	I			II			III	
δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3	δ_1	δ_2	δ_3
20	260	20	20	310	20	20	360	20
I Вариант			II Вариант			III Вариант		

Рис. 3.6 Конструкции сравниваемых вариантов стеновых панелей:
1,3 – фактурные слои из цементно-песчаного раствора с $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$;
2 – керамзитобетон с $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$.

где α_s – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°C), принимаемый по таблице 5;

α_n – коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°C), принимаемый по таблице 6;

R_x – термическое сопротивление ограждающей конструкции, (м²·°C)/Вт, определяемое: однородной (однослойной) – по формуле [3]:

$$R = \delta/\lambda \quad (2)$$

многослойной – по формуле [5]:

$$R_x = R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{з.п.} \quad (3)$$

В формулах (2) и (3):

δ – толщина слоя, м;

λ – расчётный коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м·°C), принимаемый по прил. 2.

R_1, R_2, R_n – термическое сопротивление отдельных слоёв ограждающей конструкции, (м²·°C)/Вт;

$R_{з.п.}$ – термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, (м²·°C)/Вт, принимаемое по приложению 4*.

В рассматриваемом примере (рис. 3.7): $\alpha_a = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$; $\alpha_n = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$, $\delta_1 = \delta_3 = 0,02 \text{ м}$; условия эксплуатации ограждающей конструкции – А; для условий эксплуатации А:

$$\lambda_1^p = \lambda_3^p = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С}); \lambda_2 = 0,33 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С});$$

толщина слоя утеплителя принимается соответственно, для первого варианта $\delta_2^I = 0,26 \text{ м}$; для второго варианта $\delta_2^{II} = 0,31 \text{ м}$, для третьего варианта $\delta_2^{III} = 0,31 \text{ м}$; для рассматриваемой конструкции нет, то $R_{a,n} = 0$.

Тогда:

$$R_a = \frac{1}{\alpha_a} = \frac{1}{8,7} = 0,115 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С)/Вт}; \quad R_n = \frac{1}{\alpha_n} = \frac{1}{23} = 0,043 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С)/Вт};$$

$$R_1 = R_3 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,02}{0,76} = 0,0263 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С)/Вт}.$$

Термическое сопротивление слоя утеплителя равно:

Для первого варианта:

$$R_2^I = \frac{\delta_2^I}{\lambda_2} = \frac{0,26}{0,33} = 0,788 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С)/Вт};$$

Для второго варианта:

$$R_2^{II} = \frac{\delta_2^{II}}{\lambda_2} = \frac{0,31}{0,33} = 0,939 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С)/Вт};$$

Для третьего варианта:

$$R_2^{III} = \frac{\delta_2^{III}}{\lambda_2} = \frac{0,36}{0,33} = 1,090 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С)/Вт}.$$

Термическое сопротивление ограждающих конструкций, соответственно, равны:

Для первого варианта:

$$R_{\Sigma}^I = R_1 + R_2^I + R_3 = 0,0263 + 0,788 + 0,0263 = 0,84 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С)/Вт};$$

Для второго варианта:

$$R_{\Sigma}^{II} = R_1 + R_2^{II} + R_3 = 0,0263 + 0,939 + 0,0263 = 0,991 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С)/Вт};$$

Для третьего варианта:

$$R_{\Sigma}^{III} = R_1 + R_2^{III} + R_3 = 0,0263 + 1,09 + 0,0263 = 1,142 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С)/Вт}.$$

Подставляя полученные значения в формулу (1), получим:

Для первого варианта:

$$R_o^I = 0,115 + 0,026 + 0,788 + 0,026 + 0,043 = 0,999 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С)/Вт};$$

Для второго варианта:

$$R_o^{II} = 0,115 + 0,026 + 0,939 + 0,026 + 0,043 = 1,139 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С)/Вт};$$

Для третьего варианта:

$$R_o^{III} = 0,115 + 0,026 + 1,142 + 0,026 + 0,043 = 1,352 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С)/Вт}.$$

Сопротивление теплопередаче R_o ограждающей конструкции следует принимать не менее требуемого сопротивления теплопередаче R_o^{tr} , т.е.

$$R_o \geq R_o^{tr} \quad (4)$$

Требуемое приведённое сопротивление теплопередаче конструкции, отвечающее санитарно-гигиеническим требованиям, определяется по формуле:

$$R_o^{tr} = \frac{n(t_i - t_n)}{\Delta t^n \cdot \alpha_n} \quad (5)$$

где Δt^n – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, $^\circ\text{С}$, принимаемый по таблице 4;

n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху по таблице 3;

t_i – расчётная температура внутреннего воздуха, $^\circ\text{С}$, принимаемая по ГОСТ 12.1.005 – 76 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений. Для некоторых зданий и сооружений данные для t_i приведены в таблице 3.11;

t_n – расчётная зимняя температура наружного воздуха, $^\circ\text{С}$.

Расчётную зимнюю температуру наружного воздуха t_n следует принимать в соответствии с главой КМК “Строительная климатология и геофизика” с учётом тепловой инерции конструкции Д.

Уровень теплозащиты устанавливается в задании на проектирование в зависимости от экономической возможности заказчика (табл. 3.10), но не ниже минимально допустимой (табл. 2а и формула 5)

Тепловая инерция конструкции Д определяется по формуле:

$$D = R_1 S_1 + R_2 S_2 + \dots + R_n S_n, \quad (6)$$

где R_1, R_2, R_n – то же, что в формуле (2);

S_1, S_2, S_n – расчётные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоёв ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$, принимаемые по приложению 1.

В нашем случае: для цементно-песчаного раствора $S_1 = S_3 = 9,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$; для керамзитобетона $S_2 = 5,03 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$.

Тогда по формуле (6) имеем:

Для первого варианта:

$$D^I = 0,0263 \cdot 9,6 + 0,788 \cdot 5,03 + 0,0263 \cdot 9,6 = 4,467;$$

Для второго варианта:

$$D^{II} = 0,0263 \cdot 9,6 + 0,939 \cdot 5,03 + 0,0263 \cdot 9,6 = 5,227;$$

Для третьего варианта:

$$D^{III} = 0,0263 \cdot 9,6 + 1,09 \cdot 5,03 + 0,0263 \cdot 9,6 = 5,982.$$

По таблице КМК находим, что рассматриваемая конструкция по тепловой инерции относится:

Для первого варианта – к конструкции, для которой в качестве расчётной принимается средняя температура наиболее холодных трёх суток, определяемая в виде:

$$t_{\text{н}}^{3 \text{ сут}} = \frac{t_{\text{н}}^{\text{окт}} + t_{\text{н}}^{5 \text{ сут}}}{2}, \quad (7)$$

где $t_{\text{н}}^{3 \text{ сут}}$ — средняя температура наиболее холодных суток, °С, принимаемая по [19] в зависимости от пункта строительства;

$t_{\text{н}}^{5 \text{ сут}}$ — средняя температура наиболее холодной пятидневки, °С, принимаемая так же по [19].

В нашем примере для города Ташкента:

$$t_{\text{н}}^{3 \text{ сут}} = -18 \text{ }^{\circ}\text{C}; \quad t_{\text{н}}^{5 \text{ сут}} = -15 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Таблица 3.11

Расчётные температуры внутреннего воздуха в периоде отопления $t_{\text{в}}$ для некоторых зданий и помещений

№ п/п	Наименование зданий и помещений	$t_{\text{в}}$, °С	Нормативный документ
1.	Жилые здания:		
	а) жилые комнаты	18	КМК 2.08.01-94 «Жилые здания»
	б) кухни	15	" "
	в) ванны	25	" "
2.	Гостиницы	20	КМК 2.08.02-98 «Общественные здания»
3.	Лечебно-профилактические учреждения		
	а) палаты для взрослых больных	20	" "
	б) послеоперационные палаты	22	" "
	в) палаты для новорождённых	25	" "
4.	Здания управлений	18	СНП 11-84-78
5.	Производственные здания промпредприятий (отапливаемые)	16	ГОСТ 12.1.005-76
6.	Вспомогательные здания промпредприятий:		
	а) гардеробные уличной одежды	16	СНП 11-92-76
	б) гардеробные совместного хранения всех видов одежды	18	" "
	в) душевые	25	" "
7.	Детские дошкольные учреждения:		
	а) Игральные комнаты	22	КМК 2.08.02-98 «Общественные здания»
	б) Спальные комнаты	21	" "
	в) Помещения бассейна	29	" "

$$\text{Имеем } t_{\text{н}}^{3 \text{ сут}} = \frac{(-18) + (-15)}{2} = -16,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Таким образом, в качестве расчётной температуры наружного воздуха для данных вариантов конструкции, принимаем $t_{\text{н}} = -16,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

По таблице (3.9.2.) находим, что температурный перепад для жилых зданий равен $\Delta t^{\text{н}} = 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Тогда, по формуле (5) находим:

$$R_{0,TP} = \frac{1.18 - (-16.5)}{6 \cdot 8.7} = 0,661 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт,}$$

Т.е. для всех трёх вариантов конструкции минимально требуемое сопротивление теплопередаче $R_{0,TP} = 0,661 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$.

Другими словами, условие выполняется для всех трёх вариантов конструкции. Следовательно, рассматриваемые конструкции удовлетворяют теплотехническим требованиям исходя из расчёта на зимние условия эксплуатации.

В случае, если условие не выполняется, следует увеличить толщину утеплителя и провести расчёт заново.

3.4.10 Теплофизический расчёт неоднородных ограждающих конструкций

Схемы теплопроводных включений в ограждающих конструкциях

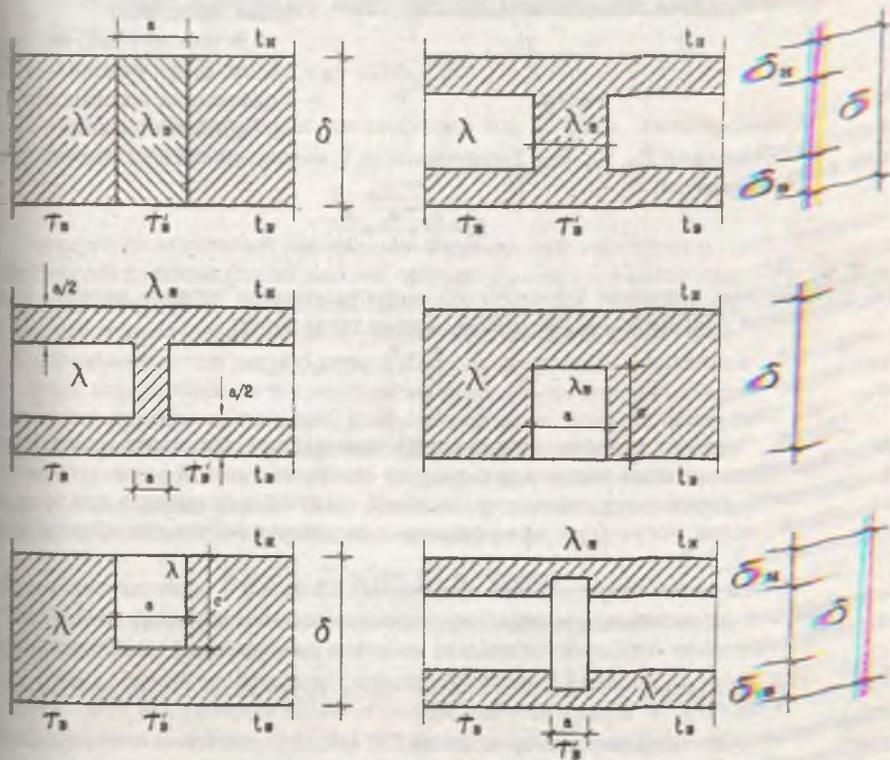


Рис. 3.7. Схемы теплопроводных включений в ограждающих конструкциях.

Значения коэффициентов "η" для теплопроводных включений прямоугольной формы приведены в табл. 3.12. [4]

Таблица 3.12

α/δ	0	0,02	0,05	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,5	2	2,5
η	0	0,12	0,24	0,38	0,55	0,74	0,83	0,87	0,9	0,95	0,98	1

θ - отношение разностей характерных температур, выражающее надёжность ограждения против конденсации влаги и зависящее от температуры и влажности воздуха в помещении, а также от отношения $R_0/R_0^{\text{тп}}$ действительного и требуемого сопротивления теплопередаче.

Значения θ приведены в таблице 3.13.

Таблица 3.13

Помещения, влажность и температура воздуха в них	Значения θ при $R_0/R_0^{\text{тп}}$						
	1	1,1	1,2	1,3	1,5	1,8	2,1
Жилые и общественные с влажностью 50% при $t=18^{\circ}\text{C}$	0,5	0,64	0,81	0,95	1,24	1,72	2,15
Отопляемые производственные, с влажностью 45% при $t=15^{\circ}\text{C}$	0,31	0,44	0,57	0,71	0,97	1,4	1,83

В тех случаях, когда проверка по формуле: $R_0' \geq \frac{R_0 \eta}{\theta + \eta}$ показывает, что сопротивление теплопередаче R_0' недостаточно, конденсации влаги можно избежать путём уменьшения толщины теплопроводного включения, применения для теплопроводного включения другого материала с меньшим коэффициентом теплопроводности местного утепления ограждения на участках теплопроводных включений или повышения сопротивления теплопередаче конструкции в целом.

3.4.11. Пример:

Определить сопротивление теплопередаче кирпичной стены (рис. 3.9) колодезной кладки ($\gamma=1700\text{кг/м}^3$; $\lambda=0,64\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$; $S=8,64\text{Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$) при заполнении пустот шлакобетонными камнями с объёмной плотностью $\gamma=1500\text{кг/м}^3$; $\lambda=0,64\text{Вт/м}\cdot^{\circ}\text{C}$; $S=8,12\text{Вт/м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$.

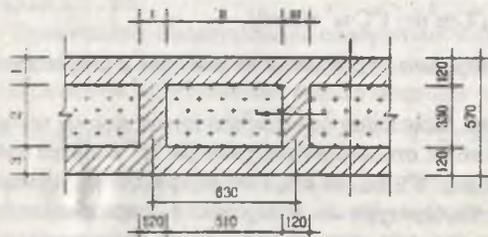


Рис. 3.9

1. Расчёт конструкции в направлении, параллельном потоку тепла. Разделим конструкцию плоскостями, параллельными потоку тепла, на участки I и II.

Термическое сопротивление этих участков R_1 и R_2 и площади их поверхности F (с размером на высоту 1 м) будет:

На участке I: $R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,57}{0,64} = 0,88 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$. $F_1 = 0,12 \cdot 0,57 = 0,068 \approx 0,07 \text{ м}^2$

На участке II:

$$R_2 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} = \frac{0,12}{0,64} + \frac{0,33}{0,64} + \frac{0,12}{0,64} = 0,17 + 0,51 + 0,17 = 0,85 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$$

$$F_2 = 0,51 \cdot 0,33 = 0,17 \text{ м}^2$$

Тогда: $R_H = \frac{F_1 + F_2}{\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2}} = \frac{0,07 + 0,17}{\frac{0,07}{0,88} + \frac{0,17}{0,85}} = \frac{0,24}{0,14 + 0,2} = 0,7 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$.

2. Расчёт конструкции в направлении перпендикулярном к тепловому потоку. Разделим конструкцию плоскостями, перпендикулярными к потоку тепла на 3 слоя.

Термические сопротивления этих слоёв будут: $R_1 = R_3 = 0,12/0,64 = 0,171 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$.

Для участка два вычислим среднюю величину коэффициента теплопроводности с учётом площадей конструкции выполненных из кирпичной кладки и шлакобетона:

$$\lambda_{\text{ср}} = \frac{\lambda_1 F_1 + \lambda_2 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{0,64 \cdot 0,07 + 0,64 \cdot 0,51}{0,07 + 0,17} = \frac{0,7 + 0,33}{0,24} = \frac{0,4}{0,16} = 0,25 \text{ Вт}/(^\circ\text{C}\cdot\text{м})$$

$$R_2 = \frac{0,33}{0,64} = 0,51 \text{ } ^\circ\text{C}\cdot\text{м}^2/\text{Вт}$$

Тогда: $R_1^0 = R_1 + R_2 + R_3 = 0,17 + 0,7 + 0,17 = 1,04 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$.

Средняя величина термического сопротивления конструкции:

$$R_{\text{ср}} = \frac{R_H^0 + 2R_1^0}{3} = \frac{0,7 + 2 \cdot 1,04}{3} = \frac{2,93}{3} = 0,97 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$$

Общее сопротивление теплопередаче стены колодезной кладки с учётом двухсторонней штукатурки толщиной по 0,015м будет:

$$R_0 = R_s + \sum R_x + R_n = 0,115 + 0,97 + 0,04 = 1,12 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$$

Полученная величина R_0 должна быть больше минимально требуемой величины сопротивления теплопередаче, т.е.

$$R_0^{\text{треб}} = \frac{q(t_i - t_e)}{t_i - t_e} \cdot R_n = \frac{1(18 - 16,5)}{6} \cdot 0,115 = 0,66, \text{ т.е. } R_0 = 1,12 > R_0^{\text{треб}} = 0,66,$$

рассматриваемая конструкция стены пригодна для применения в г. Фергане.

3.4.12. Теплофизический расчёт неоднородных конструкций с теплопроводными включениями [4]

Теплофизический расчёт неоднородных конструкций с теплопроводными включениями должен быть дополнен проверкой сопротивления теплопередаче ограждения R_0^1 в месте таких включений.

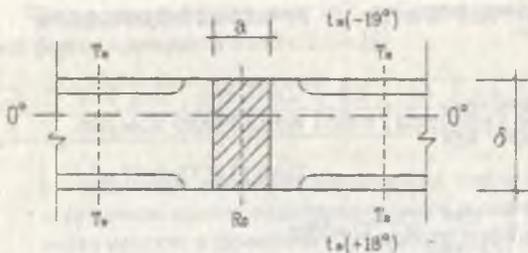


Рис. 3.10 Схема ограждающей конструкции с теплопроводными включениями

Железобетонный каркас: $\gamma_0=2500\text{кг/м}^3$; $\lambda=0,92\text{Вт/м}\cdot\text{°C}$; $S=17,98\text{Вт/м}^2\cdot\text{°C}$

Кирпич (0,38м): $\gamma_0=1800\text{кг/м}^3$; $\lambda=0,7\text{Вт/м}\cdot\text{°C}$; $S=9,2\text{Вт/м}^2\cdot\text{°C}$

Штукатурка (цементно-песчаный раствор): $\gamma_0=1800\text{кг/м}^3$; $\lambda=0,76\text{Вт/м}\cdot\text{°C}$; $S=9,3\text{Вт/м}^2\cdot\text{°C}$

Место строительства – г. Уч-Кудук: $t_n = -19^\circ\text{C}$; $t_a = +18^\circ\text{C}$; $\phi_n = 50\%$.

Сечение каркаса (0,4×0,4), т.е. $a/b = 0,4/0,4 = 1$, тогда η – коэффициент, зависящий от формы теплопроводного включения и устанавливающий величину понижения его температуры по таблице 3.11.: $\eta = 0,9$.

Сопротивление теплопередаче стены из жённого кирпича с цементно-песчаной штукатуркой равно: $R_0 = R_n + R_1 + R_2 + R_3 + R_n = 0,753 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Требуемое сопротивление теплопередаче для отапливаемых помещений гражданских зданий:

$$R_{0\text{треб}} = \frac{n(t_n - t_a)}{\Delta t} \cdot R_n = \frac{1(18 - 19)}{6} \cdot 0,115 = 0,67 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Расчётное сопротивление теплопередаче превышает требуемое в $0,753/0,67 = 1,24$ раза.

Тогда величина θ , согласно табл. 3.5.11 равна = 0,88, а необходимое сопротивление теплопередаче теплопроводного включения:

$$R_0^1 \geq \frac{R_0 \eta}{\theta + \eta} = \frac{0,753 \cdot 0,9}{0,88 + 0,9} = 0,68/1,78 = 0,37, (\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}).$$

Фактическое сопротивление теплопередаче стены $R_0 = 0,753 > R_0^1 = 0,37, (\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт})$, т.е. сопротивление теплопередаче R_0^1 достаточно, конденсации влаги не будет.

3.5. Теплопередача в нестационарных условиях и теплоустойчивость ограждающих конструкций [22, 53, 55]

3.5.1. Теоретические предпосылки

В летних условиях наружная поверхность ограждения периодически нагревается солнцем, что вместе с высокой температурой наружного воздуха вызывает прогрев ограждения и повышение температуры в помещениях.

Следовательно, оценка теплофизических свойств строительных материалов и ограждающих конструкций только по величине термического сопротивления оказывается недостаточной.

Поэтому в районах со среднемесячной температурой июля 21°C и выше оптимальные конструкции оценивают ещё и по их свойству сохранять относительное постоянство распределения температуры, т.е. амплитуда колебаний температуры внутренних поверхностей «Ат_н» (наружных стен с тепловой инерцией менее 4 покрытий менее 5) жилых зданий, объектов здравоохранения, детских дошкольных зданий, а также производственных помещений регулируемой воздушной средой не должно быть более требуемой амплитуды Ат_н^{тп}, определяемой по формуле КМК:

$$At_n^{тп} = 2,5 - 0,1(t_n - 21),$$

где t_n — среднемесячная температура наружного воздуха данного города Узбекистана за июль, $^{\circ}\text{C}$.

Известно, что изменение величины теплового потока (от теплой к холодной поверхности) происходит из-за поглощения или выделения тепла слоем конструкции при изменении температуры во время нагрева или охлаждения.

Количество тепла dQ , необходимое для повышения температуры слоя толщиной dx на dt градусов за время dz будет пропорционально теплоёмкости слоя, равной $c\gamma dx$, т.е.

$$dQ = -c\gamma dx \frac{dt}{dz},$$

где c — удельная теплоёмкость материала слоя, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$;

γ — объёмная плотность материала, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Знак «-» означает, что повышение температуры слоя происходит в результате поглощения им тепла и уменьшения величины теплового потока. Если это уравнение записать в частных производных и через дифференциальные уравнения Фурье для неустановившегося потока тепла, имеющего направление только по одной оси координат «х», т.е.

$$\frac{dt}{dz} = \frac{\lambda}{c\gamma} \frac{d^2t}{dx^2}.$$

Оно показывает, что изменение во времени Z температуры в каком-либо слое конструкции пропорционально изменению градиента температуры в направлении теплового потока тепла.

Коэффициентом пропорциональности является член $(\lambda / c\gamma)$, называемый коэффициентом температуропроводности материала, характеризующее скорость выравнивания температуры внутри однородной конструкции.

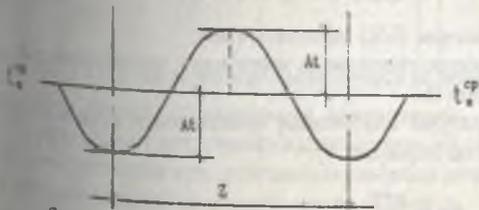


Рис.3.11 Схема периодических колебаний температуры воздуха

При расчёте на теплоустойчивость важное значение имеет не только коэффициент теплопроводности « λ », но и теплоёмкость « $c\gamma$ » материала слоя.

Закономерность изменений температурных воздействий на поверхность конструкции может быть выражена в виде

периодических колебаний, где период в виде колебаний «Z» соответствует периоду отдачи тепла или периоду нагрева, рис. 3.11.

Величина максимального повышения или понижения температуры против ее среднего значения представляет собой амплитуду колебаний температуры «А», которые распространяются преимущественно только во внешних слоях конструкции. Усвоение тепла поверхностью ограждающей конструкции определяется коэффициентом теплоусвоения «S», Вт/(м²·°C), и зависит от свойств материала, из которого выполнен внешний слой конструкции, а именно от величины коэффициента теплопроводности «λ», Вт/(м·°C), удельной теплоемкости «с», кДж/(кг·°C), и объемной плотности материала «γ», кг/м³.

Усвоение тепла поверхностью конструкции также связана толщиной слоя материала, в котором распространяются наиболее значительные колебания температуры, так называемый слой резких колебаний температуры.

При периоде колебаний температуры 24 часа (солнечном облучении или отоплении один раз в сутки):

$$S_{24} = 0,51\sqrt{\lambda \cdot c \cdot \gamma}, \text{ Вт/(м}^2\text{·°C)},$$

а при периоде колебаний 12 ч (топка печей 2 раза в сутки):

$$S_{12} = 0,72\sqrt{\lambda \cdot c \cdot \gamma}, \text{ Вт/(м}^2\text{·°C)},$$

Наибольшее значение теплоусвоения имеют тяжёлые теплопроводные материалы (медь $S_{24} = 326$, сталь $S_{24} = 126$, алюминий $S_{24} = 187$, гранит $S_{24} = 25$, мрамор $S_{24} = 22,8$, Вт/(м²·°C)), а наименьшее – лёгкие малопроводные материалы (пенополистирол $S_{24} = 0,4$, пенополиуретан $S_{24} = 0,67$, минвата $S_{24} = 0,42-0,73$, Вт/(м²·°C), и др.).

Выраженная в метрах толщина слоя резких колебаний «δ» определяется, как $\delta = \lambda/S_{\text{м}}$, и прилагает непосредственно к поверхности ограждения, воспринимающей периодические колебания температуры, где происходит наибольшее затухание внешних периодических воздействий.

На величину теплоусвоения поверхности слоистой конструкции оказывают влияние теплофизические свойства материала более глубоко расположенного слоя, коэффициент теплоусвоения такой поверхности $Y_{\text{в}}$, определяется, как

$$Y_{\text{в}} = \frac{(R_1 S_1^2 + S_2)}{(1 + R_1 S_1)}, \text{ Вт/(м}^2\text{·°C)},$$

где R_1 – термическое сопротивление (δ/λ) внешнего слоя;

S_1 – коэффициент теплоусвоения материала этого слоя, установленный по формуле или по приложению II.

Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции $\Delta t_{\text{в}}$, °C, определяется по формуле:

$$\Delta t_{\text{в}} = \frac{A_{\text{вн}}}{\nu},$$

где $A_{\text{вн}}^{\text{расч}}$ – расчётная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха, °C;

ν - величина затухания расчётной амплитуды колебания температуры наружного воздуха $A_{\text{н}}^{\text{расч}}$ ограждающей конструкции, т.е. $\nu = \frac{A_{\text{н}}^{\text{расч}}}{A_{\text{н}}}$.

Расчётную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха $A_{\text{н}}^{\text{расч}}$, следует определять по формуле:

$$A_{\text{н}}^{\text{расч}} = 0,5 A_{\text{н}} + \frac{\rho(I_{\text{max}} - I_{\text{cp}})}{\alpha_{\text{н}}}$$

где $A_{\text{н}}$ - максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле, °С, принимаемая по КМК 2.01.01-94 (климатология).

$I_{\text{max}}, I_{\text{cp}}$ - соответственно максимальное и среднее значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), Вт/м², принимаемые согласно КМК 2.01.01-94 для наружных стен - как для вертикальных поверхностей западной ориентации и для покрытий - как для горизонтальной поверхности;

$\alpha_{\text{н}}$ - коэффициент теплоотдачи вертикальной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, Вт/(м²·°С) определяемое по формуле:

$$\alpha_{\text{н}} = 1,16 (5 + 10\sqrt{V}), \text{ где}$$

Коэффициент теплоотдачи для покрытий зданий

$$\alpha_{\text{н}} = 7,5 + 5V^{0,2} \cdot \rho_{0,2 \text{ мм}}, \text{ где } \rho_{\text{min}} - \text{наименьший размер в плане, м.}$$

V - минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16% и более, но не менее 1м/с (по КМК 2.01.01-94).

Отношение амплитуды колебаний температур на наружной поверхности конструкции $A_{\text{н}}$, к затухающей (меньшей) амплитуды $A_{\text{в}}$ на внутренней поверхности ограждения (рис. 3.12) называется затуханием температурных колебаний внутри конструкции ν .

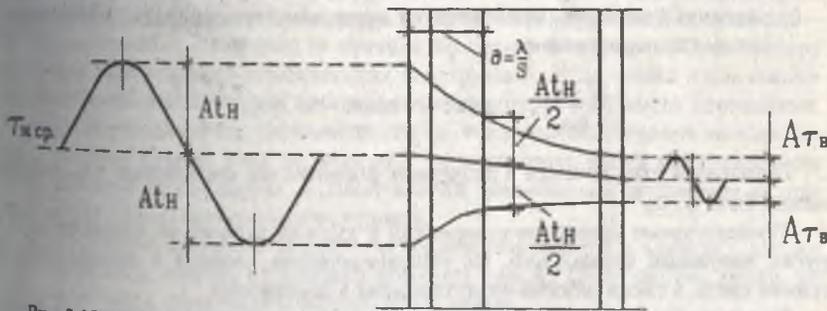


Рис. 3.12 Схема затухания температурных колебаний внутри однородной конструкции

Для лёгких ограждающих конструкций, утепленных эффективными теплоизоляционными материалами, характерна малая величина затухания, т.е. они быстро нагреваются при действии солнечных лучей и высокой температуры воздуха и обладают малой тепловой инерцией $D=R \cdot S$.

Для слоистых конструкций: $D = D_1 + D_2 + \dots + D_n$.

Тепловая инерция характеризует свойство ограждающей конструкции сохранять или медленно изменять существующее распределение температур внутри конструкции.

Свойство ограждающей конструкции сохранять при колебаниях потока тепла относительное постоянство температуры на поверхности, обращённой в помещение, называется теплоустойчивостью.

От теплоустойчивости зависит обеспечение условий комфорта помещений. Теплоустойчивость ограждающих конструкций обеспечивается преимущественно теплоёмкостью слоя резких колебаний. Количественная оценка теплоустойчивости конструкции производится по затуханию в ней температурных колебаний. Величину затухания колебаний температур наружного воздуха определяется по формуле, выведенной путём решения дифференциального уравнения нестационарной теплопроводности для условий жаркого климата и периодических воздействий:

$$\nu = 0,9e^{\frac{\lambda}{n}} \frac{(S_1 + \alpha_1)(S_2 + Y_1) \dots (S_n + Y_{n-1})(\alpha_n + Y_n)}{(S_1 + Y_1)(S_2 + Y_2) \dots (S_n + Y_n)\alpha_n}$$

где $e = 2,718$ – основание натуральных логарифмов;

D – тепловая инерция ограждающей конструкции;

S_1, S_2, \dots, S_n – расчётные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоёв ограждающей конструкции, Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$), принимаемые по (приложению КМК) или по приложению 2 пособия, где порядок нумерации слоёв принят от внутренней поверхности к наружной;

Y_1, Y_2, \dots, Y_n – коэффициент теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоёв ограждающей конструкции, определяемое:

- если тепловая инерция этого слоя $D \geq 1$, то $Y = S$;
- если тепловая инерция этого слоя $D < 1$, то следует определять расчётом, начиная с первого слоя (считая от внутренней поверхности конструкции), в т.ч. для первого слоя:

$$Y_i = \frac{R_i S_i^2 + \alpha_i}{1 + R_i \alpha_i}; \quad \text{для } i\text{-го слоя:} \quad Y_i = \frac{R_i S_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i Y_{i-1}};$$

Подставляя эти значения в расчётные формулы мы определяем A_{τ} , которое должно быть $\leq A_{\tau}^{пр}$.

Температурное состояние помещений в зданиях зависит от площади окон и других наружных ограждений, их теплофизических свойств и ориентации по странам света, а также режима воздухообмена в помещении.

Время необходимое для сквозного проникновения температурных колебаний с суточным периодом через однородную конструкцию, может быть приближённо определено по формуле:

$$\tau = 2,7D - 0,4 \text{ч, т.е. } 2,7 \frac{\delta \cdot S}{\lambda} - 0,4 \text{ч.}$$

Так в г. Фергане стены ориентированные на восток и на запад (рис.3.9) будут иметь необходимое время для сквозного проникновения температурных колебаний.

$\epsilon = 2,7 \cdot 5,5 - 0,4 = 14,85 - 0,4 = 14$ часов, причём наибольший прогрев для стены обращённой на запад будет ощущаться в 2-3 ночи, что ухудшает условия ночного отдыха, в то же время стена восточная облучается солнцем в первой половине дня и их максимальный прогрев будет ощущаться в 8-9 вечера и может быть устранён вечерним проветриванием помещения.

3.6. Пример теплофизического расчёта наружных ограждающих конструкций на летние климатические воздействия (рис. 3.6)

В строительно-климатических зонах Узбекистана в летний период в зданиях возникают дискомфортные внутренние тепловые условия, которые не могут быть улучшены с помощью лишь средств регулирования микроклимата (озеленение и обводнение территории, солнцезащита, кубатура помещений, режим проветривания и т.д.). Необходимо искусственное охлаждение с помощью различных холодильных систем, в частности, кондиционирование воздуха.

Однако, учитывая, что стоимость холода на охлаждение зданий примерно в три раза выше стоимости тепла на отопление, а так же всё возрастающий дефицит топливно-энергетических ресурсов, встаёт вопрос о применении наружных ограждений с повышенными теплозащитными качествами, позволяющими снизить нагрузки на системы кондиционирования, тем самым уменьшив эксплуатационные расходы.

Для южных районов теплотехнический расчёт наружных ограждающих конструкций на летние климатические воздействия является, как правило, определяющим, по результатам которого принимается конструкция и толщина наружного ограждения.

По данным многих гигиенистов, температура воздуха в помещениях жилых и общественных зданий в летний период (из условий теплового комфорта) не должна превышать 26°C , а температура внутренних поверхностей ограждений — 28°C . Строительные же нормы и правила не регламентируют ни температуру внутренних поверхностей ограждающих конструкций, ограничивая лишь амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности наружного ограждения. Причина, следует полагать, заключается в том, что в настоящее время экономический потенциал страны пока не позволяет проектировать наружные ограждения зданий высокой теплозащиты, поэтому в КМК установлены требования исходя только из санитарно-гигиенических условий.

В то же время проблема повышения теплового комфорта в зданиях — это вопрос социальный, вопрос, от решения которого зависит самочувствие людей, их трудоспособность, производительность труда, отдых.

В этой связи предлагаемая студентам работа, по замыслу автора, должна способствовать приобретению не только навыков по теплотехническим расчётам наружных ограждений основанных и существующих в настоящее время нормативных документах, но и творческому осмыслению задач, которые они должны будут решать по этим проблемам в ближайшем будущем.

Согласно требованиям последнего издания КМК по строительной теплотехнике в районах со среднемесячной температурой июля 21°C и выше наружная ограждающая конструкция должна быть проверена на теплоустойчивость. Теплоус-

тойчивость наружного ограждения – это его способность давать большее или меньшее изменение температуры внутренней поверхности при колебании температуры наружного воздуха. Чем меньше изменение температуры внутренней поверхности наружного ограждения при одной и той же температуре наружного воздуха, тем оно более теплоустойчиво, и наоборот.

В этой связи амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции At_n зданий жилых, больничных учреждений, детских садов, яслей и т.д., а также производственных зданий, в которых должны соблюдаться оптимальные нормы температуры и относительной влажности воздуха в рабочей зоне, в соответствии с [1], не должна быть более требуемой амплитуды At_n^{TP} , т.е.

$$At_n \leq At_n^{TP}. \quad (1)$$

Амплитуда колебаний температуры (внутреннего или наружного воздуха, внутренней или наружной поверхности ограждения) есть разность между средним значением температуры и её максимальным (или минимальным) значением.

Требуемая амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности определяется по формуле:

$$At_n^{TP} = 2,5 - 0,1(t_n^I - 21) \quad (2),$$

где t_n^I – среднемесячная температура наружного воздуха за июль, °С.

В рассматриваемом примере для города Ташкента $t_n^I = 26,9^\circ\text{C}$, следовательно:

$$At_n^{TP} = 2,5 - 0,1(26,9 - 21) = 1,91^\circ\text{C}.$$

Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции равна:

$$A_n = \frac{A_n^{расч}}{\nu} \quad (3),$$

где $A_n^{расч}$ – расчётная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха, °С;
 ν – величина затухания расчётной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха;

$$A_n^{расч} = 0,5 A_n + \frac{\rho(I_{max} - I_{cp})}{\alpha_n} \quad (4),$$

где A_n – максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле, °С, определяемая по КМК 2.01.01-94;

ρ – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по приложению 6;

I_{max} , I_{cp} – соответственно максимальное и среднее значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеяной), Вт/м², принимаемые по приложениям 5-7 (климатологии) для наружных стен как для вертикальных поверхностей западной ориентации и покрытий, так и для горизонтальной поверхности;

α_n^1 – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, Вт/(м²·°С), определяемый по формуле:

$$\alpha_n = 1,16 (5 + 10\sqrt{V}) \quad (5),$$

где V – минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая не менее 1 м/с.

В нашем случае для города Ташкента находим, что $V = 1,4$ м/с, тогда:

$$\alpha_n^* = 1,16 (5 + 10\sqrt{1,41}) = 19,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Величину затухания расчётной амплитуды колебаний наружного воздуха в ограждающей конструкции, состоящей из однородных слоёв следует определять по формуле:

$$\nu = 0,9e^{\frac{\epsilon}{D}} \frac{(S_1 + \alpha_n)(S_2 + Y_1)(S_3 + Y_2) \dots (S_n + Y_{n-1})}{(S_1 + Y_1)(S_2 + Y_2) \dots (S_n + Y_n) \alpha_n^*} \quad (6),$$

где $e = 2,718$ – основание натуральных логарифмов;

D – тепловая инерция ограждающей конструкции;

S_1, S_2, \dots, S_n – коэффициенты теплоусвоения материала, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$,

Y_1, Y_2, \dots, Y_n – коэффициент теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоёв ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$,

α_n – коэффициент теплопроводности материала;

α_n^* – то же, что в формуле (5).

Примечание. Порядок нумерации слоёв в формуле принят от внутренней поверхности к наружной.

Для определения коэффициентов теплоусвоения отдельных слоёв ограждающей конструкции следует предварительно вычислить тепловую инерцию D каждого слоя.

Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя Y с тепловой инерцией $D \geq 1$ следует принимать равным расчётному коэффициенту теплоусвоения S материала этого слоя конструкции по приложению 2.

Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя Y с тепловой инерцией $D < 1$ следует определять расчётом, начиная с первого слоя (считая от внутренней поверхности ограждающей конструкции) следующим образом:

а) для первого слоя – по формуле: $Y_1 = \frac{R_1 \cdot S_1^2 + \alpha_n}{1 + R_1 \cdot \alpha_n} \quad (7);$

б) для i -го слоя – по формуле: $Y_i = \frac{R_i S_i^2 + Y_{i-1}}{1 + R_i Y_{i-1}} \quad (8);$

где R_1, R_i – термические сопротивления соответственно первого и i -го слоёв ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$;

S_1, S_i – расчётные коэффициенты теплоусвоения материала, соответственно, первого и i -го слоёв, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

Y_1, Y_2, \dots, Y_n – коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности, соответственно, первого и i -го и $(i-1)$ слоёв ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

В рассматриваемом примере: $At_n = 25,2^\circ\text{C}$; ρ (для бетонной поверхности) = 0, 7;

$I_{\max} = 566 \text{ Вт/м}^2$, $I_{\text{ср } \max} = 178 \text{ Вт/м}^2$. Тогда:

$$A_{T_n}^{\text{расч}} = 0,5 \cdot 25,2 + \frac{0,7 \cdot (566 - 178)}{19,52} = 26,5^\circ\text{C}$$

Т.е. для всех вариантов конструкций расчётная амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности равна $26,5^\circ\text{C}$.

Далее определяем величину затухания расчётной амплитуды колебаний. В нашем случае:

$$S_1 = S_3 = 9,6 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}; S_2 = 5,03 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)};$$

$$R_1 = R_3 = 0,0263 \text{ (м}^2\cdot^\circ\text{C)/Вт}; \alpha_n = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)};$$

$$\alpha_n^2 = 19,5 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}.$$

термическое сопротивление слоя утеплителя (раннее определённое) равно:

для первого варианта $R_2^I = 0,788 \text{ (м}^2\cdot^\circ\text{C)/Вт}$;

для второго варианта $R_2^{II} = 0,939 \text{ (м}^2\cdot^\circ\text{C)/Вт}$;

для третьего варианта $R_2^{III} = 1,09 \text{ (м}^2\cdot^\circ\text{C)/Вт}$.

Коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности слоёв (считая от внутренней поверхности наружного ограждения) равны:

а) для первого слоя:

$$\gamma_1 = \frac{0,0263 \cdot 9,6^2 + 8,7}{1 + 0,0263 \cdot 8,7} = 9,05 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)};$$

б) для второго слоя:

для первого варианта:

$$\gamma_2^I = \frac{0,788 \cdot 5,03^2 + 9,05}{1 + 0,788 \cdot 9,05} = 3,56 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)};$$

для второго варианта:

$$\gamma_2^{II} = \frac{0,939 \cdot 5,03^2 + 9,05}{1 + 0,939 \cdot 9,05} = 3,45 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)};$$

для третьего варианта:

$$\gamma_2^{III} = \frac{1,09 \cdot 5,03^2 + 9,05}{1 + 1,09 \cdot 9,05} = 3,37 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)};$$

в) для третьего слоя:

для первого варианта:

$$\gamma_3^I = \frac{0,0263 \cdot 9,6^2 + 3,56}{1 + 0,0263 \cdot 3,56} = 5,49 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)};$$

для второго варианта:

$$\gamma_3^{II} = \frac{0,0263 \cdot 9,6^2 + 3,45}{1 + 0,0263 \cdot 3,45} = 5,39 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)};$$

для третьего варианта:

$$\gamma_3^{III} = \frac{0,0263 \cdot 9,6^2 + 3,37}{1 + 0,0263 \cdot 3,37} = 5,31 \text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)};$$

Теперь определяем величину затухания расчётной амплитуды по формуле:

$$\nu = 0,9e^{\frac{A}{27}} \frac{(S_1 + \alpha_1)(S_2 + Y_1) \dots (S_n + Y_{n-1})(\alpha_n^2 + Y_n)}{(S_1 + Y_1)(S_2 + Y_2) \dots (S_n + Y_n) \alpha_n^2}$$

Учитывая, что для:

первого варианта

$$D=4,467; \gamma_2^I = 3,56 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}); \gamma_3^I = 5,49 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}), \text{ имеем:}$$

$$\nu^I = 0,9e^{4,467/27} \cdot \frac{(9,6 + 8,7)(5,03 + 9,05)(9,6 + 3,56)(19,5 + 5,49)}{(9,6 + 9,05)(5,03 + 3,56)(9,6 + 5,49) \cdot 19,5} = 38,96,$$

второго варианта:

$$D=5,227; \gamma_2^{II} = 3,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}); \gamma_3^{II} = 5,39 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}), \text{ имеем:}$$

$$\nu^{II} = 0,9e^{5,227/27} \cdot \frac{(9,6 + 8,7)(5,03 + 9,05)(9,6 + 3,45)(19,5 + 5,39)}{(9,6 + 9,03)(5,03 + 3,45)(9,6 + 5,39) \cdot 19,5} = 66,19;$$

третьего варианта:

$$D=5,982; \gamma_2^{III} = 3,37 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}); \gamma_3^{III} = 5,31 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}), \text{ имеем:}$$

$$\nu^{III} = 0,9e^{5,982/27} \cdot \frac{(9,6 + 8,7)(5,03 + 9,05)(9,6 + 3,37)(19,5 + 5,31)}{(9,6 + 9,03)(5,03 + 3,37)(9,6 + 5,31) \cdot 19,5} = 113,98,$$

Таким образом, амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности для сравниваемых вариантов конструкций будет, соответственно, равна:

Вариант I – (рис. 3.6)

$$A^I \tau_n = \frac{26,5}{38,96} = 0,68 \text{°C}$$

Вариант II – керамзитобетонная панель толщиной 0,35м

$$A^{II} \tau_n = \frac{26,5}{66,19} = 0,4 \text{°C}$$

Вариант III – керамзитобетонная панель толщиной 0,4м

$$A^{III} \tau_n = \frac{26,5}{113,98} = 0,23 \text{°C}$$

Так как условие (1) выполняется $A^I \tau_n < A \tau_n^{TP}$; $A^{II} \tau_n < A \tau_n^{TP}$; $A^{III} \tau_n < A \tau_n^{TP}$, т.е. $0,68 < 1,91 \text{°C}$; $0,4 < 1,91 \text{°C}$; $0,23 < 1,91 \text{°C}$, то рассматриваемая конструкция стены удовлетворяет теплотехническим требованиям исходя из летних условий эксплуатации.

В случае, если условие (1) не выполняется, следует увеличить толщину утеплителя и провести расчёт заново по формулам (1) – (8).

3.7. Расчёт экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции следует принимать равным экономически целесообразному сопротивлению теплопередаче $R_o^{ЭК}$, но в любом случае не менее требуемого сопротивления теплопередаче R_o^{TP} , т.е.

$$R_o^{TP} \leq R_o \approx R_o^{ЭК} \quad (9)$$

Для того, чтобы определять экономически целесообразное сопротивление теплопередаче в учебных целях, необходимо определять приведённые затраты для каждого из сравниваемых вариантов конструкции. То сопротивление теплопередаче R_0 , при котором обеспечиваются минимальные приведённые затраты и следует считать экономически целесообразным.

Приведённые затраты на конструкцию здания, для которого необходимо отопление зимой и охлаждение летом определяются по формуле СНиП П-3-86 (цены 1986 года).

$$P = C_d + \frac{11,3 \cdot 10^{-4} [(t_{в} - t_{от.пер}) Z_{от.пер} \cdot C_{т,з} + (t_{ох.пер} - t_{в}^0) Z_{ох.пер} \cdot C_x]}{R_0} \quad (10);$$

где C_d - единовременные затраты, руб/м², определяемые по формуле:

$$C_d = 1,25 [(Ц+Т) \cdot 1,02 + C_m] \quad (11);$$

$t_{в}$ - температура в помещении;

$t_{от.пер}$, $Z_{от.пер}$ - средняя температура, °С и продолжительность отопительного периода, сут., со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 10 °С - при проектировании лечебно-профилактических и детских учреждений, домов-интернатов для престарелых и инвалидов и не более 8 °С - в остальных случаях (принимаемые по КМК 2.01.01-94)

$C_{т,з}$ - стоимость тепловой энергии, руб/ГДж, принимаемая по действующим нормативным документам или по таблице 3.6.1. настоящего указания;

R_0 - сопротивление теплопередаче варианта ограждающей конструкции;

$Ц$ - оптовая цена конструкции, определяемая по прескурантам, [11], руб/м²;

$Т$ - стоимость транспортирования конструкции с учётом погрузочно-разгрузочных работ, определяемая по СНиП IV-4-82 (приложение «Сборник сметных цен на перевозки грузов для строительства», руб/м²;

C_m - стоимость монтажа (возведения) ограждающей конструкции, определяемая по сборникам единых районных единичных расценок на строительные работы, руб/м²;

$t_{в}^0$ - расчётная температура внутреннего воздуха в период охлаждения (кондиционирования), °С, принимаемая по санитарно-гигиеническим нормам (для южных районов страны не более 26 °С);

C_x - стоимость холода, принимаемая по действующим нормативным документам, руб/ГДж или по таблице 3.6.2. настоящего указания (цены 1984 года);

$t_{ох.пер}$ - средняя температура наружного воздуха за период охлаждения, °С, определяемая по формуле:

$$t_{ох.пер} = \frac{t_{ох.пер}^{max} + t_{ох.пер}^{ср} + t_{ох.пер}^{min}}{3}, \quad (12);$$

где

$$t_{ох.пер}^{ср} = \frac{t_{ох.пер}^{max} + t_{ох.пер}^{min}}{2}, \quad (13);$$

в формулах (12) и (13):

$t_{ох.пер}^{ср}$ - среднемесячная температура наружного воздуха, °С, принимаемая по климатологии или по таблице 3.6.3.;

$t_{ох.пер}^{max}$ - среднемесячная максимальная температура наружного воздуха, °С, принимаемая по данным метеостанций или по таблице 3.6.3. настоящего пособия;

$t_{н.г}$ - средненежная температура наружного воздуха, °С.

Дробный член в формуле (10):

$$11,3 \cdot 10^{-4} \left[(t_{в} - t_{ов.лет}) \cdot Z_{от.лет} \cdot C_{т,з} + (t_{в.от.лет} - t_{в}^*) \cdot Z_{от.от.лет} \cdot C_{т,з} \right] \cdot R_0$$

представляет собой не что иное, как годовые эксплуатационные затраты (Э) на 1 квадратный метр конструкции, имеющий сопротивление теплопередаче R_0 . Эксплуатационные расходы представляют собой сумму затрат топлива на отопление зданий зимой и затрат энергии на охлаждение зданий летом.

Таблица 3.6.1.

Стоимость топлива $C_{т}$ и тепловой энергии $C_{т,з}$ по данным цен 1986 года

№	Район	Затраты на топливо,		Затраты на тепловую энергию, $C_{т,з}$ руб/ГДж.			
		$C_{т}$ руб/т.у.т. на		при сжигании			
		газ	уголь	газа в		угля в	
			ТЭЦ	кр. котел	ТЭЦ	кр. котел	
1	Узбекистан	34	36	1,62	1,65	1,74	2,20
2	Таджикистан	36	38	1,67	1,74	1,79	2,27
3	Туркмения	32	42	1,58	1,55	1,89	2,41
4	Южный Казахстан	40	32	1,86	1,84	1,65	2,00

Таблица 3.6.2.

Себестоимость выработанного холода $C_{х}$ в руб/ГДж (цены 1986 г.) по данным КМК

Производительность установки, кВт	Значение $C_{х}$ при максимальном числе часов использования установленной холодопроизводительности в год				
	до 1000	1000-1500	1500-2000	2000-2500	св. 2500
до 580	11,5	10,1	9,05	7,75	6,66
580-1163	9,4	8,65	7,75	6,72	5,78
1163-2326	8,58	7,90	7,10	6,12	5,30
свыше 2326	8,20	7,54	6,74	5,80	5,05

Таблица 3.6.3.

Среднемесячные и среднемаксимальные за месяц температуры наружного воздуха для основных городов Средней Азии, по данным КМК

№	Город	Среднемесячные максимальные температуры $t_{н.макс}$, °С			Среднемесячные температуры $t_{н.ср}$, °С		
		июнь	июль	август	$t_{н.ср}$, °С		
					июнь	июль	август
1	Ташкент	30,8	33,3	31,9	24,7	26,9	24,9
2	Самарканд	30,5	33,1	31,8	23,5	25,5	23,7
3	Душанбе	31,2	35,0	34,2	24,6	27,9	26,5
4	Фергана	30,9	33,1	32,2	24,6	26,8	25,0
5	Хива	31,7	33,7	31,6	25,7	27,5	25,2
6	Бухара	34,1	36,0	34,0	26,0	28,2	26,1
7	Карши	33,7	36,1	34,8	27,9	29,9	28,3
8	Ашхабад	33,6	36,0	35,1	28,2	30,7	29,6
9	Термез	36,1	38,3	36,5	28,3	30,7	28,7

В виду того, что расчёт величины продолжительности периода охлаждения $Z_{от.от.лет}$ должен производиться по специальной методике, то эту величину для Цен-

тральной Азии можно условно принять равной 100 дням, т.к. перегревный период в этом регионе, колеблется в среднем от 80 до 120 дней.

В рассматриваемом примере:

$$\begin{aligned} t_{в} &= 18^\circ\text{C}; t_{г} = 26^\circ\text{C}; \\ C_{т,з} &= 1,62 \text{ руб/ГДж}; C_x = 6,66 \text{ руб/ГДж}; \\ t_{от,пер} &= 2,4^\circ\text{C}; z_{от,пер} = 130 \text{ сут.}; \\ t_{н,сп}^{\text{июня}} &= 24,7^\circ\text{C}; t_{н,сп}^{\text{июля}} = 26,9^\circ\text{C}; t_{н,сп}^{\text{август}} = 24,9^\circ\text{C}; \\ t_{н,макс}^{\text{июня}} &= 30,8^\circ\text{C}; t_{н,макс}^{\text{июля}} = 33,3^\circ\text{C}; t_{н,макс}^{\text{август}} = 31,9^\circ\text{C}; \\ z_{ох,п} &= 100 \text{ сут.}; T = 0,3 \text{ руб/м}^2; C_m = 4,52 \text{ руб/шт.} \end{aligned}$$

Оптовая цена Ц (по ценам 1986 года) для трёх вариантов конструкций будет, соответственно, равна: $\text{Ц}^I = 19,52 \text{ руб/м}^2$; $\text{Ц}^{II} = 20,56 \text{ руб/м}^2$; $\text{Ц}^{III} = 21,44 \text{ руб/м}^2$, тогда:

$$\begin{aligned} t_{в,с}^{\text{июль}} &= \frac{24,7 + 30,8}{2} = 27,75^\circ\text{C}; & t_{в,с}^{\text{август}} &= \frac{26,9 + 33,3}{2} = 30,1^\circ\text{C}; \\ t_{в,с}^{\text{август}} &= \frac{24,9 + 31,9}{2} = 28,4^\circ\text{C}; & t_{ср,пер} &= \frac{27,75 + 30,1 + 28,4}{3} = 28,75^\circ\text{C}; \end{aligned}$$

Единовременные затраты на соответствующие варианты конструкций по формуле (18) равны:

$$\begin{aligned} C_d^I &= 1,25 (19,53 + 0,3) 1,02 + 0,6 = 26,03 \text{ руб/м}^2 \text{ [цены 1986 года];} \\ C_d^{II} &= 1,25 (20,56 + 0,3) 1,02 + 0,6 = 27,35 \text{ руб/м}^2 \text{ [цены 1986 года];} \\ C_d^{III} &= 1,25 (21,44 + 0,3) 1,02 + 0,6 = 28,47 \text{ руб/м}^2 \text{ [цены 1986 года].} \end{aligned}$$

Подставляя полученные данные в формулу (10) имеем:

Для первого варианта:

$$\Pi^I = 26,03 + \frac{11,3 \cdot 10^{-4} [(18 - 2,4) \cdot 130 \cdot 1,62 + (28,75 - 26,0) \cdot 100 \cdot 6,66]}{0,999} = 26,03 + 1,64 = 27,67 \text{ руб/м}^2$$

Для второго варианта:

$$\Pi^{II} = 27,35 + \frac{11,3 \cdot 10^{-4} [(18 - 2,4) \cdot 130 \cdot 1,62 + (28,75 - 26) \cdot 100 \cdot 6,66]}{1,139} = 27,35 + 1,44 = 28,79 \text{ руб/м}^2$$

Для третьего варианта:

$$\Pi^{III} = 28,47 + \frac{11,3 \cdot 10^{-4} [(18 - 2,4) \cdot 130 \cdot 1,62 + (28,75 - 26) \cdot 100 \cdot 6,66]}{1,352} = 28,47 + 1,21 = 29,69 \text{ руб/м}^2$$

Таким образом, приведённые затраты на конструкцию по одному варианту наименьшие, следовательно, экономически целесообразное сопротивление теплопередаче будет равно сопротивлению теплопередаче конструкции первого варианта.

$$\text{т.е. } R_o^{\text{опт}} = R_o = 0,999 \text{ м}^2 \cdot \text{C/Вт.}$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённых расчётов конструкций на зимние и летние климатические воздействия, а также расчёта экономически целесообразного сопротивления теплопередаче имеем по сравниваемым вариантам данные, сведённые в таблицу 3.6.4.

Проанализируем данные таблицы 3.6.4. Требуемое сопротивление теплопередаче для всех трёх вариантов конструкции одинаково и равно $0,661 \text{ м}^2 \cdot \text{C/Вт}$. Постоянной для всех трёх вариантов конструкции является также требуемая амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности — $1,91^\circ\text{C}$.

Таблица 3.6.4

Расчётные характеристики	Сравниваемые варианты		
	I	II	III
	Толщина конструкций, см		
	30	35	40
$R_0^{TP}, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	0,661	0,661	0,661
$R_0, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	0,999	1,139	1,352
$A_{\tau_0}^{TP}, \text{°C}$	1,91	1,91	1,91
$A_{\tau_0}, \text{°C}$	0,68	0,50	0,29
$C_0, \text{руб}/\text{м}^2$	26,03	27,35	28,47
$\Delta, \text{руб}/\text{м}^2$	1,64	1,44	1,21
$\Pi, \text{руб}/\text{м}^2$	27,67	28,79	29,69

Сопротивление теплопередаче R_0 у всех трёх конструкций больше требуемого R_0^{TP} , что свидетельствует о том, что все три варианта удовлетворяют санитарно-гигиеническим требованиям, исходя из зимних условий эксплуатации. Этого, однако, нельзя сказать о теплотехнических свойствах конструкции в летних условиях эксплуатации: несмотря на то, что условие (1) выполняется, т.е. выполняется требование СНиП о том, что амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности наружного ограждения должны быть меньше требуемой амплитуды, это ни в коей мере не говорит о том, что конструкция обеспечивает комфортные условия в помещении, т.е. о том, что в летний период соблюдаются санитарно-гигиенические требования. Комфортными условиями в летний период следует считать верхние предельно допустимые нормы комфорта:

Согласно методике С.В.Зоколей:

$$\tau_0^{\max} \leq 28 \text{ °C} \quad (14),$$

Согласно методике Б.В.Хрустова условие:

$$\tau_0^{\max} \leq 26 + A_{\tau_0}^{TP} \quad (15),$$

где τ_0^{\max} – максимальная температура внутренней поверхности наружного ограждения.

Для того, чтобы вычислить температуру внутренней поверхности наружного ограждения τ_0 , необходимо провести довольно непростые расчёты температурного режима конструкции и помещения в целом, учитывая нестационарную теплопередачу через конструкцию, вызванную стохастическим характером внешних климатических воздействий.

Такой подход позволяет однозначно определять, при какой конструктивной схеме и толщине наружного ограждения будут соблюдены условия (14) и (15).

В настоящее время имеется целый ряд разработанных методик расчёта, готовых программ для ЭВМ, с помощью которых можно производить вышеупомянутые расчёты с той или иной точностью. Однако, широкого применения в практике строительного проектирования они пока не находят.

Из таблицы 3.6.4 видно, что амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности A_{τ_0} у третьего варианта наименьшая (0,29 °C), следовательно, эта конструкция будет в наибольшей степени, по сравнению с конструкциями первого и второго вариантов удовлетворять требованиям комфорта, не гарантируя, однако выполнение условий (14) и (15).

Анализируя единовременные затраты на конструкции (C_0) сравниваемых вариантов, видим, что они наименьшие у конструкции первого варианта. Приведен-

ные затраты на конструкцию третьего варианта больше, чем на конструкции второго и первого варианта на 3,1% и на 7,3%. Однако, эксплуатационные расходы на неё меньше, чем на конструкцию второго варианта на 19% и меньше, чем на конструкцию первого варианта на 35,5%.

Таким образом, конструкция третьего варианта дороже остальных, но позволяет экономить топливно-энергетические ресурсы. Кроме того, эта конструкция обеспечивает, как уже отмечалось, более благоприятные санитарно-гигиенические условия в помещении. В конечном итоге выбор варианта конструкции должен быть сделан только после объективного анализа всех полученных характеристик, зависящих от многих факторов, в частности, от состояния и развития топливно-энергетической базы, стоимости топлива и энергии в том или ином регионе, состояния экономики страны на данном этапе.

Следует иметь в виду, что оптимизация уровня теплозащиты зданий обеспечивает не только экономию теплоты и снижение величины приведённых затрат (II): одновременно повышается уровень комфортности помещений и, как следствие, увеличивается лучшая сохранность зданий. Врачи-гигиенисты установили, что люди, проживающие в зданиях с ограждающими конструкциями, имеющими сравнительно малое сопротивление теплопередаче R_0 и с большими окнами, чаще подвергаются простудным и неврологическим заболеваниям и поражениям периферической нервной системы, чем люди, проживающие в зданиях с умеренным остеклением и с менее теплопроводными стенами. Чем ниже температура внутренней поверхности наружной ограждающей конструкции t_s , тем она более интенсивно поглощает лучистую теплоту, что приводит к усиленному тепловому излучению части человеческого тела, обобщённой к наружной стене или к окну, и заболеванию человека.

Было установлено, в частности, что в помещениях школ и детских садов-яслей, имеющих умеренное остекление, дети в 1,4-1,92 раза меньше болеют простудой и пневмонией, чем в помещениях с большой площадью поверхности остекления. При увеличении R_0 конструкции условия значительно улучшаются. Установлено также, что школьники, сидящие вблизи окон с тройным остеклением (в городе Tallinn), болеют значительно реже, чем сидящие у окон с двойным остеклением.

Гигиенисты считают, что нормируемая разность температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности наружного ограждения $\Delta t^{\text{н}} = t_a - t_s$ в зимних условиях не должна превышать 3 °C для стен и 2 °C - для потолков. Однако, в настоящее время для стен жилых помещений, школ, больниц, поликлиник, детских садов-яслей $\Delta t^{\text{н}}$ принимается равной 6 °C, а для прочих общественных зданий - 7 °C, для покрытий и чердачных перекрытий $\Delta t^{\text{н}}$ соответственно равна 4 °C и 5,5 °C.

За рубежом уровень теплозащиты зданий различного назначения в текущем десятилетии значительно повысился, что в основном явилось следствием повышения стоимости энергоресурсов. Однако, одновременно были достигнуты и другие положительные результаты - повышение уровня комфортности гражданских зданий и снижение затрат на их эксплуатацию. В результате в конце прошлого столетия в странах Западной Европы и России расход теплоты на отопление зданий уменьшился от 10 до 20%.

3. 8. Конструктивные и теплофизические характеристики покрытий зданий (28,48)

Известно, что крыша - верхняя венчающая часть здания – служит для защиты его от вредного воздействия атмосферных осадков (дождя, снега), резких колебаний наружной температуры, от действия, солнца ветра. Она состоит из несущей жёсткой конструкции, поддерживающей кровлю слоёв паро-теплоизоляции, и водозащитного кровельного покрытия. Основное предназначение кровли – предохранить здание от намокания, отвести вниз воду и быть температурным буфером. В зависимости от назначения крыши могут быть чердачные и бесчердачные, их выбор определяется назначением здания, функциональными процессами, климатическими и другими особенностями.

Форма крыш, крутизна скатов, материал и конструктивное решение зависит от природно-климатических параметров района строительства, архитектурных и технико-экономических требований. Покрытия крыш должны обладать необходимой прочностью, устойчивостью, сейсмостойкостью, водонепроницаемостью и удовлетворять эксплуатационным, теплотехническим, санитарно-гигиеническим и экономическим требованиям. Требуемые сопротивления теплопередаче, воздуха – и паропрооницанию бесчердачных покрытий (совмещенных крыш) и чердачных перекрытий должны быть обеспечены на всей площади покрытия или перекрытия, включая места стыковых соединений.

По конструктивным признакам покрытия подразделяются на:

- Совмещенная (однослойная, коробчатого сечения с заполнением полости теплоизолирующим материалом, многослойная) с элементами слоев, приведенных на рис. 3.13.
- Для уменьшения перегрева строго нормируемых помещений и снижения мощностей кондиционных и холодильных установок возможны решения с водонаполнением покрытий, орошение спринкерными установками, травяные, а также экранирование крыш и окраска кровель в белые цвета. Их решения и теплотехнические характеристики показанные на рис. 3.15.
- Совмещенные покрытия с вентилируемой воздушной прослойкой, которая рекомендуются для защиты здания от перегрева, уменьшения поступления тепла в помещение путем уменьшения поступления части тепла через вентилируемую воздушную прослойку, рис.3.14 и рис. 3.15.
- Вентилируемые полости должны сообщаться с наружным воздухом через отверстия в карнизах и дефлекторов коньках или вытяжных шахт. Высота вентилируемой воздушной прослойки и пролет здания определяется расчетом.
- Чердачной крыши с холодным или тёплым чердаком и различными материалами покрытий и кровель или кровельных плит покрытия, приведены на рис. 3.16.

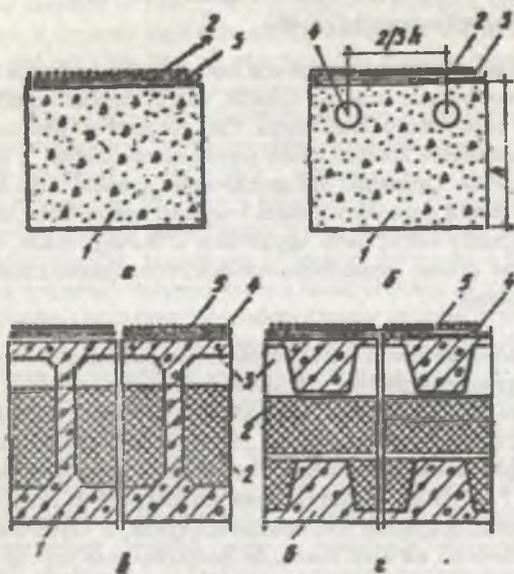


Рис.3.13 Конструкция совмещенных покрытий:

а, б - однослойные панели (1 - несущий утеплитель из легкого бетона: керамзитобетон, пенобетон, газобетон, газосиликат $\gamma=700-900 \text{ кг/м}^3$; 2 - гравий светлых тонов, втопленный в битумную мастику; 3 - гидроизоляционный ковер из рубероида; 4 - каналы осушающей вентиляции);
 в - панели коробчатого типа, г - панели из двух ребристых плит (1 - коробчатая панель из железобетона или армоцемента; 2 - жесткий или гибкий утеплитель: пеностекло, пенопласт, минераловатные плиты; 3 - прослойка осушающей вентиляции; 4 - гидроизоляционный ковер из рубероида; 5 - гравий светлых тонов, втопленный в битумную мастику; 6 - железобетонная ребристая плита).

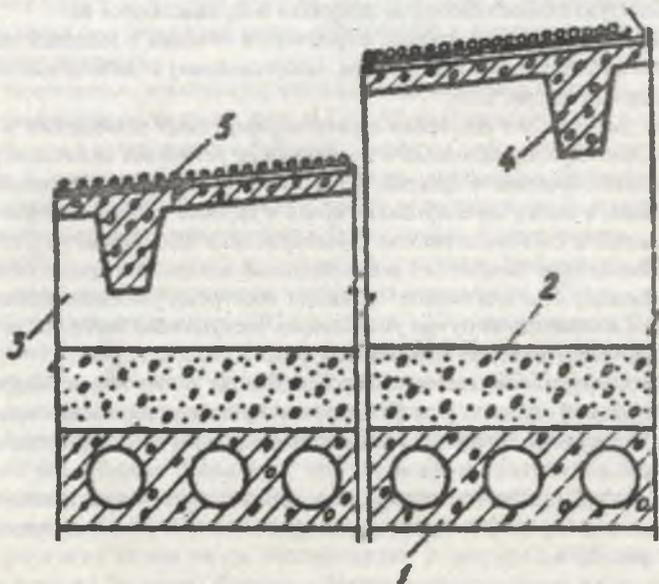


Рис.3.14 Конструкция совмещенной вентиляруемой крыши:

1 - многослойный железобетонный настил; 2 - утеплитель: минеральная вата, пенопласт;

3 - вентиляруемая воздушная прослойка; 4 - кровельная вибропрокатная плита;
 5 - гравий в битуме; 6 - три слоя рубероида на горячей битумной мастике.

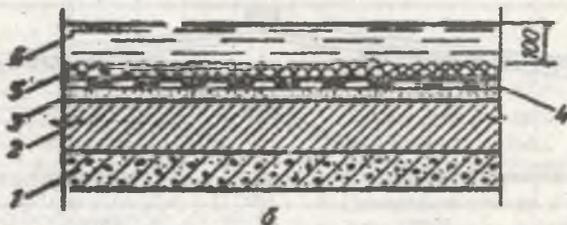
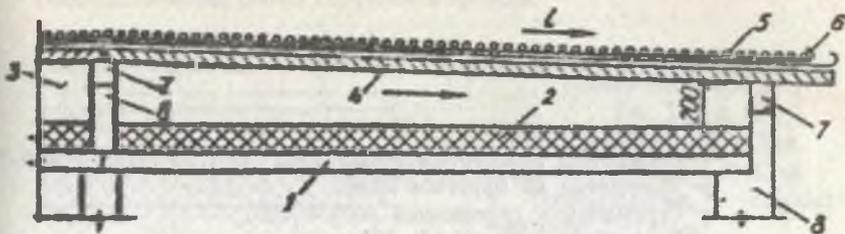


Рис. 3.15 Конструкция крыши:
 а - совмещенной вентиляруемой

- (1 - плоская железобетонная плита; 2 - утеплитель: минвата, пенопласт;
 3 - воздушная вентиляруемая прослойка; 4 - кровельная плоская плита;
 5 - гравий светлый в битуме; 6 - три слоя рубероида на горячей битумной мастике;
 7 - продух; 8 - монолитная железобетонная стена);

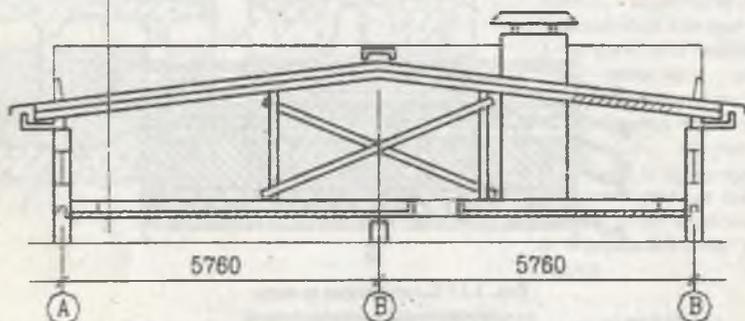
б - совмещенной водонаполненной

- (1 - несущая плита покрытия; 2 - утеплитель плитный или засыпной;
 3 - цементно-песчаная стяжка $\delta=20$ мм;
 4 - водонепроницаемый ковер (четыре слоя толь-кожи на дегтевой мастике);
 5 - защитный слой воды (два слоя гравия, втопленного в дегтевую мастику);
 6 - защитный слой воды $\delta=100$ мм.)

Методики теплотехнических расчетов покрытий для зимних и летних условий приведены в трудах [28,29, 48].

Проектирование наружных покрытий ограждений построенные на принципе ограничений количества тепла, теряемого ограждением в отопительный период, и поддержания на внутренней поверхности ограждения температуры, при которой не образуется конденсат.

- Волнистый асбестоцементный лист СВ 1750 (ГОСТ 20450-75)
- Обрешетка из брусков 50x60
- Стропильная деревянная нога 50x150
- Утеплитель керамзит $\gamma=600\text{кг/м}^3$
- Ж/б панель перекрытия



- Кровельная ж/б панель
- Воздушная прослойка
- Утеплитель керамзит $\gamma=600\text{кг/м}^3$
- Ж/б панель перекрытия

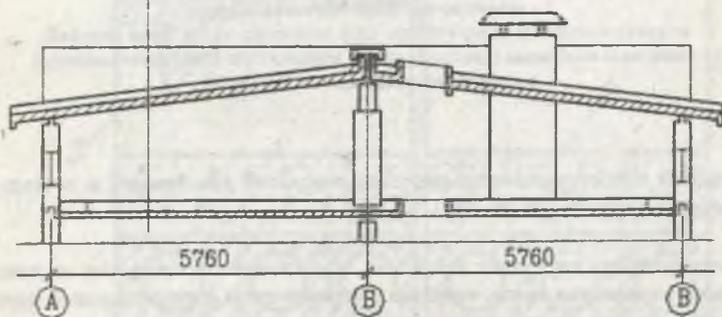


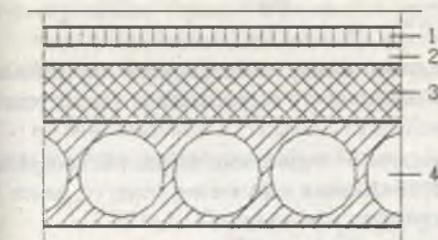
Рис.3.16 Чердачные крыши

3.3. Пример теплотехнического расчёта крыш.

Труды Маракаева Р.Ю.; Зафарова К.Ф.; Исламова Д.Ш.

Теплотехнический расчёт 2 вариантов кровель.

I Вариант - совмещенная крыша (а)



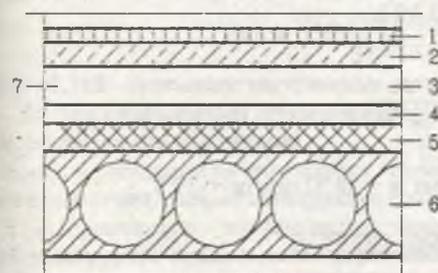
I вариант

совмещенная крыша

Рис. 3.17-а.

1. 4 слоя рубероида $\delta = 12\text{мм}$
2. Цементная стяжка $\delta = 2,5\text{см}$
3. Теплоизоляция - пенобетон $= 600\text{кг/м}^2$ $\delta = 120\text{мм}$
4. Многупустотная железобетонная плита перекрытия $\delta = 220\text{мм}$

II Вариант - вентилируемая (б)



II вариант - вентилируемая

Рис. 3.17-б.

1. 4 слоя рубероида $\delta = 12\text{мм}$
2. Ж/б плита $\delta = 40\text{мм}$
3. Кровельная балка
4. Цементная стяжка $\delta = 2,5\text{см}$
5. Теплоизоляция $\delta = 120\text{мм}$
6. Многупустотная железобетонная плита перекрытия $\delta = 220\text{мм}$
7. Воздушная прослойка $\delta = 30\text{см}$

Данные по кровле рис. 3.17-а

Таблица 3.8.1.

	δ	λ	R_k	S	Д
1. 4 слоя рубероида	12мм	0,17	0,07	3,06	0,24
2. Цементная стяжка	25мм	0,7	0,035	8,18	0,117
3. Утеплитель- пенобетон $= 600\text{кг/м}^3$	120мм	0,27	0,54	2,27	1,84
4. Ж/б плита	220мм	0,87	0,06	15,36	0,53

$$R_o = R_s + R_t + R_n = 0,115 + 0,725 + 0,04 = 0,87 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{С}^\circ}$$

$$D = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 = 2,72$$

Условия – г.Ташкент

Ограждение низкой инерционности (табл. КМК), поэтому для расчета R^{TP} берется средняя температура наиболее холодных трех суток.

Требуемое сопротивление теплопередаче R_0^{TP} - $m^2 \cdot ^\circ C / \text{ккал}$:

$$R_0^{TP} = \frac{h(t_e - t_n)}{\Delta t_n \cdot \alpha_B}, \text{ где}$$

Δt_n – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкций. $^\circ C$ для покрытий $\Delta t_n = 4 \cdot ^\circ C$,

p – коэффициент принимаемой в зависимости от положения наружной поверхности ограждающей конструкций по отношению к наружному воздуху, равен 1,

t_B – расчетная температура внутреннего воздуха принимаем $^\circ C$, $t_B = 20 \cdot ^\circ C$,

t_H – расчетная зимняя температура наружного воздуха, $^\circ C$, принимаемая в нашем случае средняя температура наиболее холодных суток, $t'_H = 19 \cdot ^\circ C$,

α_B – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции (принимаемый по т.4 СНиП П-3-79).

$$\alpha_B = 8,7$$

$$R_0^{TP} = \frac{1(20 - (-19))}{4 \cdot 8,7} = \frac{39}{34,8} = 1,12 \quad \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot ^\circ C}$$

Вывод. Ввиду того, что $R_0 = 0,87 < R_0^{TP} = 1,12$

утеплитель $\delta_{UT} = 120 \text{ мм}$ не обеспечит $t_B = 20 \cdot ^\circ C$ при $t_H = -19 \cdot ^\circ C$.

3.8.2. ЛЕТНИЙ ПЕРИОД

1. Согласно п. КМК-3.82 определяем:

$A_0^{TP} = 2,5 - 0,1(t_H - 21)$ – требуемая амплитуда колебаний температур внутренней поверхности ограждающих конструкций, где

t_H – среднемесячная температура наружного воздуха $t_H = 26,9 \cdot ^\circ C$

$$A_0^{TP} = 2,5 - 0,1(26,9 - 21) = 1,91 \cdot ^\circ C$$

2. Согласно КМК:

$$A_0^{TP} = \frac{A_{\text{расч}}}{V} \text{ - амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности;}$$

$A_{\text{расч}}$ – расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха определяется по формуле КМК(16);

V – величина затухания расчетной амплитуды колебания температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции определяется по формуле КМК(17);

$$A_{\text{расч}} = 0,5A + \frac{\rho(l_{\text{max}} - l_{\text{оп}})}{\alpha_H} \quad \text{где,}$$

A_n - максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле по КМК_н = 23,7;

ρ - коэффициент поглощения солнечной радиации материалов наружной поверхности ограждающих конструкций, принимаем $\rho = 0,9$;

I_{max} , I_{cp} - соответственно максимальное и среднее значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) по КМК (19) ($I_{max} = 789$, $I_{cp} = 288$);

α_n - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, определяется по формуле:

$$\alpha_n = 5 + 10\sqrt{v}$$

v - минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16% и более:

$$v = 5 + 10\sqrt{1,4} = 16$$

$$t_{расч} = 0,5 \cdot 23,7 + \frac{0,9(789 - 288)}{16} = 40,07 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции:

$$v = 0,9e^{-\frac{D}{\delta}} \frac{(S_1 + \alpha\beta)(S_2 + Y_1) \dots (S_n + Y_{n-1})(\alpha_n + Y_n)}{(S_1 + Y_1)(S_2 + Y_2) \dots (S_n + Y_n)\alpha_n}$$

где $e = 2,718$ - основание натуральных логарифмов;

D - тепловая инерция ограждающей конструкции (см. расчет на зимний период),

$S_{1,2} \dots$ - расчетные коэффициенты теплоусвоения наружного материала отдельных слоев ограждающей конструкции (см. расчет на зимний период),

$Y_{1,2} \dots$ - расчетные коэффициенты теплоусвоения отдельных слоев ограждающей конструкции определяемые формулами КМК, $\text{Вт} / \text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ или $\text{ккал} / \text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$:

а) коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя с тепловой инерцией $D \geq 1$ следует принять равным "S" коэффициенту теплоусвоения материала этого слоя конструкции по прилож. [22]

б) коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя с тепловой инерцией $D < 1$ следует "Y" рассчитывать, начиная с первого слоя (считая от внутренней поверхности ограждающей конструкции);

$$\text{Для 1 слоя } Y = \frac{R_1 S_1^2 \alpha \beta}{1 + R_1 \alpha \beta}$$

$$\text{Для } i\text{-го слоя } Y_i = \frac{R_i S_i + Y_{i-1}}{1 + R_i Y_{i-1}}$$

Железобетонная плита: $S_1 = 8,95$ с $D = 2,77$, $D > 1$, тогда $S_1 = Y_1 = 8,95$

Пенобетон: $S_2 = 3,36$ с $D > 1$, тогда $S_2 = Y_2 = 3,36$

$$Y_2 = \frac{R_2 S_2^2 + Y_1}{1 + R_2 Y_1} = \frac{0,036 \cdot 8,18^2 + 3,36}{1 + 0,035 \cdot 3,36} = \frac{5,76}{1,12} = 5,10$$

$$Y_4 = \frac{R_4 S_4^2 + Y_3}{1 + R_4 Y_3} = \frac{0,07 \cdot 3,53^2 + 5,10}{1 + 0,07 \cdot 5,10} = \frac{5,97}{1,36} = 4,39$$

Величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха v в ограждающей конструкции:

$$\nu = 0,9e^{\frac{0}{\sqrt{2}}} \frac{(S_1 + \alpha\beta)(S_2 + Y_1)(S_3 + Y_2)(S_4 + Y_3)(\alpha_H + Y_4)}{(S_1 + Y_1)(S_2 + Y_2)(S_3 + Y_3)(S_4 + Y_4)\alpha_H}$$

$$\nu = 0,9 \cdot 2,718^{\frac{4,35}{\sqrt{2}}} \frac{(8,95 + 8,7)(3,36 + 8,95)(3,36 + 3,36)(3,53 + 5,10)(16 + 4,38)}{(8,95 + 8,95)(3,36 + 3,36)(3,36 + 5,10)(3,53 + 3,38)16} = 0,9 \cdot 17,9 \cdot 2,22 = 35,44$$

Тогда амплитуда колебаний температур внутренней поверхности ограждающих конструкций:

$$A_{\theta} = \frac{A_{\theta}^{max}}{\nu} = \frac{40,07}{35,44} = 1,12$$

Вывод: $A_{\theta} \leq A_{\theta}^{max}$ $1,12 < 1,91$ т.е. удовлетворяет теплоустойчивости конструкции.

3.8.3. РАСЧЕТ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ ПОКРЫТИЯ С ВЕНТИЛИРУЕМОЙ ПРОСЛОЙКОЙ

Таблица 3.8.2.

	δ	λ	R	S	D
1. Плита ж/б	0,22	0,87	0,025	8,95	2,27
2. Пенобетон	0,12	0,22	0,54	3,36	1,81
3. Ц/П стяжка	0,025	0,65	0,035	3,36	0,117
4. Воздушная прослойка					
5. Ж/б плита	0,04	0,87	0,045	8,95	0,45
6. 4 слоя рубероида	0,012	0,17	0,07	3,53	0,24

1. Характеристика тепловой инерции под экранной части покрытия:

$$D = 2,27 + 1,81 + 0,117 = 4,2$$

$$V_n = 0,9e^{\frac{4,2}{\sqrt{2}}} \frac{(8,95 + 8,7)(3,36 + 8,95)(3,36 + 3,36)}{(8,95 + 8,70)(3,36 + 3,36)(3,36 + 5,10)} = 0,9 \cdot 17,6 \cdot 1,26 = 18,9$$

2. Определяем скорость движения воздуха в прослойке.

При длине прослойки 10,8 м, высоте 0,3 м и отношении суммарной площади отверстий к площади фризовой панели 0,6 по табл. 9 и схеме 2 (РСН 15-79)

Находим $\xi_r = 0,9$; $\xi_o = 3,5$ $\xi = 6,2$, тогда суммарное сопротивление движению воздуха:

$$\xi = 0,8 + 3,5 + 6,2 = 10,5$$

Средняя по длине скорость движения воздуха в прослойке:

$$v = \frac{0,4}{\sqrt{\xi}} = \frac{0,4 \cdot 1,2}{10,5} = 0,15$$

Коэффициент теплоотдачи конвекцией:

$$\alpha_r = 2,4 \cdot 0,15^{0,2} \cdot 0,3^{-0,2}$$

где v - скорость движения воздуха в прослойке, м/сек,

e - высота воздушной прослойки:

$$\alpha_r = 2,4 \cdot 0,15^{0,2} \cdot 0,3^{-0,2} = 0,9$$

коэффициент теплоотдачи излучением в прослойке (для бетонной поверхности):
степень черноты $E = 0,9$ (табл.):)

$$\alpha_B = 6 \left(\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} - 1 \right), \text{ где}$$

E_1 и E_2 – степени черноты материала внутреннего слоя экрана и под экранной поверхностью ограждения (приним. по СН 15-79).

$$\alpha_B = 6 \left(\frac{1}{0,9} + \frac{1}{0,9} - 1 \right) = 4,9.$$

Коэффициент теплоотдачи в прослойке: $\alpha = 0,9 + 4,9 = 5,8$.

Определяем величину затухания ν_1 .

Характеристика тепловой инерции экрана:

$$D = 0,368 + 0,245 = 0,613$$

Сопrotивление теплоотдаче экрана при замене α_B на α

$$R_0 = \frac{1}{5,8} + 0,024 + 0,08 + \frac{1}{18,9} = 0,172 + 0,024 + 0,08 + 0,05 = 0,326$$

По формуле, $\nu = R_0 \alpha_B$ подставляя α вместо α_B

$$\nu_1 = R_0 \alpha_B = 0,326 \cdot 5,8 = 1,83$$

определяем амплитуду колебаний температуры A_n по формуле п. 2.8 (СН 15-79):

$$A_n = \frac{\alpha \wedge + a \cdot \alpha_K}{\nu_1 \cdot f} A_{in}^{max} + \frac{b(1-2a)}{f} A_{in}.$$

$$\text{где } f = (Y_n + \alpha)(1 - n \cdot a) - (a \cdot B)B = \alpha_K + n2\alpha \wedge$$

$$n_2 = 1 - \frac{1}{1} \quad a = 0,5 \left(1 - \frac{1 - e^{-P}}{P} \right)$$

$$P = \frac{\alpha_r \cdot h}{475 \cdot 1 \cdot e} \quad \alpha = \alpha_r + \alpha \wedge$$

Y_n - коэффициент теплоусвоения наружной поверхности внешнего слоя под экранной части вт / ($m^2 \cdot C$) или ккал / ($m^2 \cdot C$);

$\alpha \wedge$ - коэффициент теплоотдачи излучением в прослойке вт / ($m^2 \cdot C$) или ккал / ($m^2 \cdot C$) определяемый согласно п. 2, 12 СН 15-79;

α_K - коэффициент теплоотдачи в прослойке, вт / ($m^2 \cdot C$) или ккал / ($m^2 \cdot C$), определяемый согласно п. 2, 12 СН 15-79;

α - коэффициент теплоотдачи в прослойке, ккал / ($m^2 \cdot C$), равный сумме α_K и $\alpha \wedge$;

l - высота (ширина) вентилируемой прослойки в покрытии, м;

n - длина вентилируемой прослойки в покрытии, м;

ν_1 - средняя скорость движения воздуха в прослойке, м/с;

ν_1 - величина затухания колебаний температуры наружного воздуха с учетом солнечной радиации в солнцезащитном экране, рассчитывается согласно п. 2.9 СН 15-79.

$$\alpha = 5,8, \quad P = \frac{0,9 \cdot 10,8}{475 \cdot 0,15 \cdot 0,3} = 0,45$$

$$A = 0,5 \left(1 - \frac{1 - 2,718^{-0,45}}{0,45} \right) = 0,5 \left(1 - \frac{1 - 0,63}{0,45} \right) = 0,09; \quad \nu_1 = 1 - \frac{1}{1,83} = 1 - \frac{1}{1,83} = 0,46;$$

$$2,718^{-0,45} = x; \quad -0,45 \cdot 0,434 = \lg x; \quad -0,195 = \lg x; \quad 1,805 = \lg x; \quad x = 0,632$$

$$B = \alpha_k + 2\alpha_B = 0,9 + 0,46 \cdot 4,9 = 3,15$$

$$f = (1,79 + 5,8)(1 - 0,46 \cdot 0,09) - 0,09 \cdot 3,15 = 7$$

$$A_{\text{в}} = \frac{4,9 + 0,09 \cdot 0,9}{1,83 \cdot 7} \cdot 40,07 + \frac{3,15(1 - 2 \cdot 0,009)}{7} \cdot 23,7 = 24,32^\circ\text{C}.$$

Амплитуда колебаний температуры на внутренней поверхности (потолке):

$$A_{\text{тв}} = \frac{A_{\text{вн}}}{\psi_{\text{тв}}} = \frac{24,32}{24,82} = 0,98.$$

Расчет показывает, что амплитуда колебаний температуры на внутренней поверхности покрытия с вентилируемой воздушной прослойкой не превышает допустимого $A_{\text{тв}}^{\text{д}} = 1,91$,

$$\text{т.е. } A_{\text{тв}} = 0,98 < A_{\text{тв}}^{\text{д}} = 1,91.$$

При сравнении вариантов: эффективнее покрытие с воздушной прослойкой

$$A_{\text{тв}}^1 = 1,12 \quad A_{\text{тв}}^2 = 0,98. \text{ т.е. улучшает теплоустойчивость покрытий и уменьшает перегрев}$$

3.9. Теплоустойчивость орошаемых и водонаполненных покрытий

Одно из основных требований к жилищу Узбекистана – обеспечение теплового комфорта, который определяется наиболее благоприятным сочетанием таких микроклиматических факторов, как температура внутренних ограждающих конструкций и воздуха, влажность и подвижность воздуха, степень частоты его, солнечная и световая среда и др. Оптимальные условия комфорта в жилище летом, в зависимости от климатических зон страны, составляют от $22-24^\circ\text{C}$ до $25-26^\circ\text{C}$ при относительной влажности 30-35% и подвижности воздуха 0,1-0,25 м/с. Основная сложность в создании нормированного микроклимата – перегрев помещений, особенно верхнего этажа в летний период. Под воздействием летних высоких температур и солнечной радиации и недостаточности учета теплоизоляционных качеств крыш, покрытий зданий, излучений градостроительной среды, температура воздуха в помещениях достигает $30-32^\circ\text{C}$, а потолка $T_{\text{в}}$ до $34-35^\circ\text{C}$, эти показатели характерны для большинства крупнопанельных, каркасно-панельных домов и кирпичных домов с вентилируемыми совмещенными покрытиями.

Выбор наиболее целесообразного и технически совершенного покрытия здания – одна из важнейших задач проектирования и реконструкции зданий.

Известны следующие способы защиты покрытий от перегрева:

1. Повышение тепловой инерции, за счет усиления теплоизоляции в две – три толщины, что увеличивает вес и стоимость. Применение легких теплоизоляционных материалов конструкций (с малым коэффициентом теплопроводности) недостаточно увеличивают эффект снижения теплопоступления в помещение.

2. Солнцезащитные устройства. В равнинных южных районах страны годовая амплитуда температурных колебаний кровли может достигнуть 100°C , суточная в летнее время 70°C . Рулонная кровля может нагреваться до 80°C , он теряет пластичность, пересыхает, становится хрупким, вспученным, что приводит к быстрому износу.

Известны следующие типы защиты рулонных кровель совмещенных покрытий:

а) светлая окраска; б) охлаждение водой (водонаполнение и орошение); в) экранирование.

Исследования автора по данным конструкциям приведены в монографии (29).

3.9.1. Орошаемые и водо-наполнительные покрытия

Метод расчета. Схема тепловых потоков орошаемой кровли представлена на рисунке 3.18. При работе спринклерной установки на плоской крыше неизбежно будет образовываться пленочный слой воды (толщиной 5-10 мм), т.е. орошаемая кровля фактически будет работать как водонаполненная, значит, максимум поверхности смещается к полудню с уменьшением толщины слоя. По данным Повалева М.И. для слоя воды 10см максимум в 15 ч, для 2,5 см – 14 ч. По данным зарубежных исследований максимум орошаемых покрытий приходится на 12 ч дня.

Рис. 3.18.

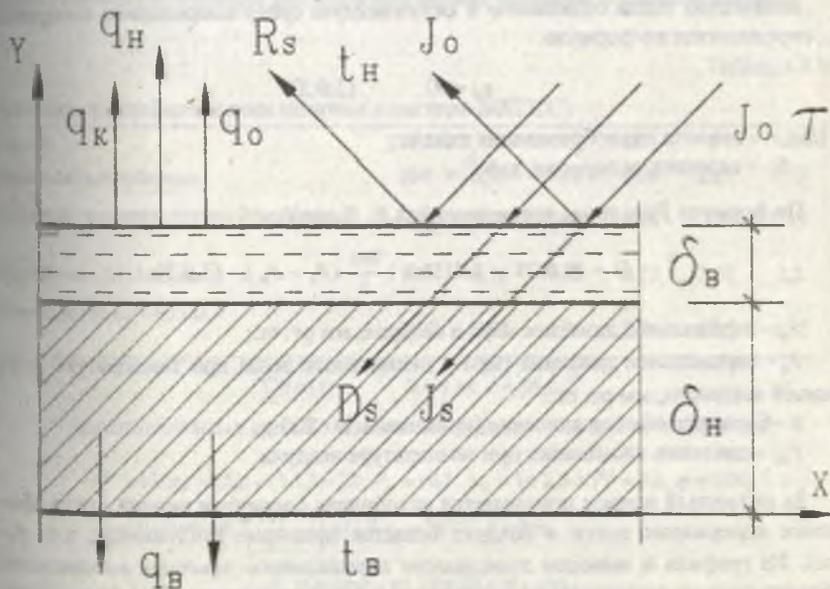


Рис.3.18 Схема тепловых потоков орошаемой кровли.

В наших расчетах максимум температуры принимаем в 14 ч в уравнение теплового баланса для нее:

$$Q_k + (1 + R_s)l = q_n + q_v \quad 3.9.1$$

где q_k - удаленный тепловой поток за счет конвекций воздуха;

R_s - альbedo поверхности;

l - полное солнечное облучение в часы максимума;

q_n - удлиненный тепловой поток за счет испарения;

q_v - тепловой поток, проходящий в помещение;

В данном уравнении теплового баланса сделаны два допущения:

1) количество тепла (q_n), аккумулированное или выделенное за рассматриваемый интервал времени ($T/1$ ч), вблизи максимума меняется незначительно им пренебрегаем;

2) $q_k > 0$ во всех случаях, т. е. температура наружного воздуха больше температуры поверхности, что подтверждают данные многих исследований;

В уравнении (3.9.1) закон конвективного теплообмена между пленочным слоем воды и наружным воздухом, в следствии температурной разности, запишется как:

$$q_k = \alpha_n^k (t_n - \tau).$$

количество тепла отдаваемое в окружающую среду посредством испарения q_n , определяется по формуле:

$$q_n = rG \quad (3.9.2)$$

где r - теплота парообразования ккал/кг;

G - скорость испарения, кг/м²·ч

По формуле Дальтона, приведенной А.В. Лыковым:

$$G = (0,0178 + 0,0152 V) \frac{760}{b} (P_s - P_n), \quad (3.9.3)$$

P_n - парциальное давление пара в воздухе, мм рт. ст.;

P_s - парциальное давление пара у поверхности воды при температуре испаряющей жидкости, мм рт. ст.;

b - барометрическое давление (принимаем $b = 760$);

P_{SH} - давление насыщения при температуре воздуха.

За расчетный период принимается устойчивая солнечная погода, когда абсолютное содержание влаги в воздухе остается примерно постоянным, т.е. $P_n = \text{const}$. Из графика и выводов зависимости парциального давления насыщенного водяного пара от температуры поверхности воды, приведенных Б.С. Межевниковым:

$$P_s = P_{SH}^{\text{min}} + 1,47 (\tau - t_n^{\text{min}}) \quad (3.9.4)$$

P_{SH}^{min} - давление насыщенного при минимально температуре воздуха.

Подставляя (3.9.2) и (3.9.3) в уравнение (3.9.4) получим:

$$q_H = \alpha_H (\tau - x),$$

где α_H - условный коэффициент теплообмена у поверхности пленочного слоя воды, учитывающий испарение воды (ккал/м²·ч·град) и определяемый по формуле:

$$\alpha_H = 15,2 + 13V, \dots x = t_H^{\text{max}} - 0,68P_H \left(\frac{100}{\varphi} - 1 \right).$$

По данным [Бродяка П.М.]:

$$q_B = K (\tau - t_B).$$

Подставляя значения q_K, q_H, q_B в формулу (3.8.1) находим максимальную температуру поверхности:

$$\tau_{\text{max}} = \frac{(1 - R_S)I + \alpha_H x + \alpha_H t_H + K t_B}{\alpha_H + k = \alpha_K} \quad (3.9.5)$$

По данным:

$$t_H = t_H^{\text{ср}} + A_H \cos (15 T - 45^\circ),$$

отсюда для максимума при $T = 14$ ч:

$$t_H = t_H^{\text{ср}} + 0,97 A_H.$$

Ниже приведены примеры расчетов орошаемых шедовых и плоских кровель:

Таблица 3.9.1.

(размеры теплофизических величин в системе МКГСС)

Кроуля	γ	δ	λ	R	S	D
Трехслойный руберонд	600	0,01	0,15	0,06	2,85	0,17
Цементно-песчаная стяжка 20—40 мм	1800	0,03	0,65	0,05	7,8	0,36
Пенобетон 120—180 мм	800	0,16	0,22	0,73	3,02	2,2
Железобетон 60—90 мм	2400	0,08	1,25	0,06	12,5	0,75

$$\sum R = 0,9 \quad D = 3,48 \quad v = 20,4$$

дополнительные данные на 14 ч - / = 700, $R_S = 0,08$, $t_H(14\text{ч}) = 34^\circ\text{C}$, $v = 1,3$;

$$t_H^{\text{max}} = 19, \alpha_H = 15,2 + 13 \cdot 1,3 = 32; P_H = 10,7, \alpha_H = 3 + 2,5 \cdot 1,3^{0,8} = 6,1; \varphi = 51\%.$$

$$x = 19 - 0,68 \cdot 10,7 \left(\frac{100}{51} - 1 \right) = 11,7 \quad t_B = 26^\circ\text{C}, R = 0,9.$$

$$\tau_{\text{max}} = \frac{(1 - 0,09)700 + 32 \cdot 11,7 + 6,1 \cdot 3,4 + 26}{32 + 1 + 6,1} = 32^\circ\text{C}.$$

По данным натуральных наблюдений ЦНИИ промышленных зданий, $t = 31^\circ\text{C}$. Запозывание максимума температуры на внутренней поверхности $\xi = 3 \cdot 3,5 = 10,5$ ч. Максимум теплового потока будет в 1 ч ночи.

По данным ЦНИИ промышленных зданий, максимум теплового потока с 1 ч до 2 ч ночи: $A_{\text{пл}} = 6,5$, $A_s = 0,37$.

$$A_q = 0,37 \cdot 7,5 = 3$$

Таким образом, сравнение расчетных формул с натурными данными можно признать вполне удовлетворительным (исключая то обстоятельство, что расчет вели для плоских кровель, а результаты исследования даны для шедовых, где максимум радиации несколько смещается; орошаемая вода не успевает удалиться испарением).

Конструктивная характеристика плоской кровли следующая: (теплофизические величины в системе МКГСС)

Таблица 3.9.2.

Кровля	γ	δ	λ	R	S	D
Защитный слой—два слоя гравия и дегтевой мастики	2100	0,025	0,09	0,03	14	0,42
Гидроизоляционный ковер—4 слоя	600	0,012	0,15	0,08	2,85	0,23
Стяжки—литый асфальт	1800	0,025	0,65	0,04	11,0	0,44
Керамзитобетон	600	0,10	0,20	0,5	2,5	1,25
Железобетон	2400	0,03	1,25	0,025	12,5	0,29

$$R = 0,67$$

$$D = 2,63$$

$$\nu = 9,8$$

Для условий г. Ташкента в 14 ч:

$$= 690. R_s = 0,08, t_{\text{н}}(14\text{ч}) = 27 + 0,97 \frac{23,7}{2} = 38,9, t_{\text{н}}^{\text{м}} = 15,6; \nu = 1,3 \text{ м/с}; \alpha_{\text{н}} = 6,1;$$

$$= 10,7; \tau_{\text{н}} = 50\%; x = 15,6 - 0,68 \cdot 10,7 \left(\frac{100}{51} - 1 \right) = 8,3; t_{\text{в}} = 26^\circ\text{C}, R = 0,67; K = 1,25;$$

$$t_{\text{вн}} = \frac{(1 - 0,08)690 + 32 \cdot 8,3 + 6,1 \cdot 38,9 + 1,25 \cdot 26}{32 + 1,25 + 6,1} = 30^\circ\text{C}.$$

Сравнение расчетов различных солнцезащитных мероприятий плоской крыши для г. Ташкента показало, что амплитуды колебаний тепловых потоков имеют следующие значения: для крыши без солнцезащитных мероприятий (сухой) — 5 ккал/м²ч; для вентилируемой — 41; водонаполненной — 6; орошаемой — 5 ккал/м²ч.

3.9.2. Эффективность различных способов защиты покрытий зданий от перегрева

При исследовании автор [28] воспользовался методами расчетов Фокина Ф., Шкловера А.М. и рекомендованными рекомендациями самого автора для аний с кондиционированным воздухом. Для большей наглядности сопротив- ние теплопередачи R_0 всех типов покрытий подобрано с учетом зимних усло-

вий. Критерием сравнительной оценки служит амплитуда колебания теплового потока на внутренней поверхности A_q , определяемая по формуле

$$A_q = \alpha_n A_{i,n} \quad (3.9.6)$$

Для сплошного покрытия с обычной рулонной кровлей:

$$A_{i,n} = \frac{A_{i,n}^{\text{пр}}}{v} \quad (3.9.7)$$

при этом:

$$A_{i,n}^{\text{пр}} = \left[\frac{\rho(I_{\text{max}} - I_{\varphi})}{\alpha_n} + A_{i,n} \right] f \quad (3.9.8)$$

$$v = 0,9 \frac{D}{\sqrt{2}} \frac{(S_1 + \alpha_n)(S_2 + S_1) \cdots (S_n + S_{n-1})(\alpha_n + S_n)}{(S_1 + S_1)(S_2 + S_2)(S_n + S_n)\alpha_n} \quad (3.9.9)$$

$$\alpha_n = 3 + 2,5v^{0,1}$$

Максимальная и среднесуточная величины (I_{max} , I_{φ}) облучения горизонтальной поверхности зависят от соответствующей.

Эффективность прослойки в значительной степени зависит от направления и скорости ветра. Средняя скорость ветра в расчетах принимается минимальной из 8 румбов за июль. Для районов с равновероятным направлением ветра (суммарная повторяемость трех соседних румбов 60% и менее) средняя скорость движения воздуха в прослойке совмещенного покрытия рассчитывается по широты. Так, для широт 35—45 град, I_{φ} равна соответственно 285—265, а $I_{\text{max}} = 835 - 780$ ккал/м²ч. Величина φ по данным К.Ф. Фокина зависит от величины $\frac{\rho(I_{\text{max}} - I_{\varphi})}{A_n \alpha_n}$.

Пример. Определить A_q на внутренней поверхности совмещенного сплошного покрытия с мягкой кровлей производственного отапливаемого здания в районе Ташкента ($\varphi = 42^\circ$ с. ш.). Коэффициент поглощения солнечной радиации мягкой кровлей $\rho = 0,91$ (рубероид РБ-420 с крупнозернистой бронирующей посыпкой). Параметры воздуха в рабочей зоне $t_B = 26^\circ$, $\varphi = 65\%$. Расчетная наружная температура $t_H = -13^\circ$.

Для $t_B = 26^\circ$ $\varphi = 65\%$, точка росы $t_r = 18,1^\circ$, температурный перепад $\Delta t^{\text{пр}} = 6,9^\circ$, $R_0^{\text{пр}} \approx 0,8$.

Выбираем конструкцию сплошного покрытия (табл.3.9.2). Для зимы $R_H = 0,05$ тогда $R_0 = R_H + R_B + R \approx 0,8$.

По КМК скорость ветра составляет 1,3 м/с, максимальная амплитуда колебания температуры воздуха в июле $A_{i,n} = -11,8^\circ$, $I_{\text{max}} = 794$, $I_{\varphi} = 271$, $\alpha_n = 6,1$, $A_{i,n}^{\text{пр}} = 84$; $v = 11,5$.

$A_n = 7,30$; $A_q = 7,5 \cdot 7,3 = 55$ ккал/м²ч.

II. Сплошное покрытие с повышенным альбедо наружной поверхности значительно эффективнее; недостаток — быстрое потемнение светлых красок в условиях промышленных районов.

Пример. Исходные данные те же, что в предыдущем примере. Коэффициент поглощения солнечной радиации мягкой кровлей $\rho = 0,42$ (рубероид РМ-350, покрытый алюминиевой краской); $A_{i, \text{к}} = 45$; $\nu = 11,5$; $A_{\text{с}} = 3,90$; $A_{\text{г}} = 29$ ккал/м²ч.

III. Вентилируемое покрытие. Расчет по методике Ю.А. Табунщикова []

$$A_{\text{с}} = \frac{0,85[\alpha_{\text{н}}\beta_1 A_{\text{с}}^{\text{к}} + \beta_1 A_{\text{т}} (\alpha_{\text{н}} + \alpha_{\text{к}} + 2\alpha_{\text{г}})]}{\nu 0,7 \sqrt{(\alpha_{\text{н}} + \beta_1)\beta_1 + \beta_2^2}} + 0,07(\beta_1 \sum \delta_{\text{к}} c_{\text{к}} \gamma_{\text{к}})^2 \quad 3.9.10$$

$$\beta_1 = \alpha_{\text{г}} + \alpha_{\text{к}} \frac{1 + \Phi}{2 + \Phi} \quad 3.9.11$$

$$\beta_2 = \alpha_{\text{г}} + \alpha_{\text{к}} \frac{1}{2 + \Phi}; \quad 3.9.12$$

$$\beta_3 = \alpha_{\text{к}} \frac{1}{1 + \Phi}; \quad 3.9.13$$

$$\Phi = 972 \frac{\nu h}{\alpha_{\text{г}} l_{30}} \quad 3.9.14$$

величина ν определяется заменой $\alpha_{\text{н}}$ на $0,76 \beta_1 [44]$,

$$\alpha_{\text{н}} = 1,23 C_{\text{с}}; \quad \alpha_{\text{к}} = 2,4 \frac{\nu^{0,8}}{h^{0,1}} \quad 3.9.15$$

Таблица 3.9.3.

Данные конструкций покрытия ($\nu=9,8$)

(Теплофизические величины в системе МКГСС и $\nu=9,8$)

	γ	C	δ	λ	S/ λ	S	D	$S_{\text{т}}$
покрытие								
Гравийная посыпка	2400	0,22	0,01	1,75	0,006	16,5	—	5,3
Рулонный ковер	600	0,35	0,01	0,15	0,067	2,85	—	2,1
Железобетон	2400	0,2	0,03	1,4	0,025	1,4	—	14,4
Воздушная прослойка	—	—	—	—	—	$\sum S\gamma = 21,8$		
Керамзитобетон	600	—	0,10	0,2	0,5	2,5	1,25	—
Железобетон	2400	—	0,03	1,52	0,025	12,5	0,75	—
R = 0,52					D = 1,6			
Крыши-козырьки								
Асбестоцементный лист	—	—	—	—	—	—	—	
Вентилируемое пространство	—	—	—	—	—	—	—	
Гравийная посыпка	2400	0,22	0,01	1,75	0,006	15,5	0,09	—
Рулонный ковер	600	0,35	0,01	0,15	0,067	2,85	0,19	—
Керамзитобетон	600	—	0,10	0,2	0,5	2,5	1,25	—
Железобетон	2400	—	0,03	1,25	0,025	12,5	0,35	—

R = 0,6 D = 1,88								
Сплошное покрытие								
Гравийная посыпка	2460	—	0,01	1,75	0,006	15,5	0,09	—
Рулонный ковер	600	—	0,01	0,75	0,067	2,85	0,19	—
Керамзитобетон	600	—	0,10	0,20	0,5	2,5	1,25	—
Железобетон	2400	—	0,03	1,25	0,025	12,5	0,35	—
R = 0,6 D = 1,88								
Водонаполненное и орошаемое покрытие								
Защитный слой из двух слоев гравия на дегтевой мастике		—	0,025	0,9	0,03	14	0,42	—
Гидроковер из 4 слоев толькожи на дегтевой мастике		—	0,012	0,15	0,08	2,85	0,23	—
Стяжка из литого асфальта		—	0,025	0,65	0,040	11	0,44	—
Керамзитобетон $\gamma = 600$		—	0,10	0,20	0,5	2,5	1,25	—
Железобетон $\gamma = 2400$		—	0,03	1,25	0,025	12,5	0,29	—
$\sum S_{\gamma} = 0,19$			R = 0,52		D = 1,6			

Эффективность прослойки в значительной степени зависит от направления и скорости ветра. Средняя скорость ветра в расчетах принимается минимальной из 8 румбов за июль за июль. Для районов с равновероятным направлением ветра (суммарная повторяемость трех соседних румбов 60% и менее) средняя скорость движения воздуха в прослойке совмещенного покрытия рассчитывается по формуле:

$$V_{\varphi} = \frac{V_{90^{\circ}} + 2V_{45^{\circ}}}{4}, \quad 3.9.16$$

где $V_{90^{\circ}}$ и $V_{45^{\circ}}$ — скорости воздуха в прослойке при направлении ветра к длинной стороне здания (направление оси прослойки перпендикулярно длинной стороне здания), определяемые из выражения:

$$V_{\varphi} = \varepsilon_A V_{\varphi} K_{\varphi}, \quad 3.9.17$$

$$K_{\varphi} = \sqrt{\frac{P_i}{\sum \xi}}, \quad 3.9.18$$

ε_A — коэффициент, учитывающий высоту расположения входных отверстий вентилируемой прослойки над уровнем земли (для высоты до 5 м $\varepsilon_A = 0,8$, от 5 до 10 м $\varepsilon_A = 0,9$, более 10 м $\varepsilon_A = 1,0$);

P_i — разность аэродинамических коэффициентов на входе и выходе прослойки ($P_{90^{\circ}} = 0,6$, $P_{45^{\circ}} = 0,25$);

$\sum \xi$ — сумма гидравлических сопротивлений прослойки:

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_T + \xi_M, \quad 3.9.19$$

ξ_1 — сопротивление трению, определяемое по [61],

ξ_M — местные сопротивления.

При сужении площади поперечного сечения прослойки:

$$\xi_w = 0,5 \left(1 - \frac{F_2}{F_1} \right); \quad 3.9.20$$

при расширении —

$$\xi_w = \left(1 - \frac{F_2}{F_1} \right)^2. \quad 3.9.21$$

Соответствие выбранной высоты прослойки h длине l проверяем по формуле:

$$l_{\text{нп}} = 420hV^{0,2} > l. \quad 3.9.22$$

Пример. Исходные данные те же, что и в ранее рассмотренных примерах, сужений в прослойке нет, высота здания 5—10 м.

Выбираем конструкцию вентилируемого покрытия по табл. 3.9.3 В Ташкенте нет ярко выраженной неравномерности розы ветров, так как сумма соседних румбов для июля С+СВ+В составляет 49% < 60%. Средняя скорость ветра для летних условий минимальная из 8 румбов за июль $V=1,4$ м/с, для зимних условий $V=2$ м/с.

Определяем сумму гидравлических сопротивлений прослойки. Площадь поперечного сечения прослойки не сужается и не расширяется, поэтому $\xi = 0$.

По данным Ю.Р. Табунщикова, при длине прослойки 60 м и высоте 0,23 м $\xi_7 = 4$

$$\sum \xi = 3,5 + 4 = 7,5; K_{\text{сп}} = 0,28, K_{\text{дс}} = 0,18, R_0 = 0,9.$$

Расчетная скорость для лета:

$$V_{\text{лет}} = 0,33; V_{\text{дс}} = 0,21; V_{\text{сп}} = 0,2 \text{ м/с};$$

для зимы: $V_{\text{сп}} = 0,3$ м/с.

Проверяем соответствие выбранной высоты прослойки ее длине:

$$l_{\text{нп}} = 70 \text{ м} > 60.$$

Высота соответствует длине.

Сопротивление теплопередаче $R_{\text{п}} = 0,8$ (см. пример I):

$$\alpha_{\text{п}} = 7,4, R_0 = 0,8.$$

Сопротивление теплопередаче соответствует нормативному.

Вычисляем следующие параметры:

$$\beta_1 = 7, \beta_2 = 6,6, \beta_3 = 0,35, \Phi = 0,2.$$

Вычислим v_0 . Для данного случая формула имеет вид:

$$v_0 = 0,9 e^{\frac{D}{2}} \frac{(s_1 + \alpha_2)(s_2 + S_1)(0,76 \beta_1 + S_2)}{(s_1 + S_1)(s_2 + S_2)0,76 \beta_1} \quad 3.9.25$$

Первый слой имеет $D < 1$, следовательно,

$$S = \frac{R_1 S_1^2 + \alpha_2}{1 + R_1 \alpha_2} = 9,6. \quad s_2 = S_2 = 2,5, \text{ так как } D_2 > 1;$$

$$v_0 = 8,9; A_{\text{л}} = 5,5^\circ \text{С} \quad A_{\text{д}} = 5,5 \times 7,5 = 41 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$$

IV. Для крыш-козырьков []

$$A_{гг} = \frac{A_{гг}^{\text{н}} \alpha_{\text{н}} + 0,24 v_{\text{г}} L A_{гг}}{v v_{\text{г}} (B + 0,24 L)} \quad 3.9.26$$

$$v_{\text{г}} = 0,45, \quad \alpha_{\text{н}} = 3 + 2\sqrt{V_{\text{г}}}$$

$$v_{\text{г}} = 1 + \frac{\alpha_{\text{н}}}{\alpha_{\text{г}}} \quad 3.8.27$$

$$B = \frac{\alpha_{\text{г}} \cdot \alpha_{\text{г}}}{\alpha_{\text{н}} + \alpha_{\text{г}}}, \quad L = 4300 V_{\text{г}} h_{\text{г}} \quad 3.9.28$$

Козырьки должны иметь наклон к югу 10° , расчетное направление ветра — северное или южное.

Величины облучения $I_{\text{н}}^{\text{н}}$ и $I_{\text{г}}$ принимаются как для горизонтальной поверхности.

Пример. Исходные данные те же. Дополнительные данные: коэффициент поглощения наружной поверхности асбестоцемента $\rho=0,6$. Данные конструкции покрытия приведены в табл. 3.9.3. Средняя высота экрана над кровлей 0,4 м.

$$A_{гг}^{\text{н}} = 59,5; V_{\text{г}} = 0,6; \alpha_{\text{н}} = 4,5; V_{\text{г}} = 1,74;$$

$$B = \frac{4,5 \cdot 6,1}{6,1 + 4,5} = 2,6; \quad L = 1050 \text{ кг/ч};$$

$$A_{\text{г}} = 1,3^\circ \text{C}; \quad A_{\text{г}} = 10 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}$$

V. для водонаполненного покрытия [28]

$$A_{гг} = \frac{0,01(18 + 11V) E_{\text{г}} \exp(-7,9\delta - 0,5D)}{1,3 + 0,5\alpha_{\text{г}}}$$

Пример. Исходные данные те же. Показатели характеризующие конструкцию покрытия, приведены в табл. 3.9.3.

$$A_{\text{г}} = 0,8^\circ; \quad A_{\text{г}} = 6 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}.$$

VI. для орошаемого покрытия [28]

$$A_{гг} = \frac{r_{\text{н}} - t_{\text{н}}}{2v}$$

$$r_{\text{н}} = \frac{0,88 \rho l_{\text{н}} + \alpha_{\text{н}} \chi + \alpha_{\text{н}} t_{\text{н}} + K l_{\text{г}}}{\alpha_{\text{н}} + K + \alpha_{\text{н}}}, \quad \alpha_{\text{н}} = 15,2 + 13V,$$

$$t_{\text{н}} = r_{\text{н}}^{\text{г}} + 0,97 A_{\text{г}}, \quad t_{\text{н}} = r_{\text{н}}^{\text{г}} - A_{\text{г}},$$

$$\chi = t_{\text{н}} - 0,68 \rho_{\text{н}} \left(\frac{100}{\varphi_{\text{н}}} - 1 \right), \quad K = \frac{1}{R - R_{\text{г}}}$$

Пример. Исходные данные те же. Дополнительные данные:

$R_H = 10,7$ мм рт. ст.; $\phi = 50\%$; $t_H^* = 27,4^\circ$.

Конструкция покрытия характеризуются следующими данными:

$K = 1,25$; $t_{\text{вн}} = 15,6$; $\chi = 8,3$; $t_H = 38,9^\circ$; $\alpha_H = 32$; $t_{\text{вн}} = 30^\circ$; $A_{\text{вн}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{вн}}}{2\nu}$;

$$A_{\text{вн}} = 0,73 \cdot 7,5 = 5,5 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч.}$$

Рассмотрим результаты расчетов (при термическом сопротивлении $0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}^\circ \text{С/ккал}$)

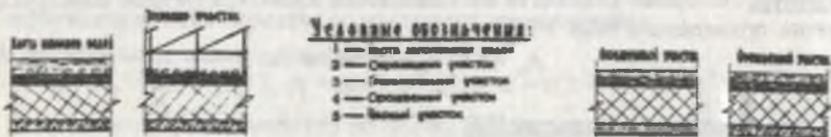
Покрытие	Амплитуда теплового потока ккал / м ² · ч. или Вт / (м ² · °С)	
Сплошное	55	63,9
Сплошное с повышенным альбедо	29	33,7
Вентилируемое	41	47,7
Крыша козырек	10	11,63
Водонаполненное	6	7,0
Орошаемое	5,5	6,4

Таким образом с точки зрения теплофизики, наиболее эффективны орошаемые, водонаполненные, крыши – козырьки. Однако целесообразность того или иного типа защиты покрытия должна подтверждаться технико – экономическим расчетом.

Натурные исследования автора [28] температурных суточных колебаний в слоях совмещенного покрытия в зависимости от солнцезащитных решений в июле месяце в г. Намангане приведены на рис 3.19., которые подтверждают расчетные методы.

Графики изменения температур в толще покрытия Наманганского текстильного комбината. (июль месяц)

Расчеты экспериментальных участков кровли



3.10. Теплофизические свойства полов и их проектирования

Нормы КМК 2.03.04-97 требуют чтобы поверхность жилых и общественных зданий, вспомогательных зданий и помещений промышленных предприятий (на участках с постоянными рабочими местами) должны иметь показатель теплоусвоения $Y_{\text{п. вт}} / (\text{м}^2 \cdot \text{С})$, не более нормативной величины $Y_{\text{н}}$, который установлен для жилых, больничных, детских и др. $Y_{\text{н}} = 12$; для общественных зданий поме-

щений $Y_{\text{н}} = 14$ и для участков рабочих мест в отапливаемых помещениях промышленных зданий $Y_{\text{н}} = 17$, вт / (м²·С).

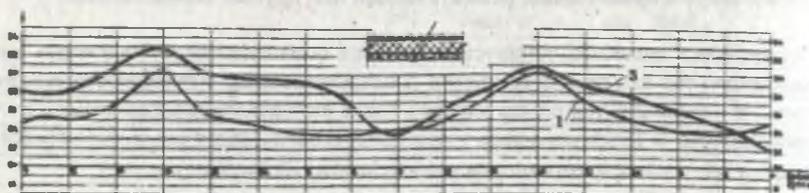
Эти нормативы продиктованы особенностями теплообмена стопы ноги человека с поверхностью пола. Если количество тепла, отдаваемое поверхностью пола стопой человека меньше количества тепла вырабатываемого теплорегулирующей системой организма, ноги остаются теплыми, в противном случае они охлаждаются и ведут к простудным, ревматическим или другим заболеваниям.

Нормативная величина теплоусвоения пола определяется активностью этой поверхности: так как при выполнении конструкции пола и перекрытия из одного и того же материала (например дерева), такая активность зависит только от теплопроводности и объемного веса этого конкретного материала и выражается коэффициентом тепловой активности теплоусвоения $S = \gamma = \sqrt{\lambda \cdot \rho}$.

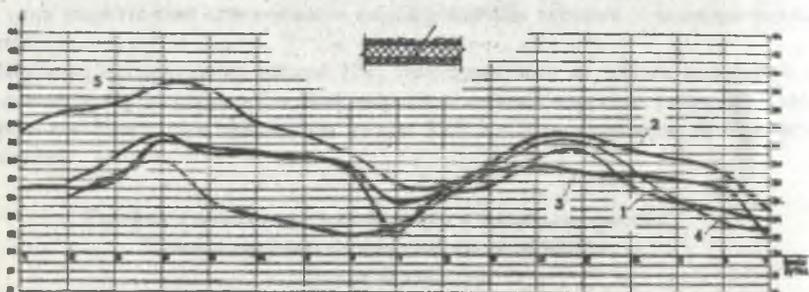
На плоскости 10 см ниже палты.



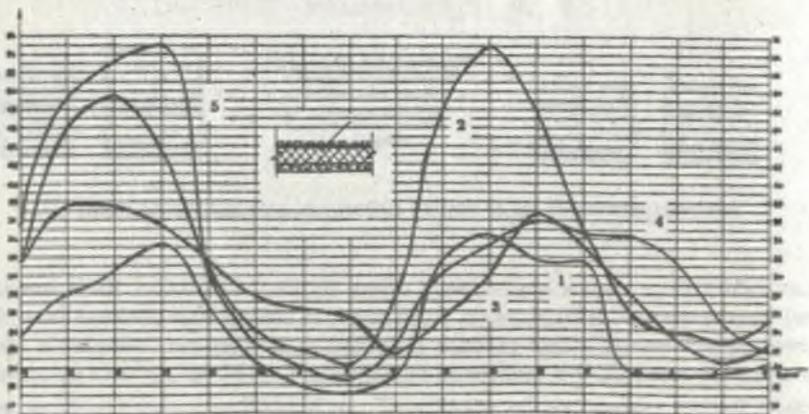
На нижней плоскости палты.



На верхней плоскости палты.



На верхней плоскости утеплителя.



Показатель теплоусвоения поверхности пола Y_n определяется следующим образом:

А) если покрытия пола (первый слой конструкции пола) имеет тепловую инерцию $D_1 = R_1 \cdot S_1 \geq 0,5$, то показатель теплоусвоения поверхности пола следует определять по формуле: $Y_n = 2 \cdot S$ т.е. $< Y_n^H$. Так например: 1) плита ДСП толщи-

ной $\delta = 0,02 \text{ м}; c = 800 \text{ кг/м}^3; \lambda = 0,19; S = 5,79; D = R_1; S_1 = 0,55$ что $> 0,5$, то $Y_n = 2 \cdot S = 2 \cdot 5,49 = 11 < Y_n^H = 12$, т.е. удовлетворяет требованиям норм и расчет ограничивается нахождением Y_n (рис. 2) пол из сосновых досок. $\delta_1 = 0,03; \lambda = 0,29; S = 5,56; D = R \cdot S = 0,39 < 0,5$ т.е. не удовлетворяет требованиям норм.

Б) если первые n - слоев конструкции пола ($n \geq 1$) имеют суммарную тепловую инерцию $D_1 + D_2 + \dots + D_n < 0,5$, то тепловая инерция $n + 1$ слоев с $D_1 + D_2 + \dots + D_n \geq 0,5$, то показатель теплоусвоения поверхности пола Y_n следует определять последовательно расчетом показателей теплоусвоения поверхностных слоев конструкций, (границ слоя резких колебаний), начиная с n - го до 1 - го (чистого пола).

$$\text{Для } n\text{-го слоя по формуле: } Y_n = \frac{2 \cdot R_n \cdot S_n^2 + S_{n+1}}{0,5 + R_n \cdot S_{n+1}}$$

$$\text{Для } i\text{-го слоя } (i = n - 1; n - 2 \dots \text{до } 1) \text{ по формуле: } Y_i = \frac{4R_i S_i^2 + Y_{i+1}}{1 + R_i Y_{i+1}}$$

Показатель теплоусвоения поверхности пола Y_n принимается равным показателю теплоусвоения поверхности 1 - го слоя, т.е. Y_1 .

В формулах $D_1, D_2 \dots D_{n+1}$ - тепловая инерция соответственно 1 - го, 2 - го и до $(n+1)$ - го слоев конструкции пола;

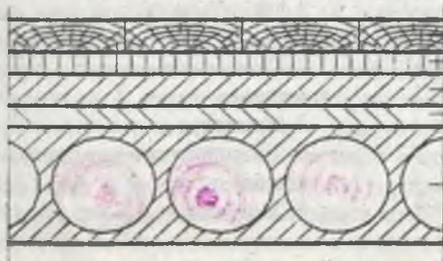
$R_1 \dots R_n$ - термическое сопротивление, $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, i - го и n - го слоев конструкции пола;

S_1, S_2, S_n, S_{n+1} - расчетные коэффициенты теплоусвоения материала 1 - го, i - го, n - го, $(n+1)$ - го слоев конструкции пола, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$;

Y_{i+1} - Показатель теплоусвоения поверхности $(i+1)$ - го слоя конструкции пола, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

ПРИМЕР РАСЧЕТА

Пол в жилых помещениях, из материалов приведенных на рис. 3.10.1



- 1
- 2 1. пакет (сосна)
- 3 2. битумная мастика
- 4 3. цементно - песчаная стяжка
- 5 4. паро - гидроизоляция ж/б плита

Таблица 3.10.1.

Материалы	Плотность γ^3 кг/м ³	Удельная теплоемкость C^o кдж/кг ^o C	Коэффициент Теплоусвоения S_s вт/м ^{2o} C	Коэффициент теплопроводности λ_s вт/м ^{2o} C	Толщина слоя δ , м	Термическое сопротивление слоев R м ^{2o} C/вт	Тепловая инерция слоя D
1. Сосна (поперек волокон)	500	2,3	3,87	0,14	0,01	0,070	0,24
2. Битум	1400	1,68	6,8	0,27	0,002	0,007	0,048
3. Цементно-песчаный раствор	1800	0,84	9,6	0,76	0,02	0,026	0,24
4. Руберонд	600	1,68	3,53	0,17	0,0015	0,009	0,032
5. Ж/б плита	2500	0,84	17,9	1,92	0,22	0,115	2,068

Так как тепловая инерция первых 4^х слоев $< 0,5$, но тепловая инерция $n+1 \geq 0,5$, то согласно формулам КМК

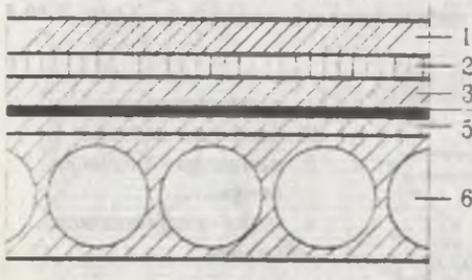
$$Y_n = \frac{2R_n S_n^2 + S_n + 1}{0,5 + R_n S_n + 1}, \quad Y_1 = \frac{4R_1 S_1^2 + 4 + 1}{1 + R_1 \phi_1 + 1}$$

$$Y_4 = \frac{2 \cdot 0,009 \cdot 3,53^2 + 17,9}{0,5 + 0,009 \cdot 17,9} = 27,46; \quad Y_3 = \frac{4 \cdot 0,026 \cdot 9,6^2 + 27,46}{1 + 0,026 \cdot 27,46} = 21,79;$$

$$Y_2 = \frac{4 \cdot 0,007 \cdot 6,8^2 + 21,79}{1 + 0,007 \cdot 21,79} = 20,069; \quad Y_1 = \frac{4 \cdot 0,07 \cdot 3,87^2 + 20,069}{1 + 0,07 \cdot 20,069} = 10,0; \text{ вт}/(\text{м}^{2o}\text{C})$$

$Y_n = 10,0 < 12$ вт/(м^{2o}C) Допускаемые нормами условия соблюдаются, пол пригоден для применения в жилых помещениях.

Пол в ванной и санузле.



1. Керамическая плитка на цементном растворе
2. Оклеенная гидроизоляция
3. Стяжка цементного раствора
4. Пергамин
5. Теплоизоляционная прокладка
6. Ж/б плита

рис. 3.10.2

Таблица 3.10.2.

Материалы	Плотность γ кг/м ³	Удельная теплоемкость C° кдж/кг $^\circ$ C	Кэф-фициент Теплоусвоения S , Вт/м ² С	Кэф-фициент теплопроводности λ , Вт/м ² С	Толщина слоя δ , м	Термическое сопротивление слоя R	Тепловая инверсия слоя D
1. Керамическая плитка	1800	0,888	6,7	0,7	0,005	0,007	0,046
2. Гидроизоляция	1400	1,68	6,8	0,27	0,002	0,007	0,048
3. Цементно-песчаный раствор	1800	0,84	9,6	0,76	0,015	0,0197	0,189
4. Пергамин	600	1,68	3,53	0,17	0,0015	0,009	0,032
5. Керамзит по-бетон	600	0,84	3,03	0,2	0,05	0,25	0,883
6. Ж/б плита	2500	0,84	17,98	1,92	0,22	0,115	2,068

$$Y_3 = \frac{2R_1 S_1^2 + S_6}{0,5 + R_1 S_6} = 4,589; \quad Y_4 = \frac{4R_4 S_4^2 + \varphi_3}{1 + R_4 + \varphi_3} = 4,8;$$

$$Y_3 = \frac{4R_3 S_3^2 + \varphi_4}{1 + R_3 \varphi_4} = 10,8; \quad Y_2 = \frac{4R_2 S_2^2 + \varphi_3}{1 + R_2 \varphi_3} = 1,29;$$

$$Y_1 = \frac{4R_1 S_1^2 + \varphi_2}{1 + R_1 \varphi_2} = 11,58; \quad Y_1 = 11,58 < 12$$

Требование норм соблюдаются, следовательно, пол пригоден для применения.

3.11. Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций

Воздухопроницаемостью называется свойства строительных материалов и ограждающих конструкций пропускать воздух. Сопротивление, оказываемое фильтрации воздуха ограждающей конструкции в целом или его отдельными слоями, называют сопротивлением воздухопроницанию ограждения R_u , м²·Па·с/кг, которое возникает на наружной поверхности стены или в толще ограждения.

Фильтрация воздуха через ограждение (инфильтрация и эксфильтрация) возникает при разности давлений воздуха по обе стороны ограждения, создаваемой тепловым (разность объемных масс внутреннего и наружного воздуха) и ветровым напором (действие ветра на ограждающие конструкции). При расчете, их влияние суммируется. С гигиенической точки зрения воздухопроницаемость является положительным, так как способствует процессу естественной вентиляции помещения. С теплотехнической – явление отрицательное, так как движение потока холодного воздуха внутрь помещений (инфильтрация) вызывает понижение температуры: поток тепла и влажного воздуха из помещения вызывает конденсацию влаги в толще ограждения и ухудшает влажностный режим конструкции. Фильтрация воздуха через материал конструкции может и не происходить, если энергетический уровень давления воздуха не превышает энергетический уровень сопротивления потоку. Так плотные материалы с мелкими порами – (керамические плитки), рубероид, бетон сплошной без швов, фанера клеенная без шва и т.п.

имеют высокую сопротивляемость воздухопроницанию R_u , $\text{м}^2 \cdot \text{Па} \cdot \text{с} / \text{кг}$, см. приложение 2.

С другой стороны, воздухопроницаемость ограждающей конструкции не соответствует проницаемости отдельных материалов и может быть значительно выше, особенно в стыках, неплотностях с недостаточной герметизацией сопряжения и т.д. Низкое сопротивление воздухопроницанию имеют: плиты жесткие минероловатные; шлакопемзобетон; кладки из легкбетонных камней; кладки из кирпича с цементно-песчаным раствором не на полную толщину кладки; обшивки из обрезных досок, соединенных в шунт и др. (см. приложение 2).

Воздухопроницаемость швов между сборными элементами ограждающих конструкций может быть охарактеризовано как сопротивление воздухопроницанию 1 метра шва, которое определяет разность давлений необходимые для поддержания по обе стороны ограждающей конструкции нормируемого перепада, т.е. чтобы через 1 метр шва протекало количество воздуха, равное 1 кг, за 1 сек (час).

Следовательно, сопротивление воздухопроницанию, $\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{Па} / \text{кг}$:

$$R_{uш} = \frac{\Delta p \cdot L \cdot z}{W}$$

где Δp – перепад давлений по обе стороны ограждающей конструкции;

L – длина швов (м); z – время (сек); W – расход воздуха (кг):

$$W = \frac{\Delta p}{R_s} \cdot \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}$$

Потери тепла через застекленные проёмы (окна, витражи и др.) составляют значительную часть (до 40-70%) теплопотерь помещения. В отличие от непрозрачных ограждающих конструкций, их сопротивление не может быть повышено резко, повышено обычными конструктивными мероприятиями, поскольку воздушная прослойка между остеклением имеет малое термическое сопротивление, как и самого остекления. Многие конструктивные решения остекленных поверхностей зданий, особенно со створными переплетами, обладают значительной воздухопроницаемостью, что при наличии разностей давления воздуха по обе стороны ограждений, увеличивают потери тепла, как за счет теплопередач так и фильтрацию холодного воздуха.

Сопротивление воздухопроницанию многослойной ограждающей конструкции R_u , $\text{м}^2 \cdot \text{Па} \cdot \text{с} / \text{кг}$ определяется по формуле:

$$R_u = R_{u1} + R_{u2} + \dots + R_{un}$$

где R_{u1}, R_{u2}, R_{un} – сопротивления воздухопроницанию отдельных слоев ограждающей конструкции, принимаемые по приложению пособия.

При заданном коэффициенте воздухопроницаемости материала i , сопротивление воздухопроницанию R_u определяется по формуле:

$$R_u = \frac{\delta}{i}$$

где δ - толщина слоя материала, м; i - расчетный коэффициент, $\text{м}^3 \cdot \text{Па} \cdot \text{С/пб}$; R_n - определяется по приложению 10 КМК с учетом материала конструкции и его толщины.

Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций - наружных стен, перекрытий, покрытий зданий и сооружений R_u должно быть не менее требуемого сопротивления воздухопроницанию R^* , $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}$, определяемого по формуле КМК:

$$R_u^* = \frac{\Delta p}{G^*},$$

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

G^* - нормативная величина воздухопроницаемость ограждающих конструкций, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, установлены в КМК, табл. 12, так например:

1. для наружных стен, перекрытий, покрытия гражданских зданий: $G^* \leq 0,5$;
2. для наружных стен, перекрытий, покрытий промышленных зданий: $G^* \leq 1,0$;
3. стыки между панелями наружных стен жилых зданий $G \leq 0,5$; производственных $G^* \leq 1,0$; входные двери в квартиры $G^* \leq 1,5$.

Разность давления воздуха на наружной и внутренней поверхностях ограждающих конструкций Δp , Па, определяется по формуле:

$$\Delta p = 0,55 \cdot H(\gamma_n - \gamma_e) + 0,03 \gamma_n v^2$$

где $0,55 \cdot H(\gamma_n - \gamma_e)$ - тепловой напор; $0,03 \gamma_n v^2$ - ветровое давление,

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

γ_n, γ_e - удельный вес соответственно наружного и внутреннего воздуха, Н/м^3 , определяемый по формуле:

$$\gamma = \frac{3463}{273+t},$$

где t - температура воздуха внутреннего (для определения γ_e) и наружного (для определения γ_n) - равная средней температуре наиболее холодной пятидневки;

V - максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь (Бухара-3,7; Нукус-4,2; Джизак-5,5; Карши-2,3; Навои-3,6; Самарканд-2,7; Термез-4; Ташкент-2,1; Бекобод-12,6; Ургенч-4,6 м/сек); для типовых проектов $v=5$ м/сек, а в подрайонах 1б и 1г - 8 м/сек.

Таким образом, окна и балконные двери представляют собой наиболее слабые в физическом отношении элементы здания. Для уменьшения воздухопроницаемости их и повышения звукоизолирующей способности целесообразно сопряжения между створными и глухими переплетами, а также в притворах дверей

редусматривать уплотняющие упругие прокладки. Сопротивление воздухопроницаемости окон и балконных дверей, а также окон и фонарей производственных зданий, $R_{и}$ должно быть не менее требуемого сопротивления воздухопроницаемости $R_{и}^{треб}$, $м^2 \cdot з / кг$.

Определяемого по формуле:

$$R_{и}^{треб} = \frac{1}{G} \left[\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right]^2,$$

где G - нормативная воздухопроницаемость окон, дверей ворот, $кг / м^2 \cdot ч$ составляет:

для окон и балконных дверей жилых, общественных зданий - $6 кг / м^2 \cdot ч$;

для окон, дверей и ворот производственных зданий - $8,0 кг / м^2 \cdot ч$;

для зенитных фонарей и производственных зданий - 10 ;

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

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

Сопротивление воздухопроницаемости заполнения световых проемов

$R_{и} \geq R_{и}^{треб}$ следует принимать по таблице 3.11.1.

Заполнение световых проемов	Число уплотненных притворов заполнения	Сопротивление воздухопроницаемости $R_{и}$, $м^2 \cdot з \cdot Па / кг$ (при $\Delta p = 10$ Па), заполнение световых проемов с деревянными переплетами с уплотнением прокладками из		
		пенополиуретан	губчатой резины	полушерстяного шнура
1. Одинарное остекление или двойное остекление в сваренных переплетах	1	0,26	0,16	0,12
2. Двойное остекление в отдельных переплетах	1	0,29	0,18	0,13
	2	0,38	0,26	0,18
3. Тройное остекление в раздельно-спаренных переплетах	1	0,30	0,18	0,14
	2	0,44	0,26	0,20
	3	0,56	0,37	0,27

Примечание:

1. Сопротивление воздухопроницаемости заполнения световых проемов с металлическими переплетами, а также балконных дверей рекомендуется принимать с коэффициентом 0,8.
2. Сопротивление воздухопроницаемости окон без открывающихся створок $R_{и} = 1,0$ и зенитных фонарей $R_{и} = 0,5 м^2 \cdot ч \cdot Па / кг$.

Примеры расчетов:

Пример 1: Определить удовлетворяет ли в отношении сопротивляемости воздухопроницанию и требованиям КМК наружные стены девятиэтажного крупнопанельного жилого дома в городе Зарафшане ($H' = 27$ м). Исходные данные: керамзитобетон $\gamma = 1000$ кг/м³; толщиной $\delta = 0,3$ м; $t_a = 20^\circ\text{C}$; $t_n = -19^\circ\text{C}$; $v = 4,5$ м/с.

Согласно КМК (приложение 8), сопротивление воздухопроницанию керамзитобетона плотностью 1000 кг/м³ при толщине 0,25-0,4 м. $R_{н1} = 53-80$ м² · ч · Па/кг; при толщине 0,3 м $R_{н1} = 62,0$.

Для расчета $R_{н}^{треб} = \frac{\Delta p}{G}$ определяем:

а) Удельный вес наружного и внутреннего воздуха

$$\gamma_n = \frac{3463}{273+20} = 11,81 \text{ Н/м}^3; \quad \gamma_a = \frac{3463}{273-19} = 13,63 \text{ Н/м}^3;$$

б) Определяем расчетную разность давления стены - Δp

$$\Delta p = 0,55 \cdot H(\gamma_n - \gamma_a) + 0,03 \gamma_n \cdot v^2 = 0,55 \cdot 27(11,81 - 13,63) + 0,03 \cdot 13,63 \cdot 4,5 = 27,18 + 8,3 = 35,5 \text{ Па};$$

в) Определяем требуемую воздухопроницаемость данной стены:

$$R_{н}^{треб} = \frac{\Delta p}{G} = \frac{35,5}{0,5} = 71 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/кг}.$$

г) Должно быть, $R_{н1} \geq R_{н}^{треб}$. $R_{н1} = 62,0 < 71,0$, что не обеспечивает требования КМК.

Для повышения сопротивления воздухопроницанию наружных стен необходимо увеличить объемную плотность керамзитобетона до 1100 и $>$ кг/м³ тогда $R_{н1} = 440$ м² · ч · Па/кг или при плотности керамзитобетонной панели 1000 кг/м³ предусмотреть отделочный цементно-песчаный слой ($R_{н2} = R_{н1} + R_{н2} = 373 + 62 = 435$ м² · ч · Па/кг), тогда $R_{н2} > R_{н}^{треб}$, что обеспечит нормируемое сопротивление воздухопроницанию стен.

Пример 2. Определить удовлетворяет ли в отношении сопротивления воздухопроницанию и требованиям КМК деревянные окна с двойным остеклением в спаренных пролетах 9-ти этажном доме в городе Зарафшане.

Исходные данные: те же, что и в примере 1:

1. Разность давлений:

$$\Delta p = 0,55 \cdot H(\gamma_n - \gamma_a) + 0,03 \gamma_n \cdot v^2 = 0,55 \cdot 27(13,63 - 11,8) + 0,03 \cdot 13,63 \cdot 4,5 = 27,18 + 8,3 = 35,5 \text{ Па};$$

2. Требуемое сопротивление воздухопроницанию окон составит:

$$R_H^* = \frac{1}{G^*} \left[\frac{\Delta p}{\Delta p_0} \right]^3 = \frac{1}{6} \left(\frac{35,5}{10} \right)^3 = 0,19 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}.$$

3. В соответствии с таблицей 3.11.1., окна с двойным остеклением в спаренных переплетах в зависимости от типа утеплительных прокладок имеют сопротивление воздухопроницанию R_H^0 от 0,12 до 0,26 $\text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$.

4. $R_H^* \geq R_H^0$, т.е. если уплотняющая прокладка пенополиуритан $R_H = 0,26$, тогда $0,26 > 0,19$, - удовлетворяет требованиям КМК, если прокладка губчатая резина, то $R_H = 0,16$, тогда $0,16 < 0,19$. Такие окна не удовлетворяют.

3.12. Сопротивление паропрооницанию ограждающих конструкций

3.12.1. Теоретические предпосылки

Влажностное состояние ограждающих конструкций влияет на их теплозащитные свойства, т.к. теплопроводность увлажненных материалов больше, а сопротивление теплопередаче меньше. От влагосодержания материала зависит долговечность конструкции. Увлажненная конструкция быстро разрушается от мороза, коррозии, биологических процессов. Повышенное влагосодержание ограждающей конструкции может вызвать еще более интенсивное увлажнение за счет конденсационных и диффузионных процессов. Обычно причиной повышения влажности конструкции является конденсация влаги из воздуха, которая происходит при температуре точки росы, когда влажность воздуха у поверхности ограждения или порах материала оказывается больше максимальной упругости пара при данной температуре, а избыток влаги переходит в жидкую фазу.

Конденсационное увлажнение может быть полностью предотвращено путем рационального конструирования на основе расчета. Вместе с тем в зависимости от температурно-влажностного режима, внутренней и воздушной наружной среды ограждающие конструкции будут обладать определенной влажностью из-за гигроскопических (сорбционных) свойств материала, т.е. обладать свойством капиллярно-пористых тел поглощать (сорбировать) влагу непосредственно из воздуха.

Как известно, степень насыщения воздуха парами воды выражается относительной влажностью воздуха (%):

$$\varphi = \frac{e}{E} 100, \quad (3.12.1)$$

где e - действительная упругость паров воды в Па или (мм.рт.ст.);

E - максимальная упругость паров воды при данной температуре, Па;

Предельное значение E соответствует полному насыщению воздуха водяным паром F , г/м³. Значение E для воздуха с различной температурой от 0 до -45°C и от 0 до +50°C (при барометрическом давлении 755 мм.рт.ст.) приведены в приложении к пособию [40].

Относительная влажность φ имеет большое гигиеническое и техническое значение:

$$e_s = \frac{1}{12}(245 + 260 + 405 + 691 + 1044 + 1323 + 1705 + 1727 + 1236 + 775 + 437 + 312) =$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 10166 = 847, \text{ Па}$$

8) Сопротивление паропрооницанию части панели, расположенной между наружной поверхностью и плоскостью возможной конденсации:

$$R_{п.н} = \frac{1}{3} \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{\delta_2}{\mu_2} = \frac{1}{3} \frac{0,26}{0,14} + \frac{0,02}{0,09} = 0,64, \quad \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$$

9) Трубуемое сопротивление паропрооницанию и из условия недопустимости накопления влаги в панели за годовой период эксплуатации.

$$R_{п1}^{тр} = \frac{(e_n - E) R_{п.н}}{E - e_n} = \frac{(1238 - 992) \cdot 0,64}{992 - 847} = \frac{157,4}{145} = 1,08 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$$

10) Продолжительность в сутках периода влагонакопления, принимаемый равный периоду с отрицательными среднемесячными температурами [КМК19] $Z_0 = 150$, а средняя температура наружного воздуха с отрицательными температурами $t_{н.о} = \frac{(10,6 + 9,7 + 4,9 + 4 + 79)}{5} = -7,8^\circ \text{C}$, а $e_{н.о} = 315 \text{ Па}$

11) По формуле температуры на плоскости возможной конденсации τ_0

$$\tau_0 = t_n - \frac{t_n - t_{н.о}}{R_0} (R_p + \sum R) = 18 - \frac{18 - (-7,8)}{0,84} (0,115 + 0,55) = -2,4^\circ \text{C}$$

12) упругость водяного пара в плоскости возможной конденсации по $\tau_0 = -2,4^\circ \text{C}$, составит $E_0 = 400 \text{ Па}$,

13) При плотности материала $\gamma_0 = 1000 \text{ кг/м}^3$ и $\varphi = 60\%$, толщина увлажняющего слоя и $\delta_0 = 0,07 \delta_{н.о} \varphi = 0,07 \cdot 0,26 \cdot 60 = 0,1 \text{ м}$ Предельно допустимое приращение $\Delta \varphi_{ср} = 5\%$

14) требуемое сопротивление паропрооницанию $R_{п2}^{тр} \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$, из условия ограничения накопления влаги в панели за период с отрицательными среднемесячными температурами наружного воздуха

$$R_{п2}^{тр} = R_{п1}^{тр} = \frac{(e_n + E_0) Z_0}{\gamma_0 \delta_0 \omega_{ср} = \eta}$$

$$\eta = \frac{0,0024 (E_0 + e_{н.о}) Z_0}{R_{п.н}} = \frac{0,0024 (400 + 315) 150}{0,64} = 49,6$$

$$R_{п2}^{тр} = \frac{0,0024 (1238 - 400) \cdot 150}{1000 \cdot 0,1 \cdot 5 + 49,6} = 0,27 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$$

15) Сопротивлению паропрооницанию части панели расположенной между внутренней поверхности стен - плоскости возможной конденсации

$$R_{п.в} = \frac{\delta_1}{\mu_1} + \frac{2}{3} \frac{\delta_2}{\mu_2} = \frac{0,02}{0,09} + \frac{2}{3} \frac{0,26}{0,14} = 0,22 + 1,24 = 1,46 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па/мг}$$

$R_{п.в} > R_{п1}^{тр} > R_{п2}^{тр}$ т.е. $1,46 > 1,08 > 0,27$ конструкция панели в отношении сопротивления паропрооницанию удовлетворяет требованиям КМК 2.01.04.97

4. Конструктивные приёмы теплозащиты зданий [15, 30, 48, 18]

4.1. Технические закономерности процесса снижения теплопотерь

Известно, что основные потери тепла в гражданских зданиях происходят через оконные проёмы, наружные стены, крыши и надподвальные перекрытия. Соответственно технические приёмы энергосбережения направлены на совершенствование ограждающих конструкций. Классический путь борьбы с тепловыми потерями (теплопоступлениями) – совершенствование ограждающих конструкций. Он обеспечивается в основном инженерными методами, как-то: утолщение стен и утеплителя на кровлях, применение более эффективных лёгких бетонов и других материалов для стеновых ограждений, а также специальных конструкций остекления и т.п. Каждое из этих средств имеет свои возможности и свои пределы эффективности, приведённые на графиках рис. 4.1–4.2.

Процесс снижения теплопотери подчиняется определённой закономерности, которая выражается кривой – экспонентой. При этом, чем больше мы хотим сохранить тепло, тем более пологой становится кривая и, следовательно, тем относительно меньшим эффект достигается. Если на графиках обозначить нормируемый уровень тепловой защиты (верхняя часть пунктирных линий), то зона высокой эффективности, соответствующая резкому сокращению теплопотерь при минимальных затратах уже пройдена. Дальнейшая интенсификация этого направления может иметь большие отрицательные последствия. Так утолщение наружных стен и кровель – это огромный, в масштабах страны, расход бетона, цемента, стали, труда, времени; это утяжеление зданий и необходимость усиления несущих конструкций. Замена двойного остекления тройным или новыми конструктивными решениями требует дополнительного расхода стекла, дерева, металла, трудовых затрат и общей стоимости. Таким образом, каждый новый процент сокращения теплопотерь даётся увеличением не только стоимости, а возможно и нерациональности данного решения. Признано [48], что все меры, кроме уменьшения объёмной плотности материала, по своему эффекту ограничены. XXI век требует всё более рациональных и комплексных решений, т.е. наряду с техническими более широкого внедрения архитектурных средств энергоэффективности зданий.

В работе автора [48] даны сравнительные возможности сокращения тепловых потерь зданий за счёт инженерных и архитектурных средств, а также сопоставление их комплексной эффективности и возникающих проблем при борьбе с тепловыми потерями, показаны на схемах (рис. 4.2).

4.2. Инженерные средства повышения теплоизоляции наружных стен

Расход энергии в отапливаемых и охлаждаемых гражданских зданиях зависит в первую очередь от теплотехнических качеств наружных ограждений. Однако увеличение толщины стены по выше приведённым фактам может быть нецелесообразным, т.е. основное противоречие проблемы состоит в необходимости снижения как начальных затрат на ограждающую конструкцию, так и затрат на отопление и охлаждение зданий. Решение проблемы – нахождение компромисса. Поэтому выбор оптимальной толщины теплоизолирующего слоя приобретает важное значение, особенно с учётом ограниченных возможностей базы строительной индустрии регионов страны и требований минимальных приведённых затрат рыночной экономики.

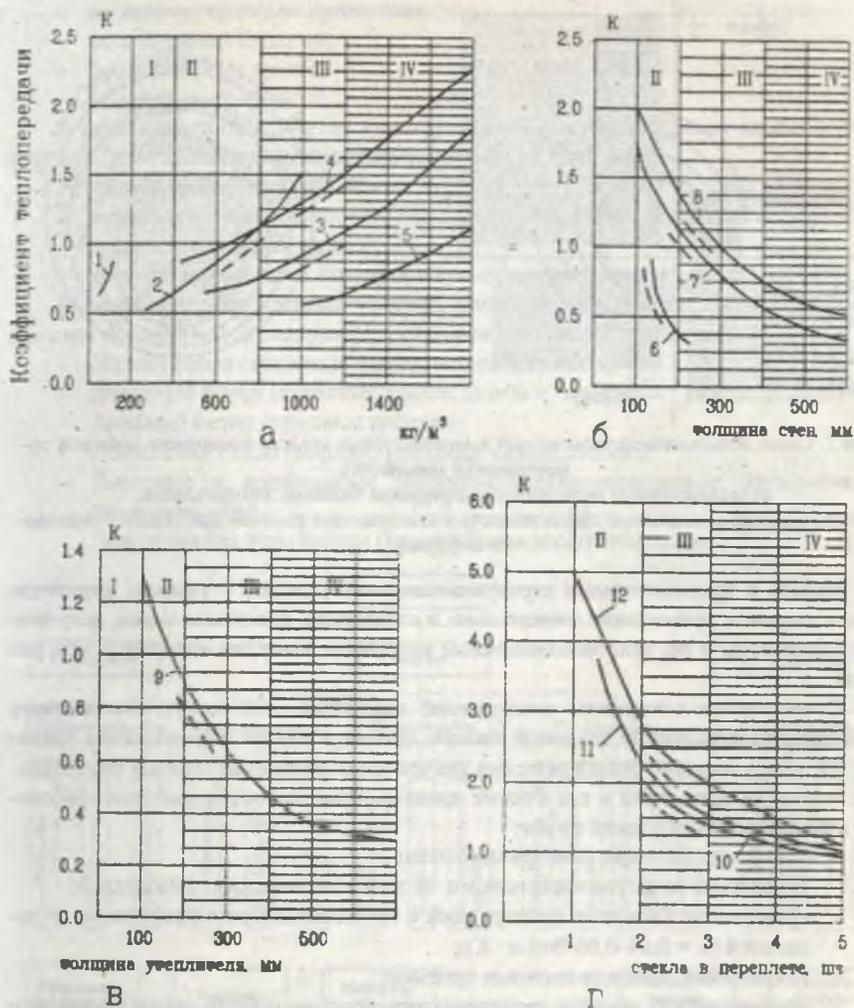


Рис.4.1. Тепловые потери зданий [48]:

- а) при разном объемном весе материала стен, б) при разной толщине стен,
 в) при разной толщине утеплителя кровли, г) при разной конструкции окон.
 I-зона сверхвысокой эффективности; II-зона высокой эффективности;
 III-зона низкой эффективности; IV-зона неэффективного строительства

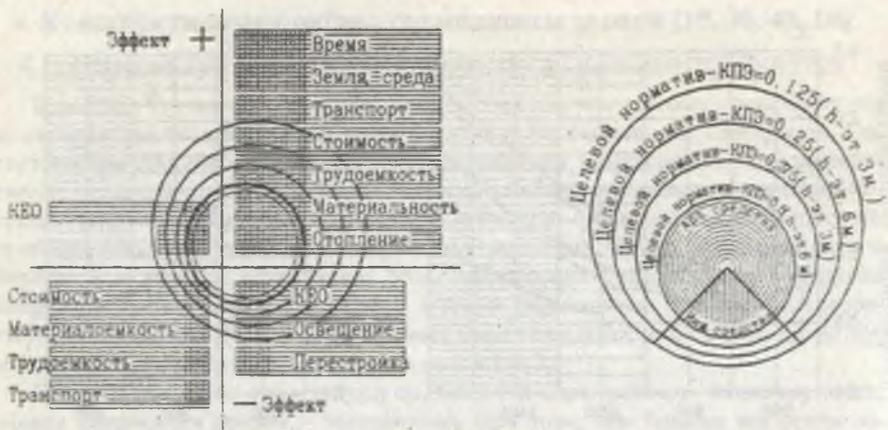


Рис.4.2. Схема использования инженерных и архитектурных средств повышения тепловой эффективности зданий [48]:

- а) сравнительные возможности сокращения тепловых потерь зданий,
 б) сопоставление комплексной эффективности и возникающих проблем при борьбе с тепловыми потерями.

Наряду с традиционными строительными материалами – камнем, кирпичом нашли широкое применение минерально- и стекловата, пенополистирол, вспученные пластмассы и др. теплоизоляционные материалы качества которых в 5-50 раз выше.

Современные материалы конструкций наружных стен могут обеспечивать значительное повышение тепловой защиты зданий, а значит и сокращение удельных расходов топливо-энергетических ресурсов на отопление. Новые строительные нормы многих стран в т.ч. России предусматривают очень высокие требования к теплоизоляции зданий путём:

- совершенствования конструкций стен;
- улучшения качества материалов и их теплотехнических показателей;
- применение слоистых конструкций с использованием эффективных утеплителей ($\lambda = 0,04-0,06 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$);
- сокращение площади оконных проёмов;
- необходимость расчёта теплопередачи через наружные стены во взаимосвязи с окном и оконными откосами, а в крупнопанельных зданиях и с учётом стыковых соединений, примыкания внутренних стен;
- установление структур теплобаланса зданий по вариантам теплозащиты различных конструкций стен и материалов;
- варианты утепления – санации наружных стен при капитальном ремонте зданий;
- использование тепло солнечной радиации и т.д.

В настоящее время стены зданий классифицируются по следующим признакам (рис. 4.3):

- по назначению ограждения;
- по типу и размерам стеновых материалов и изделий;

- по конструктивным признакам;
- по материалу изделий;
- по показателю массы;
- по степени сборности.

В зависимости от принятой конструктивной системы и схемы здания они могут быть: несущими, самонесущими и навесными (рис. 4.4).

По типу и размеру применяемых изделий стены бывают:

- мелкоэлементными каменными при кладке из мелкогабаритных изделий - кирпича, стеновых камней;
- крупноэлементными (крупноблочные, крупнопанельные).

В зависимости от местных условий, конструктивных схем зданий, этажности для стен используются следующие основные материалы и изделия:

- Лёгкий бетон (стеновые камни, плиты и панели);
- Ячеистый бетон (стеновые камни, плиты и панели);
- Тяжёлый бетон (крупные панели);
- Обожжённая глина (кирпич, стеновые камни, блоки);
- Листовые и профильные элементы (асбестоцементные, аллюминиевые, синтетические);
- Эффективные утеплители (минеральные и синтетические).

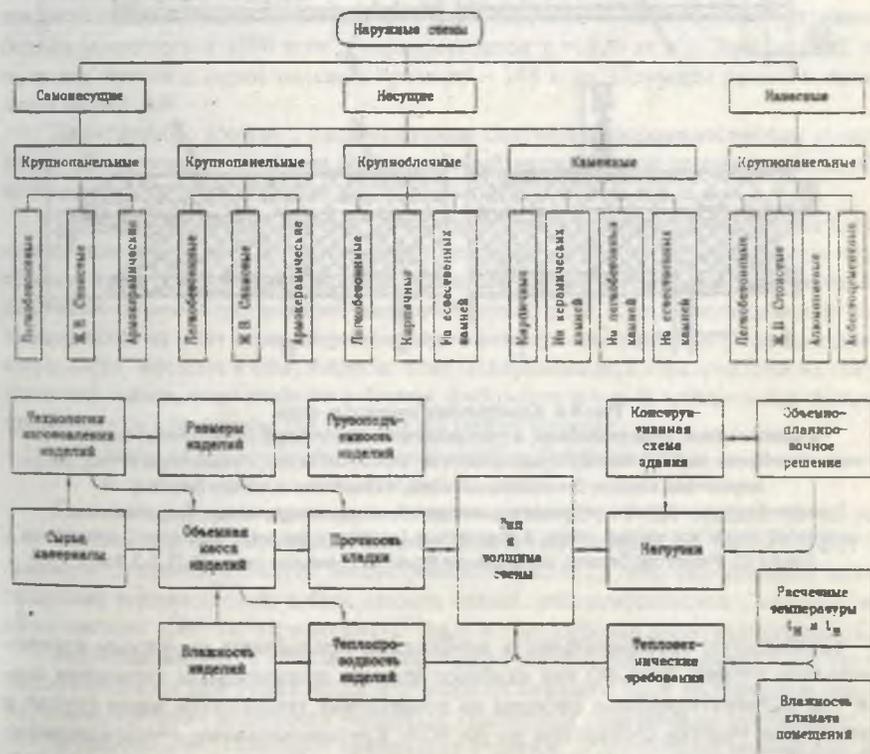


Рис.4.3. Классификация наружных стен.

По конструктивным признакам стены могут быть однослойные и слоистые, сплошные и пустотелые.

По показателю массы: тяжёлые, облегчённые и лёгкие.

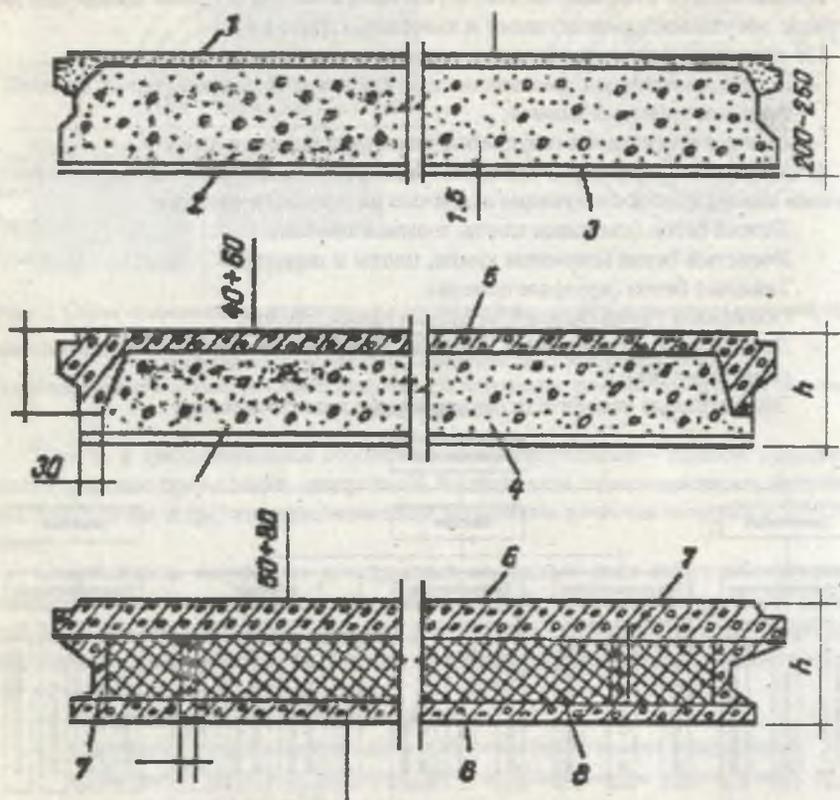


Рис.4.4. Конструкции наружных стен:

- а-однослойная; б-двухслойная; в-трехслойная: 1-фактурный (отделочный слой);
 2-керамзитобетон, перлитобетон, термозитобетон, ячеистый бетон, силикатный бетон, вибро-
 кирпичная кладка; 3-отделочный слой; 4-ячеистые и легкие бетоны;
 5-железобетонная плита с ребрами по контуру; 6-железобетонная или бетонная плита;
 7-железобетонные усиленные ребра; 8-утеплитель (минеральная вата, пенопласт, стекловата,
 плиты из ячеистого бетона, алюминиевая фольга). Н-высота панелей (2,5-3,0 м).

Наибольшую требовательность необходимо предъявлять наружным крупнопанельным стенам, (рис.4.4) как наиболее широко применяемым элементам здания, где эксплуатационные расходы на возмещение теплопотерь через глухие и остекленные участки составляют до 70- 90%. Крупнопанельные стены классифицируются по признакам: слоистости; массивности; отсутствию или наличию воздушных прослоек и способу вентиляции.

Наибольшее применение в жилищном строительстве получили однослойные наружные стеновые панели из лёгкого бетона с применением следующих пористых заполнителей с объёмной плотностью, кг/м³:

гравий керамзитовый или шунгизитовый не более 600,

аглопоритовый щебень не более 700,

щебень из шлаковой пемзы не более 800,

щебень и песок из вспученного перлита 150-600

и др.

Преимуществом однослойных керамзитобетонных панелей является относительная простота и технологичность, малый расход металла. Однако в новых условиях при повышенных теплотехнических требованиях их применение в прежнем виде (из лёгкого бетона с высокой средней плотностью, большим весом) не достаточно эффективно. Разработаны типовые проекты серии 71-А-87, Э-148-П и др. (рис. 4.4). Для повышения теплозащитной эффективности, авторы [13, 24, 26] для снижения средней плотности (650-700 кг/м³) керамзитобетона рекомендуют беспечанный керамзитобетон слитной поризованной структуры, где теплотехническая однородность составляет 0,9, коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,13-0,14$ (Вт/м⁰С).

Двухслойная стеновая панель наружной стены состоит из наружного слоя высокой плотности (железобетонная стена с рёбрами) и лёгкого конструктивного бетона (ячеистого $\gamma \leq 500$ кг/м³; керамзитобетон $\gamma = 1100$ кг/м³). Заводы КПД выпускают панели к серии типовых проектов - 148 и др. Примеры решения приведены на рис. 4.4.

Двухслойные панели с расположением снаружи атмосферостойким утеплителем обеспечивают наиболее благоприятный влажностный режим помещений и обладают достаточно хорошей внутренней теплоустойчивостью.

Трёхслойная панель состоит из внешних слоёв армированного бетона и теплоизоляционного слоя, расположенного между ними. Внешние слои выполняются обычно из конструктивного тяжёлого бетона и бетона на пористых заполнителях. Несущим является внутренний железобетонный слой. Теплоизоляционный слой выполняется из плит пенополистирольного пенопласта, фенолоформальдегидного пенопласта, жёстких и полужёстких плит минераловатной стекловагной на систематической связке, плит ячеистого бетона, фибролита и т.п. В трёхслойных панелях применяются в основном два типа связей между слоями:

связи из армированных бетонных рёбер (жёсткие связи)

и отдельные металлические гибкие связи.

Примеры решения для серии типовых проектов 1-Т-СП приведены на рис. 4.4. Однако эти органические теплоизоляционные материалы предполагают их высокую теплотехническую неоднородность (0,5-0,7), что обусловлено значительными теплопотерями в зоне стыков, связей, рёбер жёсткостей. Панели с гибкими связями требуют нержавеющей сталь и специальные защитные покрытия.

Минераловатные и стекловолокнистые материалы обладают высокой гигроскопичностью и при увлажнении значительно снижают своё термическое сопротивление, удаление влаги материала утеплителя практически невозможно.

В процессе эксплуатации происходит старение и деструкция полимера с выделением вредных компонентов. В теплоизоляции (особенно минераловатной) та

счёт конденсационного увлажнения происходит расширение структуры утеплителя и разложение волокон плит утеплителя. Средний срок службы утеплителя 8-12 лет, а ограждающей конструкции в 3-5 раз выше [25].

Для условий жаркого климата рекомендованы [30, 33, 48] конструктивные решения стен с экранами.

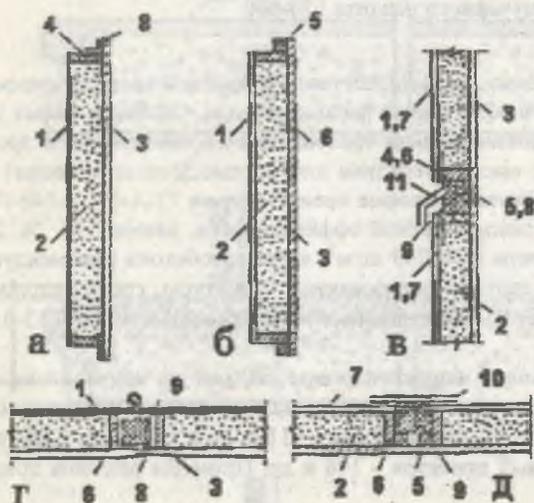


Рис.4.5. Навесные стеновые панели: а-панели с алюминиевыми обшивками; б-панели с асбестоцементными обшивками; в-горизонтальный стык панелей; г и д-вертикальные стыки панелей; 1-наружная обшивка алюминиевых сплавов; 2-утеплитель (минеральная вата, пенспласт, стекловата); 3-внутренняя обшивка (сухая шпукатурка, листы алюминия, бакелизированная фанера); 4-бакелизированная фанера $\delta=10$ мм или асбестоцемент; 5-брус из антисептированной древесины; 6-обшивка из антисептированной древесины; 7-наружная обшивка из асбестоцементных листов $\delta=10$ мм; 8-угловые профили из алюминия; 9-уплотнитель стыков: пенополиуретан, обернутый в полиэтиленовую пленку, поронзол, геринт, мастики УМС-50, ГС-1; 10-нащельник; 11-фартуки из кровельной стали.

Основной элемент стены может быть несущим, самонесущим, ненесущим и выполнен из штучных материалов, блоков, панелей. Экраны из железобетонных или лёгких листовых материалов с воздушной прослойкой (анодированного алюминия, нержавеющей стали, различных видов цветного закалённого стекла, стеклопластиков и др.) – теплоёмкие и с низким коэффициентом излучения позволяют уменьшить теплопоступление в помещение в жаркое время за счёт удаления радиационного тепла, движущимся в прослойке воздухом и быстро охлаждается в ночные часы. Экран может входить в состав панелей или устанавливаться отдельно в виде навесного элемента. Положительными их качествами является лёгкость, возможность использования долговечных, красивых материалов – профилированные, алюминиевые листы, имеющие высокие теплофизические свойства, низкий коэффициент излучения, коррозиестойкость. Они обеспечивают надёжную защиту от атмосферной влаги, возможны ремонт и замена.

Стыки панелей наружных стен так же, как и сами панели, проектируют с учётом требований прочности, долговечности, теплоизоляции, водонепроницаемости. Конструкции горизонтальных и вертикальных стыков различаются в зависимости от материала стены, толщины, сейсмичности района строительства, способа передачи вертикальных сжимающих усилий и т.п.

[30]. Правильный выбор материалов и конструктивного решения и эксплуатации по устройству водо- и воздухоизоляции стыков играют решающую роль в обеспечении эксплуатационной надёжности и теплозащиты зданий в целом.

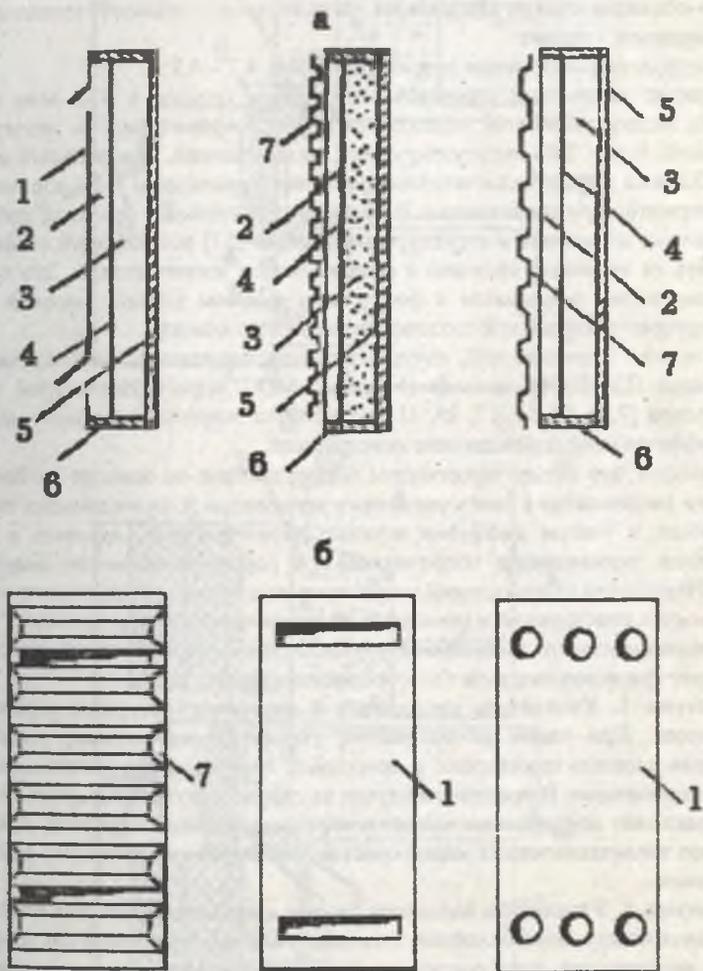


Рис.4.6. Стены с вентиляруемой воздушной прослойкой: а – разрезы стен; б – фасады конструкций: 1 – наружный защитно-декоративный экран из плоских листов алюминия или атмосферного пластика; 2 – вентиляруемая воздушная прослойка; 3 – утеплитель (пенопласт, минвата); 4 – наружная обшивка; 5 – внутренняя обшивка (декоративный пластик); 6 – обвязка панели из бакелизированной панели $\delta=10\text{мм}$ или антисептированная древесина; 7 – наружный экран из листов профильного алюминия или атмосферостойкого пластика.

Теплоизоляция стыков обеспечивается:

- в стенах однослойных панелей заполнением канала стыка лёгким бетоном или применением утепляющих вкладышей (при заполнении канала стыка тяжёлым бетоном);
- в стенах слоистых панелей – применением вкладышей из эффективного утеплителя.

Герметизация стыков соединений используется: - полиизобутиленовая мастика; - поропизол; - гернит.

Конструктивные решения приведены на рис. 4.7 – 4.9.

Одна из важнейших строительных проблем сегодня в XXI веке является проблема эксплуатационной надёжности и энергоэффективности эксплуатируемых зданий. Более 70% эксплуатируемых жилых зданий, построенных в 60-80-х годах XXI века имеют недостаточный уровень теплозащиты и не соответствуют новым нормативным требованиям. В мировой строительной практике происходят существенные изменения в структуре инвестиции [51] всё больший объём их направляется на тепловую санацию и модернизацию жилого фонда. Это связано с прогрессирующим моральным и физическим износом зданий, высокой стоимостью энергоресурсов, низкой теплоэффективностью зданий.

На основе теоретических, натуральных и экспериментальных исследований ряд организаций (ЦНИИЭП жилища (Москва); МОСГипроНИИсельстрой и др), а также авторы [7, 9, 12, 16, 17, 29, 33] разработали энергосберегающие материалы и теплоэффективные ограждающие конструкции.

Известно, что общее термическое сопротивление не зависит от последовательности расположения слоёв различных материалов в ограждающих конструкциях. Однако, с учётом диффузии водяных паров должны следовать в порядке уменьшения термического сопротивления и паропроницаемости снаружи вовнутрь. Нарушение этого условия может привести к конденсации влаги в сечении ограждающих конструкций и снижению её термического сопротивления.

В зависимости от расположения утеплителя в ограждающей конструкции существует три основных типа теплоизоляционных систем.

Система 1. Утеплитель расположен с внутренней стороны ограждающей конструкции. При таком расположении утеплителя, во-первых, уменьшается внутренняя площадь помещения, а, во-вторых, требуются дополнительные затраты на пароизоляцию. В противном случае на границе внутренней стены и утеплителя происходит конденсация водяного пара повышенная влажность приводит к снижению теплотехнических характеристик, появлению и активному росту грибка, плесени.

Система 2. Утеплитель находится внутри самой ограждающей конструкции (колодцевая кладка, многослойные стеновые панели). При такой системе ограждающая конструкция выполняется из двух параллельных стенок, соединённых между собой связями, а образующееся между ними пространство заполняется утеплителем. Внутренняя стенка является несущей, а внешняя защищает утеплитель от атмосферного воздействия. Монтировать систему можно при отрицательных температурах. Однако, она имеет существенные недостатки, во-первых, от ограждающей конструкции требуется более объёмный и дорогостоящий фундамент. Во-вторых, влага конденсируется между внешней и внутренней

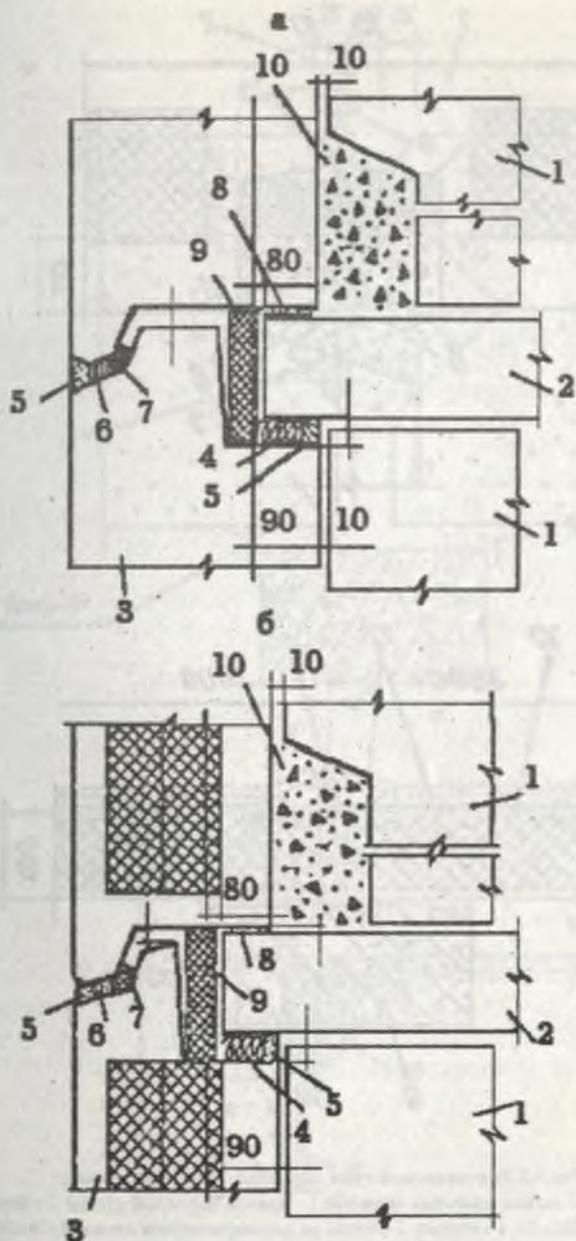


Рис.4.7 Горизонтальный стык наружных стеновых панелей:
 а - однослойных, б - трехслойных, 1 - панель внутренней стены,
 2 - панель перекрытия, 3 - панель наружной стены, 4 - пакля,
 5 - цементный раствор; 6 - мастика УМС-50; 7 - гернит, 8 - цементная паста;
 9 - полистирол ПС-Б, 10 - бетон марки не менее 150

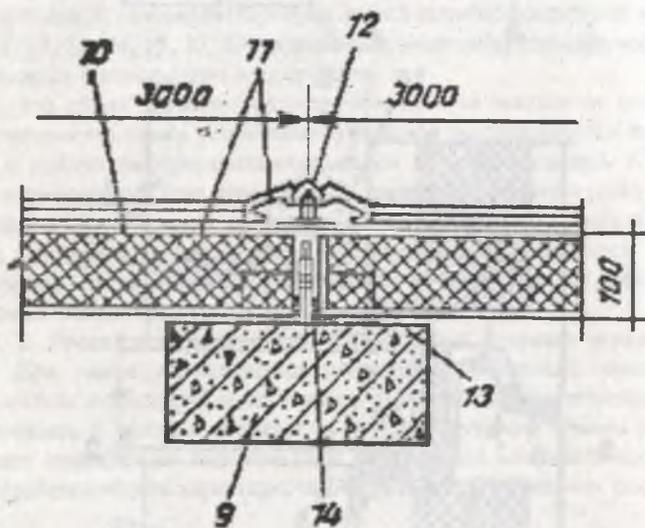
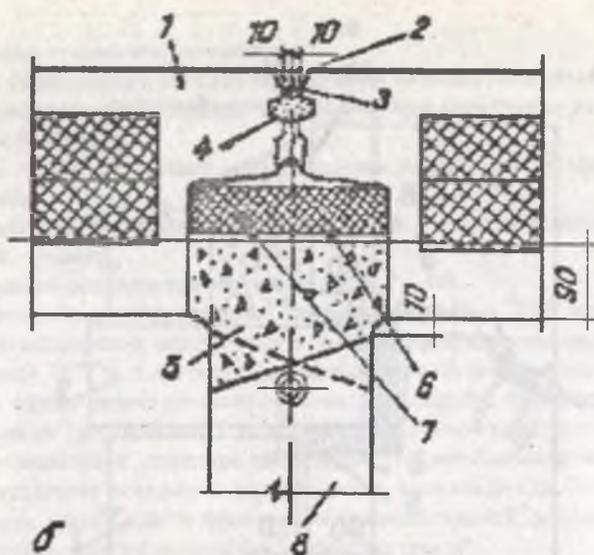


Рис. 4.8 Вертикальный стык наружных стеновых панелей:

1 - трехслойных; 6 - легких навесных панелей; 1 - панель наружной стены; 2 - цементный раствор; 3 - мастика УМС-50; 4 - герметик; 5 - бетон на расширяющемся цементе с мелкой фракцией заполнителя; 6 - гидроизол на клею КН-2; 7 - полистирол ПС-Б; 8 - панель внутренней стены; 9 - железобетонная колонна; 10 - легкая навесная панель; 11 - нагельник из алюминия; 12 - стяжной болт 8 мм с теплоизолирующей муфтой; 13 - откидной столик; 14 - поризол.

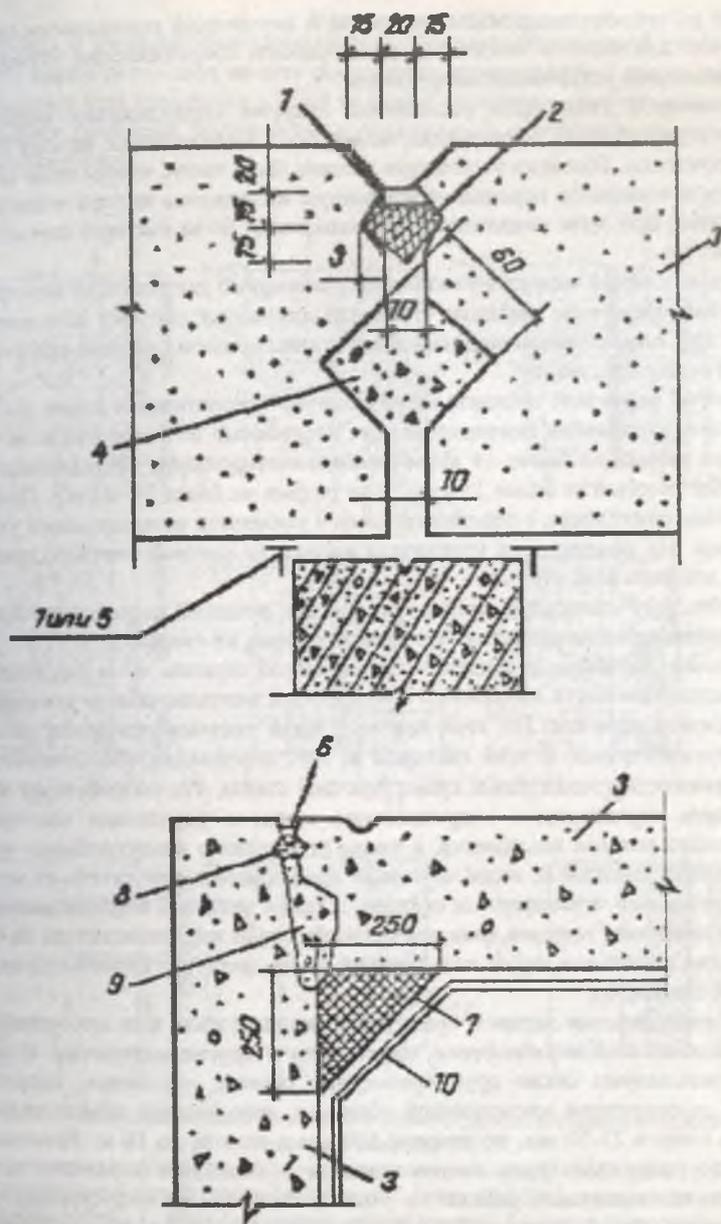


Рис. 4.9 Герметизация и утепление вертикальных стыков:

- 1 - мастика гонколовая; 2 - прокладка из поризолола или гернита; 3 - панель из ячеистого бетона;
 4 - бетон или раствор; 5 - мастика УМС-50; 6 - расшивка цементным раствором; 7 - утеплитель;
 8 - пористый резиновый шнур 45 мм; 9 - теплый раствор; 10 - заделка шва изнутри.

стенками на теплоизоляционном материале и внутренней поверхности наружной стенке, что приводит к снижению термического сопротивления ограждающей конструкции и её ускоренной амортизации.

Система 3. Утеплитель расположен снаружи ограждающих конструкций. Толщина ограждающей конструкции может быть минимальной, исходя из требований прочности. Толщина утеплителя должна быть такой, чтобы зоны конденсации влаги и основного перепада температуры находились внутри теплоизоляционной стены, при этом конденсат легко испаряется из-за высокой паропроницаемости системы.

Расположенный снаружи утеплитель необходимо защищать от атмосферного воздействия защитным экраном (теплоизоляционную систему вентилируемым фасадом или штукатурным защитно-декоративным слоем (широко применяется в практике строительства)).

Система наружной теплоизоляции защитно-декоративным слоем по утеплителю: плиты утеплители (минераловатные плотностью не более 145 кг/м^3 и прочностью на разрыв не более 14 кН/м^2 ; пенополистирольные безударного полистерола плотностью не более 15 кг/м^3 и на разрыв не более 80 кН/м^2). Приклеиваются к стене снизу вверх с перевязкой швов с усилением специальными угловыми профилями. На поверхности утеплителя находится клеевой раствор, армируется стенка и декоративная отделка.

На рис. 4.10 приведены схемы технических решений дополнительного утепления с указанием положительных и отрицательных их сторон.

Системы утепления с защитно-декоративным экраном из-за его недостаточной паропроницаемости выполняют с воздушным вентилируемым зазором между утеплителем и экраном. По этой причине такая система утепления называется вентилируемый фасад. В этих системах за счёт вентиляции обеспечивается снижение влажности утеплителя и существующей стены, что способствует повышению общего термического сопротивления стены и улучшения температурно-влажностного режима помещения, а также повышению воздухообмена через наружную стену. Защитный экран не только предохраняет утеплитель от механических повреждений, атмосферных осадков, а также ветровой и радиационной эрозии, но и позволяет придать фасадам разнообразную выразительность за счёт использования различных типов конструкций форм, фактур и цветов отделки облицовочных элементов.

Для изготовления экранов применяют металл (сталь или алюминий), асбестовый цемент, стеклофибробетон, пластмассы и другие материалы. В качестве экранов используют также крупноразмерные панели, состоящие, например, из внешней декоративной алюминиевой оболочки, заполненной пенополиуретаном. Толщина панели 25-50 мм, по ширине 500 мм и высоте до 18 м. Использование экранов из различного рода листов плитных и линейных элементов позволяет круглогодично выполнять работы по утеплению фасада и индустриализовывать их проведение, что представляется весьма важным, учитывая огромное число зданий подлежащих утеплению. При этом обеспечивается качество наружной отделки зданий.

Система утепления облицовкой кирпичом или другими мелкоштучными материалами обладает достаточной паропроницаемостью и не требует обязательного устройства вентилируемого воздушного зазора. В то же время из-за различных

механических и температурно-влажностных деформаций основной стены и облицовочного кирпичного слоя высота последнего ограничивается двумя-тремя этажами. Поэтому при утеплении зданий большой этажности при облицовке кирпичом основная проблема заключается в организации поэтапного навешиваемого облицовочного слоя.

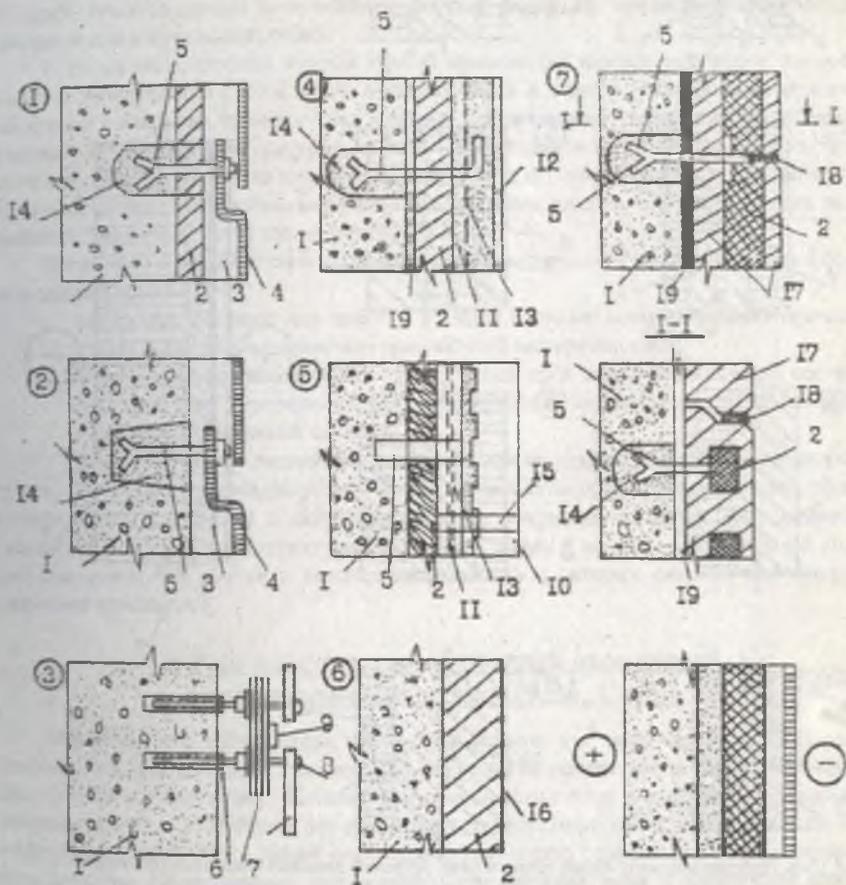


Рис. 4.10-а. Принципиальные схемы технических решений дополнительного утепления наружных стен "снаружи":

- 1 - существующая наружная стена, 2 - теплоизоляционный слой, 3 - воздушная прослойка;
- 4 - декоративный экран, защитная облицовка, 5 - анкер из коррозионностойкой стали;
- 6 - распорный дюбель, 7 - асбестоцементная доска основания; 8 - шуруп с полукруглой головкой; 9 - закладной профиль, закрывающий шов; 10 - облицовочная плитка;
- 11 - штукатурный слой; 12 - шпаклевочный слой штукатурки;
- 13 - сетка штукатурная на арматурном каркасе;
- 14 - штукатурный слой из раствора на кварцевом песке с синтетической смолой;
- 15 - деформационный шов, заполненный эластичным материалом;
- 16 - покраска кремний-органическими красками; 17 - асбестоцементная экструзионная пустотелая плита; 18 - гернит "П" с мастикой; 19 - фактурный слой.

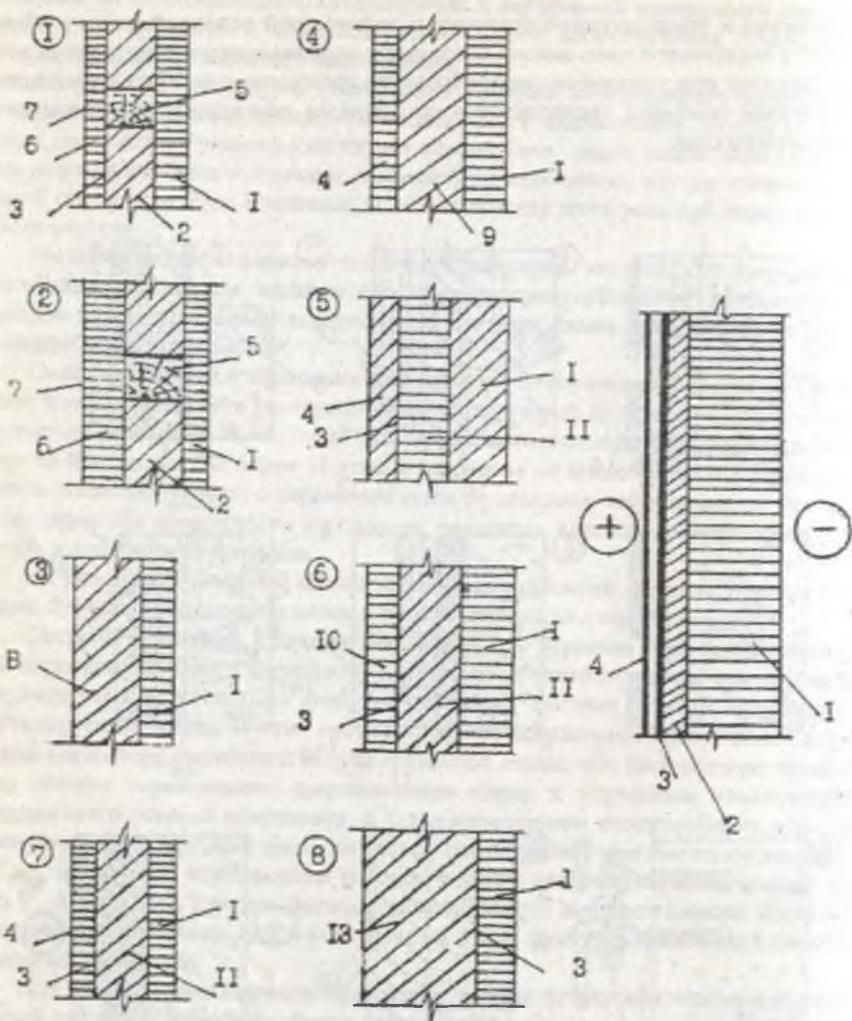


Рис 4.10-6. Принципиальная схема технических решений дополнительного утепления наружных стен "изнутри":

- 1 - существующая наружная стена; 2 - теплоизоляционный слой; 3 - слой пароизоляции;
- 4 - отделочные слои; 5 - деревянная рейка (антисептированная);
- 6 - древесноволокнистая плита; 7 - обои; 8 - теплоизоляционная штукатурка; 9 - пеностекло;
- 10 - штукатурка; 11 - минвата; 12 - строительный раствор; 13 - сухая штукатурка.

Стоимость утеплителя наружных стен существующих зданий в значительной мере зависит от принятого конструктивного варианта наиболее дешёвого, им является вариант утеплителя с оштукатуренной фасадной поверхностью (15 у.е./ m^2 общей площади) при облицовке же кирпичом стоимость затрат возрастает на 30%, а при использовании декоративных экранов возрастает в два раза. Расчёты показывают, что за счёт экономии тепла увеличение одновременных затрат ис

вновь строящихся зданиях окупаются в течение 7-8 лет, а в существующих домах в течении 12-15 лет.

Одним из важнейших направлений утепления ограждающих конструкций является санация, гидроизоляция с применением сухих смесей.

Стены зданий эксплуатируемых в городских условиях, подвергаются значительным воздействиям не только воды (атмосферных осадков, грунтовых вод), но и солей, температурных перепадов, солнечной радиации, вредной экологической обстановкой в крупных городах.

В кирпичных кладках старых зданий происходит накопление влаги, которая ведёт к разрушению стены. Соли содержащиеся в воде и атмосферных осадках образуют высолы на поверхности, которые перпятствуют удержанию ремонтных составов. Нанесение штукатурки на такие поверхности ведёт к отслаиванию или дальнейшему разрушению кирпичной кладки под штукатурным слоем. В мировой практике существует несколько видов saniрующих систем, одну из которых разработал "Опытный завод сухих смесей" [51].

В системе санаций старых зданий – для комплексного восстановления фасадов зданий применяют:

- шпуровые составы для закачки в стены с целью восстановления прочностных и гидроизоляционных показателей материала стен;
- использование специальных сухих смесей трёх видов (обрызговой состав, грунтовочная противосолевая saniрующая штукатурка, накрывочный гидрофобизационный состав).

Первый этап работ состоит в очистке фасада от старой повреждённой штукатурки, вычеканке швов на глубину 20 мм и нанесения обрызгового состава, обеспечивающего сцепление с основанием (сетка покрытия не более 70% площади толщиной 5 мм), затем штукатурки толщиной 20 мм и на всё - накрывочный гидрофобизационный состав и после затвердевания и затирки окраска паропроницаемыми красками.

4.3. Роль конструктивных решений окон зданий в сокращении теплопотерь [9, 16, 17, 50]

Известно, что теплопотери через окна велики: 1 м^2 окна теряет в 2,5-3 раза больше, чем 1 м^2 стены, и температура внутренней поверхности остекления – самая низкая в помещении. Теплопотери наветренных окон в районах с сильными ветрами могут в 20 и более раз превышать теплопотери окон, выходящих на заветренные румбы. Здесь также необходимо применять современные эффективные конструкции. Исследования показывают, что наличие окна в кирпичной стене уменьшает приведённое сопротивление теплопередаче стены до 20%. Размещение оконных проёмов в помещениях жилых и общественных зданий с шагом 1-1,5 м, исходя из светотехнических, архитектурно-планировочных соображений может привести к снижению приведённого сопротивления простенка до 30-40%. Выгодно, например, применение селективного стекла, на поверхность которого наносится плёнка из двуокиси олова. Такое стекло пропускает в помещение весь солнечный спектр, но оно отражает длинноволновое тепловое излучение от внутренних поверхностей ограждающих конструкций. В итоге достигаются условия близкие к комфортным, так как температура поверхности остекления повышается, те-

плототери через окна уменьшаются на 15-20%, а общие теплопотери здания – на 7-10%.

Каждый слой остекления в оконном заполнении – это большие затраты стекла и древесины, поэтому в соответствии с расчётными зимними температурами наружного воздуха в отечественной практике в конструкциях оконных блоков принимаются оптимальными соотношения, при которых достигается наиболее эффективное использование теплозащитных качеств материалов. Для дальнейшего повышения тепловой защиты оконного заполнения следует добиваться уменьшения избыточной инфильтрации наружного холодного воздуха внутрь жилища. С этой целью стандартом предусмотрено применение уплотняющих прокладок и приборов, обеспечивающих надёжное примыкание створок к коробкам. Это позволяет снизить расходы на отопление до 10-13%. Наиболее эффективными путями повышения теплозащитных качеств окон являются, в первую очередь, уплотнение притворов оконных блоков, во вторую – внедрение стеклопакетов и теплоизоляционных стёкл и конечно утепление окон.

Утепление окон можно выполнить несколькими способами:

- использование уплотнительных прокладок с последующей оклейкой;
- устройство плёнки между рамами;
- применение, в отдельных случаях, тройного остекления без демонтажа существующего окна;
- замена существующих оконных переплётов на современные окна, отвечающие тепло-техническим требованиям.

Исследования авторов [17] по программе ТАСИС “Обоснование энергосбережения пяти вариантов домов в г. Москве показали что структура теплового баланса здания (по расчётам авторов) по вариантам теплозащиты составляет наибольшую долю энергозатрат, приходящихся на подогрев холодного инфильтрованного воздуха, и долю трансмиссионных теплопотерь через наружные стены и окна, которые составляют:

- для варианта 1 (базисной стены – 21,3%, окна – 18,7%)
- для варианта 2 без утеплителя наружных стен (стены – 36 %, окна – 16,7%)
- для варианта 3 с утеплителем наружных стен (стены – 14,3%, окна – 24%)

Авторы [17] утверждают необоснованность требований новых СНиП II – 3 – 96** по обязательному повышению уровня теплозащиты наружных стен и дают следующие выводы и рекомендации:

- наибольшая доля теплопотерь (до 50%) вызывает дополнительные энергозатраты на подогрев инфильтруемого холодного воздуха, в основном, через окна, двери, вертикальные стыки панельных стен и поэтому увеличение толщины стен (вариант 3) малоэффективное и дорогостоящее мероприятие, снижает теплопотери только на 9%;
- наряду с применением энергоэффективных окон и при реконструкции и капитальном ремонте зданий следует применять и другие энергосберегающие мероприятия (регулирование и контроль отпуска теплоты, экономное расходование горячей воды, утепления трубопроводов, тамбуров, входных дверей), что в большинстве случаев должно выполняться квартиросъёмщиками и домовладельцами, при их экономическом поощрении.

К утеплению наружных стен капитально ремонтируемых зданий следует прибегать в исключительных случаях (предупреждение конденсатообразования и промерзания стен, обновления и отделки фасадов) при соответствующем технико-экономическом обосновании толщины дополнительной теплоизоляции, исходя из показателя рентабельности дополнительных капиталовложений по методике профессора Иванова Г.С [17].

Представляют практическую ценность исследования Х.Н. Нуретдинова, Ф.Ф. Хайрутдиновой [50] по оценке теплопоступлений и теплопотерь через оконные проёмы наружного ограждения в условиях Узбекистана. С этой целью определены теплопоступления через один м² окна с двойным остеклением при ориентации на С, В, Ю, З в различные сезоны года в условиях г. Ташкента.

По результатам расчётов авторами просуммирована доля теплопоступлений за счёт прямой (кривая 1) и рассеянной (кривая 2) радиации (рис. 4.11), а также конвекция и излучение от нагретого окна. Их анализ позволил оценить влияние этих составляющих на внутренний режим помещения. Установлено, что суммарный приток тепла в помещение в летнее время при З и В ориентациях светопроёмов более 400 ккал/м²ч почти в 4 раза меньше и совсем незначительный при северной ориентации окон. При восточном и западном ориентациях окон интенсивность облучения прямыми лучами солнца составляет ≈ 300 ккал/м²ч, что составляет 60% (рис. 4.12). Через такую же площадь южного светопроёма в помещение поступает в 6,5 раза меньше тепла, что составляет лишь 19% от притока прямой радиации, что объясняется резким уменьшением коэффициента теплопропускания прямой радиации при увеличении угла падения солнечных лучей.

В весеннее время теплопоступления прямой радиации через все три светопроёма (В, Ю, З) примерно равны между собой. Зимой с уменьшением угла падения солнечных лучей резко возрастает доля теплопоступления через светопроёмы южной ориентации, максимальный приток прямой радиации в помещение достигает 236 ккал/м²ч, что составляет 64% от наружной облучённости и превышая долю через данный проём в летнее время в пять раз.

Значительное влияние на тепловой режим помещения оказывает теплопоступления за счёт диффузной радиации от небосвода, причём её вертикальная величина превышает горизонтальную рассеянную.

В июле месяце теплопропускания остеклением диффузной (рассеянной) радиации внутрь помещения при южной ориентации значительно меньше и составили 25% от наружных воздействий, а при восточной и западной – теплопоступления достигли 50% (рис. 4.13). В зимнее время резко возрастает приток рассеянной радиации на южной стороне в вертикальной плоскости, превышая в 1,7 раза значения на горизонтальной плоскости.

Доля конвективных теплопоступлений от нагретого стекла в летнее время в суммарном теплотокте незначительна при северной и восточной ориентации, но резко возрастает при южной и западной стороне горизонта, а в количественном параметре не уступает диффузной радиации.

Авторами установлено, что максимальные теплопоступления за счёт прямой, диффузной радиации, конвекции и излучения в жаркий сезон при западной ориентации соотносятся как 4,7:1,3:1,0. При южной 1,3:1,06:1,0. Суммарные теплопоступления через окна при солнцезащитных устройствах уменьшается примерно в 5 раз.

Для сравнительного анализа роли теплопоступлений через светопрозрачные и глухие ограждения в различные периоды года авторами определены основные теплофизические характеристики трехслойных панелей с минераловатным утеплителем общей толщиной 25 см, выпускаемых ТДСК (табл. 4.2).

Таблица 4.2.

Теплофизические характеристики стеновых ограждений (панелей ТДСК - $v_{\text{пан}}=25,2$)

Время года	Ориентация	Амплитуда колебаний		Теплопоступления в помещении Q , ккал/м ² ·ч
		Суммарные температуры, $A_{\text{сум}}$, °С	Температура на внутренней поверхности $A_{\text{вн}}$, °С	
Июль	Юг	18,0	0,72	5,4
	Восток	20,1	0,8	6,0
	Запад	30,0	1,2	9,0
Март (сентябрь)	Юг	19,8	0,79	5,9
	Восток	14,0	0,56	4,2
	Запад	21,1	0,84	6,3

Из таблицы видно, что максимальная теплоотдача в помещения внутренними поверхностями глухих ограждений в летнее время при западной, при восточной и южной уменьшается на 30-40%, а при северной на 60%.

Теплопоступления через окна при тех же ориентациях несравненно больше, превышает теплоотдачу стен в 50-60 раз при восточной и западной ориентации, в 21 раз при южной и в 5,5 раз при северной (табл. 4.3).

Таблица 4.3.

Ориентация	Максимальные теплопоступления через 1 м ² ограждения, ккал/м ² ·ч			Соотношения	
	Стена, $Q_{\text{ст}}$	Окно, $Q_{\text{ок}}$	Окно с СЗУ, $Q_{\text{окс}}$	$Q_{\text{ок}}/Q_{\text{ст}}$	$Q_{\text{ок}}/Q_{\text{окс}}$
Восток	6,0	379	76	65,1	12,7
Юг	5,4	117	23,4	21,6	4,3
Запад	9,0	445	89,0	49,5	9,9
Север	3,6	20	4,0	5,5	1,1

Таблица 4.4.

Теплопоступления в помещения в весенне-осеннее время года (март)

Ориентация	Максимальные теплопоступления через 1 м ² ограждения, ккал/м ² ·ч		Отношение $Q_{\text{ок}}/Q_{\text{ст}}$
	Стена, $Q_{\text{ст}}$	Окно, $Q_{\text{ок}}$	
Восток	4,2	227	54
Юг	5,9	240	40,6
Запад	6,5	267	42
Север	1,2	-	-

Таблица 4.5.

Теплопотери в зимнее время (январь)

Ориентация	Потери тепла через 1 м ² ограждения, ккал/м ²					
	В 1 час			За сутки		
	Окно, $Q_{\text{ок}}$	Стены, $Q_{\text{ст}}$	Отношение, $Q_{\text{ок}}/Q_{\text{ст}}$	Окно, $Q_{\text{ок}}$	Стены, $Q_{\text{ст}}$	Отношение, $Q_{\text{ок}}/Q_{\text{ст}}$
Восток	99	16,5	6,0	2130	400	5,3
Юг	90	15,0	6,6	1304	360	3,0
Запад	95	15,5	6,1	1786	378	4,7
Север	99	16,5	6,0	2376	400	5,9

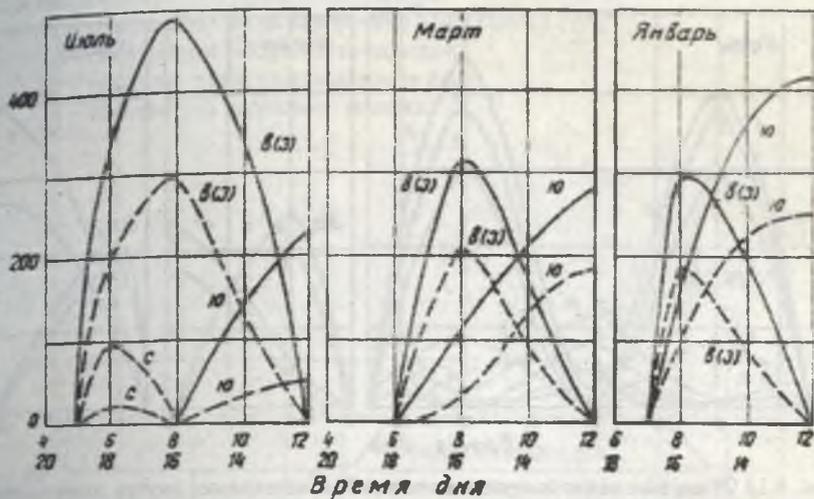


Рис.4.11 Период тепла от прямой радиации на вертикальные поверхности, проникающей через светопроем внутрь помещения (пунктир).

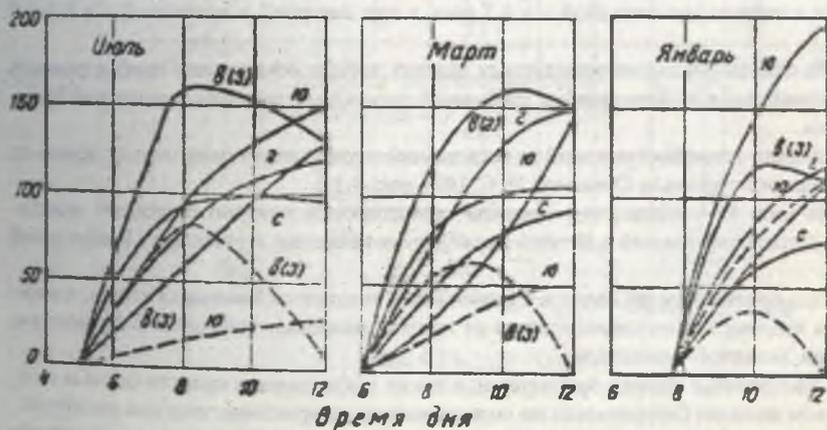


Рис.4.12 Приход тепла от рассеяной радиации на вертикальные и горизонтальную поверхности, проникающей через светопроем внутрь помещения (пунктир).

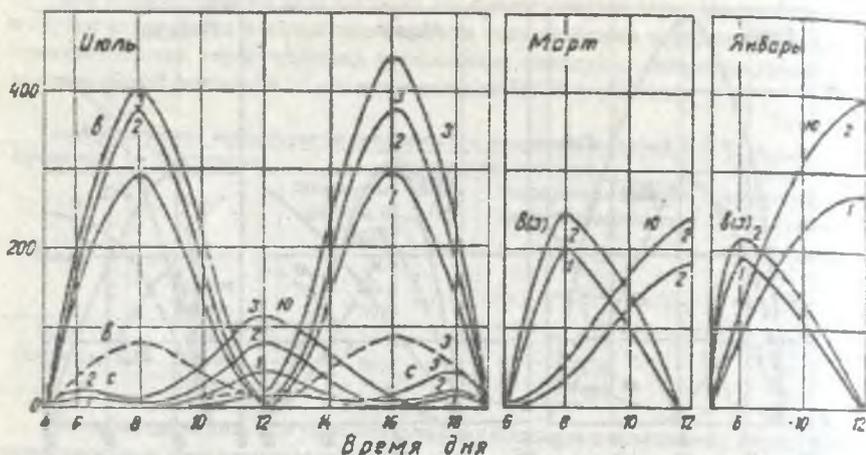


Рис. 4.13 Суммарные теплопоступления через 1 м^2 остекления внутрь помещения (сплошные линии) и при наличии солнцезащиты (пунктир):

1 - прямая радиация; 2 - рассеянная радиация; 3 - конвекция и излучение.

При отсутствии облучения теплоотдача 1 м^2 остекления, в 1 час (без учёта инфильтрации холодного воздуха через щели и неплотности в окнах) в 6 раз выше, чем через 1 м^2 глухого стенового ограждения. Суточные потери тепла через окна южной ориентации в 3 раза превышают теплоотдачу через глухое ограждение той же площади при западной – в 4,7 раза, а при северной и восточной – в 5,3–5,9 раз.

На основании вышеприведённых данных авторы доказывают необходимость и целесообразность сокращения требуемой площади остекления в условиях Узбекистана.

Зависимость теплопоступлений за весь летний период через окна жилых домов от ориентации по данным Суханова Н. С. [49], рис. 4.14.

Из рис. 4.14 видно, что пределы ориентировки северно отражают зависимость теплопоступлений в летний период от ориентации в условиях Центральной Азии.

Так, ориентации на Запад и Северо-Запад считаются благоприятными, а между тем количество вносимого тепла от прямой радиации только на 20% меньше, чем при Западной ориентации.

Объективные оценки ориентации, а также эффективных средств борьбы с перегревом должны базироваться на сопоставлении микроклиматических различий.

На рис. 4.15. приведены исследования Солдатова Е. [48] по теплопоступлениям через стены и окна (с солнцезащитой) в охлаждаемые помещения с системами искусственной климатизацией. Материал наружных ограждений – кирпич, керамзитобетон и силикатобетон из рис. 4.15. видно, что теплопоступления через окна в 4–5 раз выше, чем через стены.

На графиках 4.15. – б приведены кривые:

- 1 – тепловой поток на внутренней поверхности стен;
- 2 – температура воздуха в помещении;
- 3 – тепловой поток на поверхности окон;
- 4 – температура наружного воздуха.

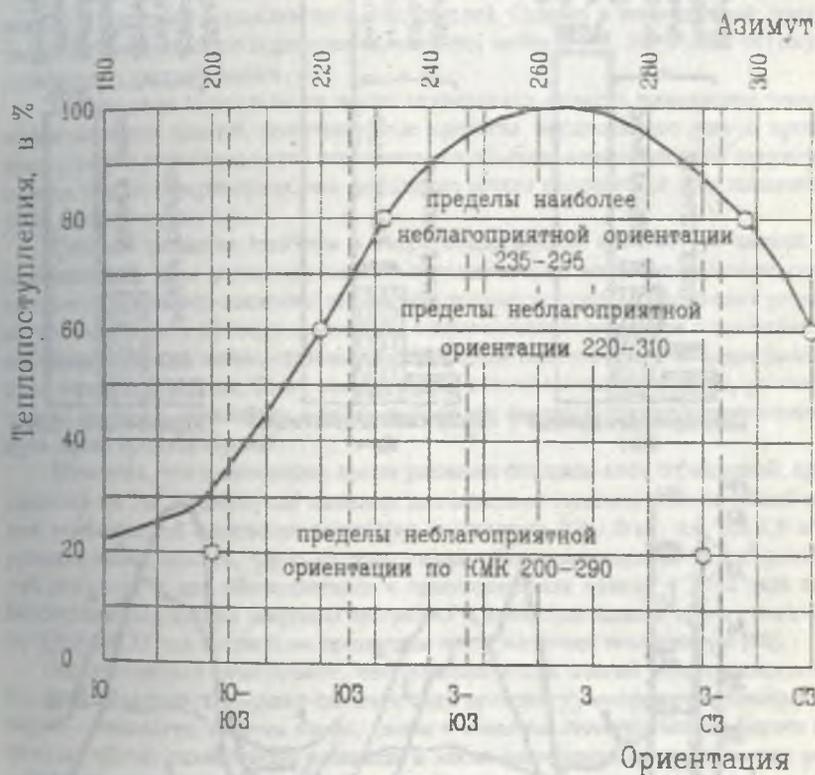


Рис. 4.14.

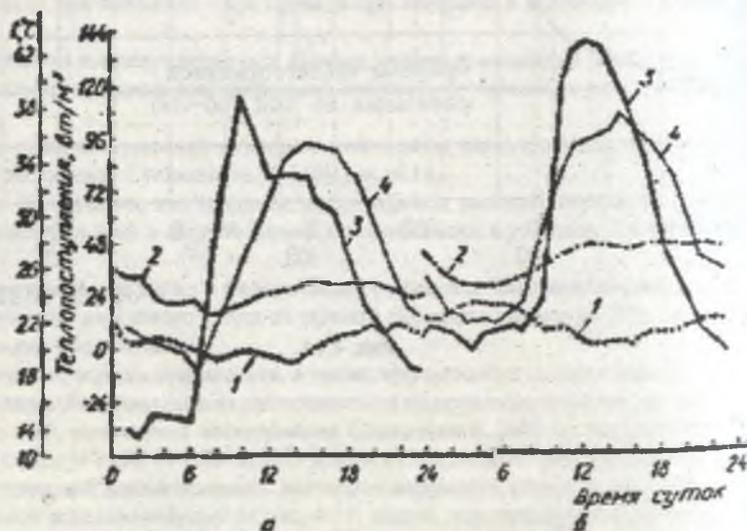
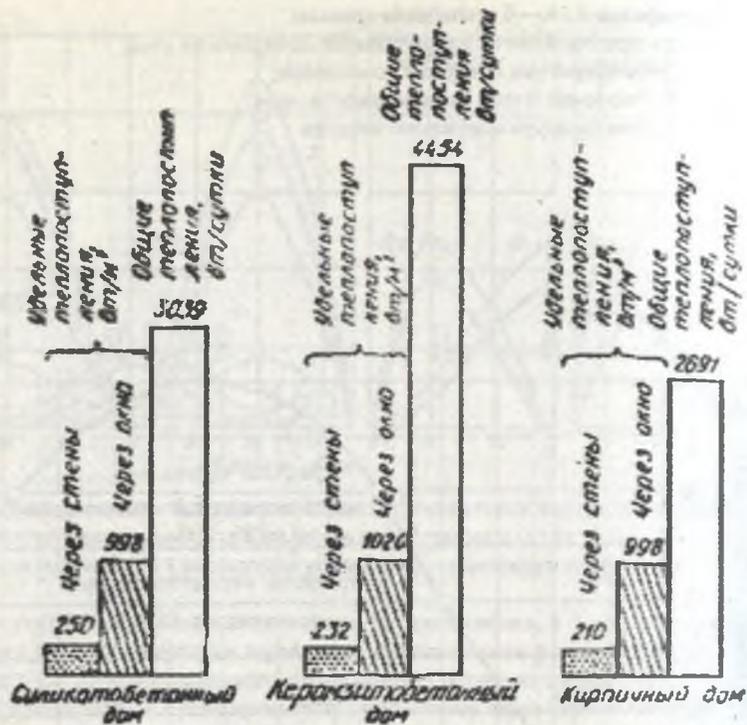


Рис. 4.15. Теплопоступления через стены и окна.

5. Объёмно – планировочные средства повышения тепловой эффективности зданий [12, 15, 34, 48]

5.1. Общие положения

КМК 0.01.04-97 “Строительная теплотехника” пункт 1.2 рекомендует в целях сокращения теплопотерь в зимний период и поступление тепла в летний период при проектировании зданий и сооружений следует предусматривать:

а) объёмно-планировочные решения принимать с учётом обеспечения наименьшей площади ограждающих конструкций. Однако в нормативной документации нет методик их определения, хотя ряд авторов [15, 30, 34, 38, 48] опубликовали свои рекомендации.

Несомненно в отличие от чисто технических средств повышения тепловой эффективности зданий, архитектурные средства предполагают уже в процессе предпроектных исследований пересмотр его объёмно-планировочной структуры и поиски нового направления, что неизбежно может сказываться и на внешнем облике всего сооружения.

Сегодня решения проблем в энергосберегающей архитектуре зданий есть нормативы и пути решения локальных технических вопросов, дающие оценки промежуточных результатов и нет окончательных концепсий получения результата, т.е. целостного подхода с анализом альтернативных подходов к проблеме. Эти альтернативные решения связаны со снижением теплопотерь благодаря уменьшению периметра здания, более компактных планировочных решений, увеличение длины, ширины, этажности, а также выбора его формы и других компонентов, т.е. путь чисто архитектурный.

Известно, что в настоящее время удельная площадь всех ограждений, приходящихся на 1 м^2 развёрнутой площади для отдельно стоящих жилых зданий высокой нормативной плотности застройки составляют $0,8-1,0\text{ м}^2$, т.е. $0,8-1,0\text{ м}^2$ наружных поверхностей, через которое уходит тепло, приходится на 1 м^2 развёрнутой площади, а для общественных и промышленных зданий в 1,5-2 раза выше. Многоэтажные здания широкой застройки и высотные здания имеют показатель до $0,5-0,4-0,33$, т.е. в такой же пропорции и сокращаются теплопотери [48].

Исследователи показывают, что экономичность зданий может резко возрастать, если объединить воедино оптимум всех архитектурно-пространственных факторов – этажности, высоты этажа, длины и ширины, геометрической формы и величины общей развёрнутой площади, а также рациональных технических решений ограждающих конструкций.

На рис. 5.1 автора [48] приведены аналитические графики влияния каждого из факторов на тепловые потери, их возможности и закономерности.

На рис. 5.2 [34] приведены данные потери тепла не только этажности и его ширины, а также протяжённости при различной ширине, высоте этажа ($n=3\text{ м}$), степени остекления $\xi = 0,24$ ($\xi = F_{\text{ост}}/F_{\text{этаж}}$).

На рис. 5.3 – влияние формы здания и площади здания на потери тепла [48].

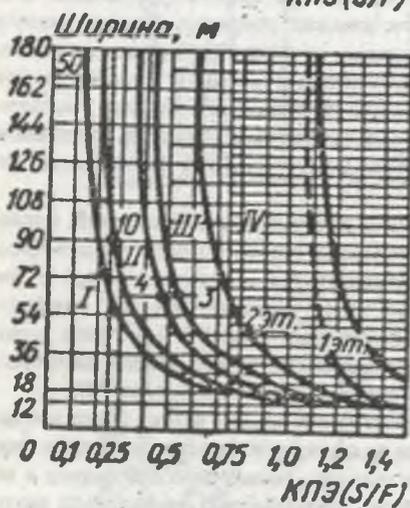
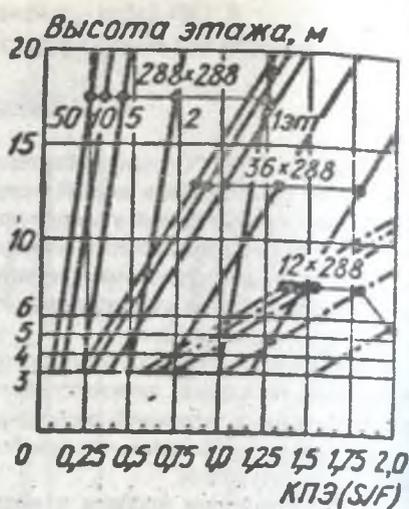
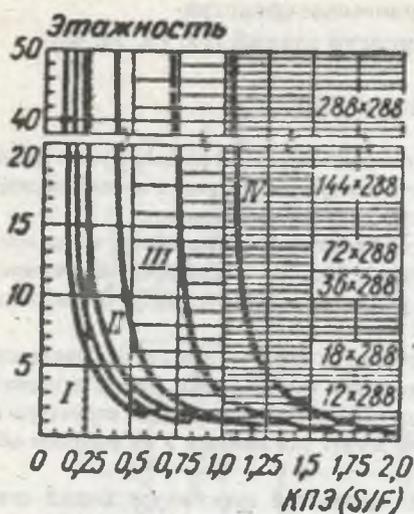
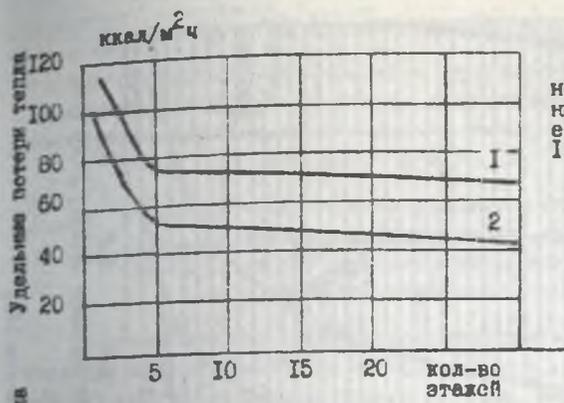


Рис. 5.1 Влияние ширины и высоты этажа на тепловые потери:

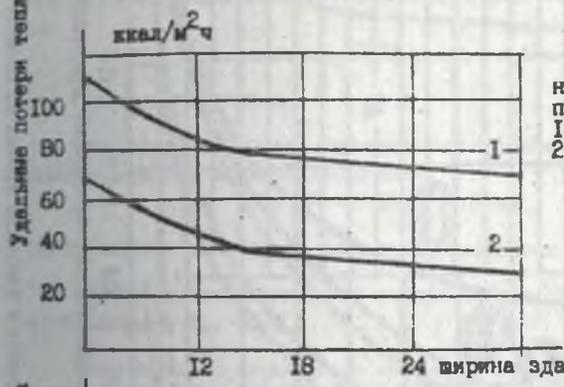
- I - зона сверхвысокой эффектавности;
- II - высокой эффективности;
- III - низкой эффективности;
- IV - неэффективного строительства.

Разработка проектных предложений, имеющих лучшие геометрические параметры зданий, формы, масштабности и т.п. т.е. рациональной пространственной организации, общей эффективности и компактности сегодня реальны и экономичны. Однако должны быть разработаны критерии зависимости расхода тепла через ограждающие конструкции в зависимости от геометрических параметров и форм зданий.

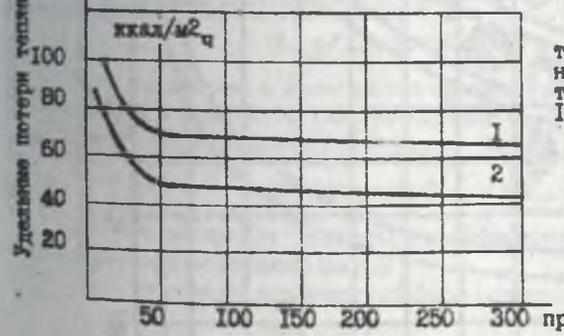
Таким образом, у зданий одинаковой этажности, имеющих одинаковые конструктивные решения наружных ограждений, относительный расход тепла может быть различным и существенно зависит от объёмно-планировочного коэффициента.



Влияние этажности здания на удельные потери тепла при его ширине:
1- 6м; 2- 12м.

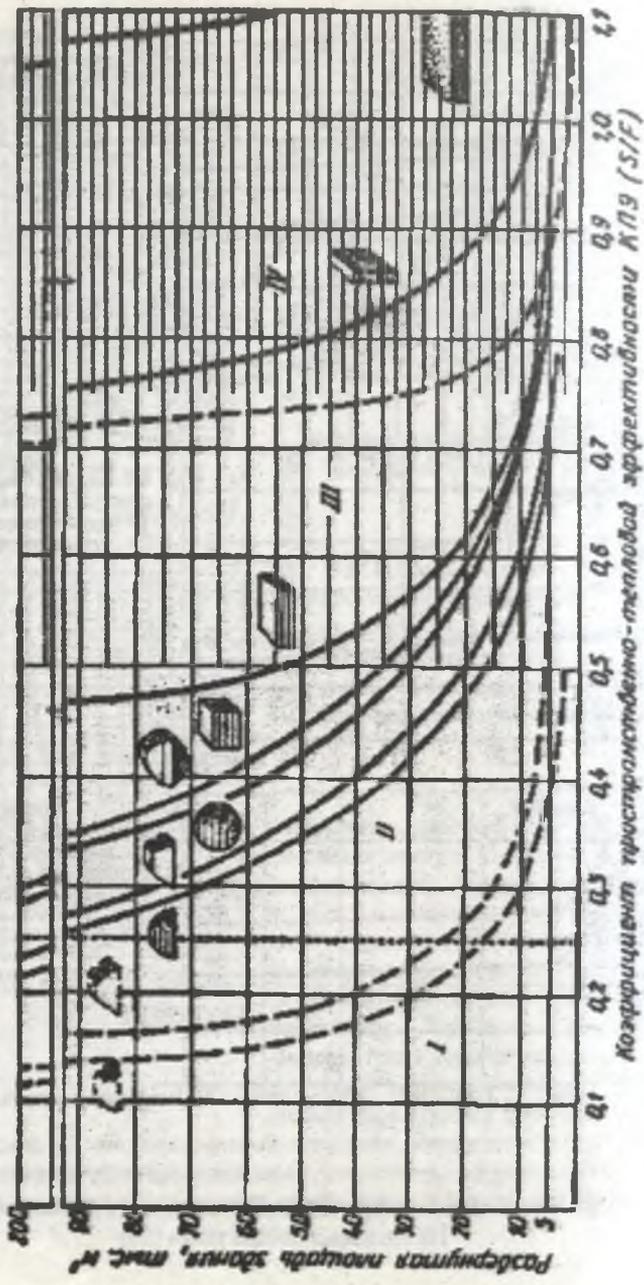


Влияние ширины здания на удельные потери тепла при:
1- одноэтажном здании;
2- десятиэтажном.



Влияние протяженности здания на удельные потери тепла при его ширине:
1- 6м; 2- 12м.

Рис. 5.2 Влияние этажности здания, ширины и протяженности на удельные потери тепла [34]



5.2. По методике Солдатов [48]

Количество тепла Q , проходящее через ограждающие конструкции при расчётной разности температур воздуха в помещении здания и наружного воздуха, определяется по формуле:

$$Q = q_n \cdot F_n + q_k \cdot F_k + q_p \cdot F_p \quad (5.1)$$

где q_n, q_k, q_p - соответственно удельные расходы тепла через 1 м^2 вертикального ограждения, кровли и пола 1-го этажа;
 F_n, F_k, F_p - соответственно площади вертикального ограждения, кровли (покрытия), пола 1-го этажа.

Для сопоставления зданий разных размеров необходимо суммарный расход тепла Q_{Σ} разделить на общую площадь здания F_0 . Это будет относительный расход тепла ω . Общая площадь здания: $F_0 = n \cdot F_n$, тогда относительный расход тепла:

$$\omega = q_n \cdot (F_n / F_0) + (q_k + q_p) / n \quad (5.2),$$

где n - число этажей.

Отношение площадей вертикальных ограждений к общей площади здания зависит от формы и размеров здания:

$$F_n / F_0 = P \cdot H / n \cdot F_n = P \cdot h / F_n \quad (5.3),$$

где P - периметр здания; H - высота вертикального ограждения; h - высота этажа.

Например, для квадратного в плане здания, сторона которого $a = \sqrt{F_n}$, периметр которого $P_{\text{кр}} = 4\sqrt{F_n}$.

Следовательно, отношение площадей вертикальных ограждений к общей площади квадратного в плане здания будет:

$$f_{\text{кр}} = P_{\text{кр}} \cdot h / F_n = 4h / \sqrt{F_n} \quad (5.4)$$

Если квадратное в плане здание принять за эталон и отношение площадей вертикальных ограждений к общей площади этого здания, то здание любой формы можно охарактеризовать коэффициентом ξ :

$$\xi = F_n / F_0 : (F_n / F_0)_{\text{кр}} = P / P_{\text{кр}} = P / 4\sqrt{F_n} \quad (5.5)$$

Эти два показателя - размеры и коэффициент формы характеризуют объёмно-планировочное решение здания.

Их произведение называется объёмно-планировочным коэффициентом, т.е.

$$K_{\text{кр}} = \xi \cdot f_{\text{кр}} \quad (5.6)$$

Вместе с тем объёмно-планировочные коэффициенты представляют собой не что иное, как отношение площадей вертикальных ограждений к общей площади здания.

$$K_{\text{кр}} = F_n / F_0 \quad (5.7)$$

и поэтому:

$$\omega = K_{\text{кр}} \cdot q_n + (q_k + q_p) / h \quad (5.8)$$

По рекомендации автора [48] следует, что относительный расход тепла зависит от трёх факторов:

- конструктивных решений наружных ограждений, характеризующихся удельными расходами тепла q_w , q_k , q_n .
- коэффициентом $K_{\text{сн}}$.
- этажности здания n .

Авторы рекомендуют два установления контрольных показателей $K_{\text{сн}}$ необходимо из существующих проектных решений выявить диапазон коэффициента $K_{\text{сн}}$ и установить контрольный показатель с наименьшим показателем.

Однако эта методика имеет существенные недостатки:

1. Не учитываются теплотери через окна, которые более чем в два раза выше стен;
2. Определение контрольного показателя $K_{\text{сн}}$ представляет большие затруднения, и могут быть не всегда обоснованы;
3. Не учитываются параметры зданий – ширина, протяжённость.

5.3. По методике проф. Маракаева Р.Ю. [31]

Все рассмотренные элементы объёмно-планировочного решения зданий (ширина A , протяжённость L , форма здания – периметр P , степень остекления здания ξ , общая площадь F_0 и другие параметры), так или иначе влияющие на удельные потери тепла, отнесённые к одному m^2 его полезной площади.

Исследования НИИСтройфизики, ЦНИИЖилища и др., а также Денисова П.П., Беляева В.С., Токарь Б.З, Пермяков С.Н., Маракаев Р.Ю. и других установлено, что при заданном уровне теплозащиты наружных ограждений дальнейшее снижение потери тепла зданиями возможно только за счёт упорядочения объёмно-планировочных решений.

На рис. 5.4.-5.5. показан характер влияния этажности здания – « n », ширины здания – A , протяжённости – L на удельные потери тепла q при высоте этажа $h=3m$ и степени остекления здания $\xi = 0,24$ ($\xi = F_{\text{ост}}/F_0$).

Необходимо отметить, что при прочих равных условиях увеличение высоты этажа h и степени остеклённости ξ вызовут увеличение удельных теплотерь q .

В рассматриваемых графиках удельные потери тепла через наружные ограждающие конструкции были приняты равными предельно допустимым и согласно требований строительных норм они составляют в среднем:

- для наружных стен порядка $q_c = 50 \text{ Вт/м}^2$;
- для покрытий $q_{\text{кр}} \cong 30-35 \text{ Вт/м}^2$;
- для пола $q_n \cong 15-17,5 \text{ Вт/м}^2$;
- для окон $q_o \cong 100-125 \text{ Вт/м}^2$.

Как видно из приведённых графиков, (рис.5.2) максимальные удельные потери тепла характерны для одноэтажного здания.

С увеличением количества этажей от 2 до 5 они резко снижаются, однако в дальнейшем их влияние заметно падает (с 21 до 7-3%).

С увеличением ширины от 6 до 36м здания удельные потери тепла снижаются от 21 до 6%.

А при увеличении протяженности с 6 до 50 метров снижение составляет до 32%, однако увеличение не имеет существенных значений.

Все рассмотренные элементы объёмно-планировочного решения зданий, так или иначе влияющие на удельные потери тепла, можно выразить обобщённым критерием, если воспользоваться понятием коэффициента компактности объёмно-планировочного решения здания. Понятие об этом коэффициенте - K_1 дано в СН545-82. Под коэффициентом компактности - K_1 подразумевается отношение площади наружных вертикальных ограждений F_n , плюс площадь покрытия (или чердачного перекрытия) F_k - к полезной площади здания F , то есть отношение:

$$K_1 = (F_n + F_k) / F_0$$

Если для дальнейшего анализа допустить, что $F = n \cdot F_n$; $F_n = F_k$, то коэффициент компактности можно выразить через все выше рассмотренные элементы объёмно-планировочного решения здания в следующей виде:

$$K_1 = P \cdot H / n \cdot F_n + 1/n = P \cdot h / F_n + 1/n = [2 \cdot (A + L) \cdot h] / A \cdot L \quad (5.9)$$

где F_n - площадь пола.

В этом случае удельные потери тепла зданием через коэффициент компактности объёмно-планировочного решения здания можно выразить следующим образом:

$$Q = (K_1 - 1/n) \cdot q_c + \xi \cdot (q_o - q_c) + 1/n \cdot (q_{кр} + q_n) \quad (5.10)$$

где q_c , q_o , $q_{кр}$, q_n - удельные потери тепла соответственно через наружные стены, остекление световых проёмов, покрытие или чердачное перекрытие и пол;
 ξ - степень остекления здания.

Если теперь в последнем выражении

вместо q_c , q_o , $q_{кр}$, q_n подставить их предельно допустимые значения согласно требованиям КМК.

вместо ξ степень остекления, принимаемой согласно КМК «Естественное и искусственное освещение»,

вместо q величину ныне действующего контрольного показателя удельного расхода тепла на отопление $q_{отоп}$

и решая относительно K_1 , то, очевидно, получим предельно допустимую величину коэффициента компактности объёмно-планировочного решения здания K_1^* с точки зрения ограничения потерь тепла зданием:

$$K_1^* = q_{отоп} / q_c - \xi \cdot (q_o / q_c - 1) - 1/n \cdot [1 - (q_{кр} + q_n) / q_c] \quad (5.11)$$

Таким образом, запроектированное здание в отношении расхода тепла на его отопление будет удовлетворительным, если коэффициент компактности объёмно-планировочного решения, определяемый по формуле (5.9) будет равным или меньше K_1^* , то есть когда выполняется условие:

$$K_1 \leq K_1^* \quad (5.12)$$

Очевидно, что из ряда проектов однотипных зданий и одинаковой этажности будет оптимален тот, который отличается наименьшей величиной коэффициента компактности объёмно-планировочного решения здания.

Как уже упоминали ранее, в настоящее время ко всем проектам жилых и общественных зданий и сооружений предъявляются требования, чтобы показатель их удельного расхода тепла на отопление q не превышал бы величину контрольного показателя $q_{\text{конт}}$, то есть выполнялось условие:

$$q \leq q_{\text{конт}} \quad (5.13)$$

В этой связи отметим, что выполнение условия (5.10) автоматически обеспечивает и выполнение требования (5.11). Это важно подчеркнуть в том отношении, что проверка выполнения требования (5.13) практически возможна только после завершения проектирования, тогда как проверка выполнения условия (5.12) возможна уже на начальной стадии проектирования зданий, так как уже в техническом задании на проектирование, как правило, определяются функциональное назначение здания, этажность, высота этажа и общая или полезная площадь здания.

Из выражения (5.10) также следует, что при заданном уровне теплоизоляции ограждающих конструкций здания, дальнейшее снижение потерь тепла им может быть достигнуто только за счёт коэффициента компактности объёмно-планировочного решения в результате разумного назначения отдельных величин, входящих в выражение (5.9), с учётом выводов, сделанных из анализа их влияния на потери тепла.

Формула (5.11) для контрольных типов зданий может быть существенно упрощена, если иметь в виду, что величины q_e , q_o , $q_{\text{кр}}$, q_n известны. Кроме того, как показал её анализ, последний член в этой формуле при нормативных значениях q_e , $q_{\text{кр}}$, q_o превращается в нуль или близок к нему.

Так, для зданий, перечисленных в позициях 1 и 2 таблицы 2 главы КМК 2.01.04-97, формула примет вид:

$$K_n = 0,0191q_{\text{конт}} - 1,44 \xi$$

а для общественных зданий, перечисленных в позиции 3 той же таблицы, она запишется так:

$$K_n = 0,0165q_{\text{конт}} - 1,1 \xi$$

В формулах 5.11-5.13 коэффициенты остекления принимаются по главе КМК «Естественное и искусственное освещение».

Из этих формул следует, что предельно допустимая величина коэффициента компактности объёмно-планировочного решения для одного и того же типа здания и этажности будет разной в зависимости от светового пояса района строительства, от которого зависит нормативная величина коэффициента остеклённости здания.

Основные выводы, вытекающие из результатов анализа влияния элементов объёмно-планировочного решения здания на потери им тепла:

➤ дальнейшее снижение расхода тепла на отопление здания, при нормированном уровне теплоизоляции наружных ограждений, возможно только за счёт упорядочения его объёмно-планировочного решения. При этом критерием для оцен-

ки оптимальности объёмно-планировочного решения с точки зрения расхода тепла на его отопление может служить коэффициент компактности, определяемый по формуле (5.5):

➤ из ряда однотипных зданий одинаковой этажности, удовлетворяющих условиям (5.12) и (5.13) наиболее оптимальным в отношении расхода тепла на отопление будет то, которое отличается наименьшей величиной коэффициента компактности объёмно-планировочного решения K_c ;

➤ с увеличением количества этажей, при прочих равных условиях, расход тепла на отопление снижается. В этом отношении здания массового строительства должны проектироваться с числом этажей не менее 5. С увеличением ширины здания расход тепла на отопление также снижается. С этой точки зрения предпочтительны здания шириной 12 метров и более и протяжённостью 40 метров.

Реализация этих выводов в практике проектирования и строительства жилых и общественных зданий и сооружений приведёт к существенному снижению расхода тепла на их отопление, и, следовательно, к экономии топливно-энергетических ресурсов страны.

6. Энергосберегающая архитектура [14, 46, 48, 57, 58, 59]

6.1. Основные положения энергосберегающей архитектуры

Известно, что превращение топлива в энергию, в большей или меньшей мере, негативно воздействует на окружающую среду своими выбросами в атмосферу. Интенсивное использование земель, разрушительная добыча сырья сокращает сельскохозяйственные земли, уменьшает естественную среду обитания человека. Известно, что в процессе добычи, производства, транспортировки, хранения, потребления органических энергетических ресурсов в целом теряется около 90 % энергии по сравнению с первоначальным уровнем. Это связано, в первую очередь, с большим количеством технологических переделов, которым подвергаются генерируемые виды энергии на пути к потребителю, ведущих к резкому удорожанию традиционного энергоснабжения. Поэтому архитекторам и строителям при разработке концепции развития архитектурного проектирования в XXI веке и рабочего проектирования городских структур и отдельных зданий требуется шире применять такие проектные решения, которые сохраняли бы природные ресурсы и максимально использовали возобновляемые источники энергии и в первую очередь солнечную.

К возобновляемым источникам относятся солнечная энергия, энергия ветра, гидроэнергия (рек), энергия приливов, волн, глубинных слоёв земли. В тепловом балансе страны невозобновляемые источники энергии составляют более 90 – 95%, в том числе нефть порядка 30%, газ до 40%, уголь до 20%. Всё органическое топливо (нефть, газ, уголь и т.д.) – это по существу, аккумулированная солнечная энергия, прошедшая различные стадии преобразования и дошедшая до нас через сотни миллионов лет, имеет тенденцию исчерпания и удорожания.

Мощность потока лучистой энергии, посылаемой Солнцем на Землю, поистине огромна. Так из 100% падающей на Землю энергии (в среднем на 1 м² составляет порядка 340 Вт) достигает поверхности Земли (~ 160 Вт) 47%, остальная часть энергии рассеивается в мировое пространство и обеспечивает тепловой баланс планеты.

В действительности средняя солнечная энергия, приходящаяся на 1 м^2 поверхности Земли ($\sim 160 \text{ Вт/м}^2$), для разных географических широт очень разная, зависящая также от облачности, влажности, запылённости атмосферы, высоты над уровнем моря, времени года, суток и т. п.

Вопрос в том, сколько солнечной энергии, из приходящей к поверхности Земли, человек может использовать для своих нужд, очень непростой. Солнечная энергия, используемая человеком не исчезает, а изменяется количественно с отдачей в окружающую среду теплопроводностью (другим телом с которым данная поверхность соприкасается), конвекцией (за счёт движения воздуха около этой поверхности) и излучением (каждое нагретое тело излучает теплоту). Каждое из трёх слагаемых зависит от температуры поверхности, а также разности температур поверхности и окружающей среды с возможными локальными и глобальными изменениями климата.

Сегодня исследовательские и опытно-экспериментальные работы по использованию солнечной энергии ведутся в 3-х направлениях:

- получение низко потенциальной (с низкой температурой) теплоты для горячего водоснабжения, отопления гражданских и сельскохозяйственных зданий и сооружений;
- получение средне- и высокопотенциальной теплоты для технологических процессов, обработки плавления, синтеза различных материалов (комплекс НПО «Солнце» Ташкентская обл.);
- получение электроэнергии в автономных стационарных энергетических установках (АЭС).

Каждое из этих направлений имеют свою специфику необходимости получения соответствующей потенциальной теплоты и энергии и требует значительных капитальных затрат и сегодня имеет достаточно низкие КПД, а также больших площадей для сбора, накопления солнечной энергии.

Известно, что если не предпринять каких-либо специальных мер, то поверхность, подверженная солнечному излучению, будет иметь температуру близкую к окружающей среде, поэтому для повышения температуры требуются теплообменники (коллекторы плоские, коллекторы с селективными покрытиями, теплоносителя – концентраторы солнечной энергии), аккумуляторы и др. устройства.

Сегодня здания являются сложными ходистатическими системами, а структурная и эстетическая интеграция новой солнечной технологии должна стать центральной идеей при их проектировании. Всё это требует не только модернизации систем тепло-электроснабжения, стандартов, правил и т.п., а также реформирования программ подготовки специалистов, обеспечивающих широкое использование пассивных (активных) конструкций солнечного обогрева, разработки новых систем легко встраиваемых в здание с сохранением присущих стране принципов национальной архитектуры. Идеал солнечной энергетики – не дом с отопительной системой, а дом, в котором отопительная система сегодняшнего дня не нужна вообще.

Одним из мировых лидеров по применению солнечной энергии является Израиль, Австрия и ряд других стран которые уже к 2010 году предполагает использование лучистой энергии солнца в общем производстве довести до 10%. В Израиле на каждой крыше дома стоят солнечные коллекторы по подогреву воды

Сегодня в Узбекистане действуют 1136 теплостанций с 3800 котлами, проложены тысячи километров коммуникаций, которые выбрасывают в атмосферу массу вредных продуктов сгорания и требуют всё новых капложений.

Узбекистан – солнечная республика с более 300 солнечными днями в году. Общий потенциал солнечной энергии оценивается в 95 миллиардов тонн условного топлива, а использование всего лишь 1% с 10% КПД гелиоустановок сопоставим с энергопотребностью всего Узбекистана.

О выдающихся достижениях учёных и практиков Узбекистана свидетельствует строительство гелиообъекта «Солнце» Ташкентской области.

За Паркентом в отрогах Тянь – Шаня (рис. 6.30) построен и эксплуатируется уникальный научно-производственный комплекс объединения «Физика – Солнце» по синтезу и получению новых беспримесных, сверхпрочных, высокоогнеупорных материалов для космических, электротехнических, нефтегазовых целей.

Весь комплекс состоит из 3-х основных частей: гелиостатного поля, концентратора и технологической башни.

Гелиостатное поле расположено на восьми скальных ступенях, на которых в шахматном порядке выстроены 62 зеркальных гелиостата, общей площадью 3200 м². Каждый зеркальный гелиостат 7,5×6,5 м, в их вогнутом пространстве смонтированы 214 блоков, в каждом блоке 50 зеркал (44×44 см). Технологическая башня расположена между гелиостатным полем и концентратором. В самой верхней части находится солнечная печь. Сфокусированный концентратором сгусток солнечных лучей раздувает жар – до 3 тысяч градусов по Цельсию.

6.2. Здания с использованием гелиосистем [54]

Для использования энергии Солнца при удовлетворении тепловых нужд зданий могут быть применены различные гелиосистемы: пассивные, активные и смешанные, или, другими словами, интегральные.

В пассивных гелиосистемах приемником и преобразователем солнечной энергии является само здание – его помещения и конструкции, а распределение тепла осуществляется за счёт конвекции.

В активных гелиосистемах для приёма, преобразования, перемещения, накопления и распределения энергии, получаемой от Солнца, создаются специальные инженерные устройства, коллекторы, тепловые сети, аккумуляторы и отопительные приборы. Производительность активных систем значительно выше, чем пассивных, однако стоимость также значительно выше.

В смешанных гелиосистемах используются элементы как пассивных, так и активных гелиосистем, что позволяет повысить эффективность использования солнечной энергии.

Гелиосистемы могут решать задачи энергоснабжения зданий самостоятельно или совместно с дублирующими системами, работающими на традиционных видах топлива. Как правило, на гелиосистемы возлагается задача снабжения зданий теплом, так как солнечные электрогенераторы находятся ещё в начальной стадии разработок и могут быть применены лишь в исключительных случаях.

Пассивные гелиосистемы основаны на использовании парникового эффекта в помещениях, эффекта аккумуляции тепловой энергии солнечных лучей массивными конструкциями зданий и эффекта конвекции для доставки тепла. По сути,

все дома, имеющие большие площади остекления стен, выходящих на южную сторону, обычные оранжереи и теплицы, здания с водоналивными крышами и с пофасадно-регулируемой теплопроизводительностью водяных систем отопления можно отнести к зданиям с пассивными гелиосистемами.

В настоящее время разработаны и нашли практическое применение три основных типа пассивных гелиосистем: стена-витраж, оранжерея, «стена Тромба».

Стена-витраж — это большая остеклённая поверхность стен помещений зданий, выходящая на юг (рис.6.1, а). В результате прямого облучения пространства за остеклением воздух помещений и их внутренние поверхности нагреваются. Длинноволновое отражённое излучение стекла витража не пропускают (парниковый эффект), в результате чего воздух получает дополнительное тепло, температура в помещении повышается. В ночное время температура в помещении поддерживается за счёт тепла, излучаемого прогретыми внутренними поверхностями помещений, конструкции которых выполнены из теплоёмких, аккумулирующих тепло материалов.

Количество тепла, поступающего в помещение, во многом зависит от ориентации витража, его размеров, вида остекления и затеняющих устройств.

Оптимальной следует считать ориентацию, позволяющую обеспечить наибольшую плотность потока солнечных лучей, падающих на поверхность витража. Обычно считается, что это южная ориентация. Однако исследования, проведённые в ТашЗНИИЭПе, показали, что максимум достигается при ориентации со сдвижкой на угол $5...8^\circ$ к западу. В это время поток солнечных лучей бывает наиболее эффективным.

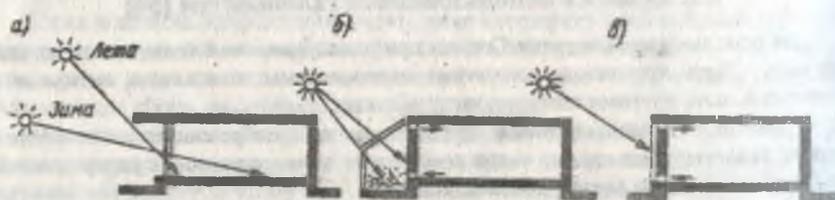


Рис.6.1 Пассивные системы гелиоснабжения:
а - стена-витраж, б - оранжерея; в - "стена Тромба"

Площадь остекления витража определяют так, чтобы теплопотери помещений, находящиеся за остеклением, были меньше тепlopоступлений за время активного солнечного облучения этих помещений.

Такой баланс бывает положительным для витража с двойным остеклением при температуре наружного воздуха выше $3...5^\circ\text{C}$. Если температура наружного воздуха будет ниже, то потери тепла через остекленную поверхность в течение суток будет больше, чем количество тепла, полученного помещением, за время его облучения прямыми солнечными лучами.

Такой предел нижней границы допустимой температуры наружного воздуха делает стену-витраж неприемлемой для районов с резкоконтинентальным климатом, таким, как, например, в Средней Азии. По данным О. И. Азимова и Р. Р. Авезова, температура воздуха ниже 5°C сохраняется: в Ташкенте — 79% времени в течение холодного месяца; Самарканде — около 80%; Термезе — 73%; Нукусе — 92%.

Таким образом, ни в одном из этих городов система «стена-витраж» не может обеспечить достаточно эффективное отопление помещений.

Мерой, препятствующей охлаждению помещений, может быть увеличение количества слоёв остекления. Остекление может быть выполнено из различных видов стекла: прозрачного, поглощающего тепло, препятствующего его проникновению, или фотохроматического – и установлено в один или несколько слоёв.

Затеняющие устройства необходимы, чтобы защитить помещения от перегрева прямыми солнечными лучами в наиболее жаркий период года. В тех случаях, когда перегревный период короткий и совпадает по времени с наибольшей высотой солнцестояния, остеклённая поверхность может быть защищена козырьком с небольшим выносом. При длительном периоде перегрева, что свойственно большей территории Средней Азии (3...4мес), снять прямую солнечную радиацию при помощи козырька затруднительно. В этом случае между двумя слоями остекления лучше установить регулируемые жалюзи.

Тепловое действие стены-витража регулировать трудно. Резкие перепады температуры в помещениях за витражом, связанные с изменениями внешней температуры в течение суток, отрицательно сказываются на состоянии человека. Зависимость от погоды и времени суток, ненадёжность ночного обогрева, низкая аккумулирующая способность и общая низкая эффективность (по некоторым подсчётам она может составить примерно 17%) делают стены-витражи, несмотря на простоту устройства и относительно небольшую стоимость, ограниченно пригодными для применения. Наиболее целесообразно использование стен-витражей в районах с большим количеством солнечных дней и сравнительно тёплыми ночами.

«Оранжерея» (рис. 6.1, б), как и стены-витражи, являются простейшим типом пассивной системы солнечного энергоснабжения. В системе «оранжерея» для обогрева помещений используется тёплый воздух, нагретый в результате воздействия солнечных лучей, проникающих через остеклённые стены и покрытия специальных вспомогательных остеклённых помещений – оранжерей. Как и в системе «стена – витраж», в системе «оранжерея» для нагрева воздуха используют парниковый эффект. Отличие состоит в том, что солнце нагревает не сами помещения, а оранжерею, из которой воздух за счёт конвекции, через специальные отверстия в стене, разделяющей оранжерею и помещения, подлежащие обогреву, перетекает в это помещение и обогревает его. Дополнительное количество тепла помещение получает за счёт тепла, аккумулированного стеной, разделяющей оранжерею и отапливаемое помещение. Важно, что это тепло помещение получает не в период непосредственного солнечного облучения оранжереи, а несколько позже, что позволяет продлить эффект действия системы отопления, смягчить температурные перепады. Кроме эффекта подогрева оранжерея обеспечивает защиту отапливаемого помещения от теплопотерь, прикрывая его наружную стену от непосредственного контакта с внешним пространством. Экономический эффект системы «оранжерея», учитывая различные формы обеспечения помещения теплом, выше, чем у стены-витража.

На рис. 6.2...6.4 представлены примеры решений зданий с использованием пассивных геосистем.

Солнечный дом типа «оранжерея» в Санта - Фе (США) (арх. Балкомба) имеет двухэтажную оранжерею, ориентированную на юг, которая объединяет все жилые

помещения дома (см. рис. 6.2). Пространство оранжереи аккумулирует дневное тепло. Для сохранения тепла в ночное и холодное время и для защиты от перегрева в жаркие летние дни витраж оранжереи имеет трансформирующие жалюзи. Для защиты от прямой солнечной радиации остекления с жалюзи дополнительно применён козырёк с небольшим выносом.

Наружные стены помещений, ориентированные на другие стороны горизонта, имеют минимальное количество проёмов для уменьшения теплопотерь.

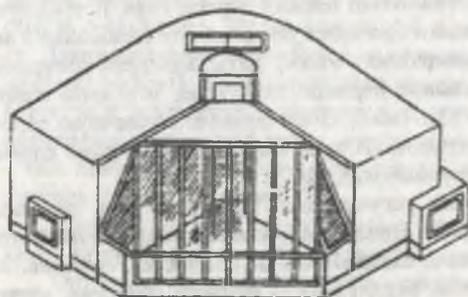


Рис.6.2 Солнечный дом типа "оранжерея" в г. Санта-Фе (США), арх. Балкомб (аксонометрия)

Солнечный дом типа «стена-витраж» в Санта - Фе (шт. Нью - Мехико, США) (арх. Р. Райт) имеет форму полуцилиндра, что способствует уменьшению теплопотерь в результате воздействия северных холодных ветров (см. рис. 6.3). Южный фасад весь остеклён. Выходящие на него общая комната и зелёная комната-прихожая имеют высоту два этажа. В общей комнате на уровне второго этажа размещена галерея, на которую выходят две спальни.

Таким образом, спальни выходят практически на витраж и конвективные токи нагретого у витража воздуха омывают все жилые помещения.

От высокого летнего солнца витраж защищён горизонтальным козырьком. Дополнительную защиту от солнца в летний период и от теплопотерь зимой обеспечивают складные шторы. Такое решение обеспечивает экономию энергии от 17% до 25%.

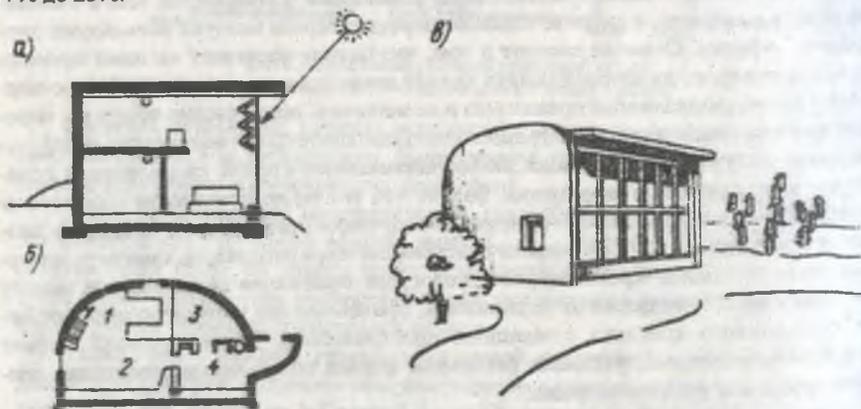


Рис. 6.3 Солнечный дом типа "стена витраж" в г. Санта-Фе (США), арх. Райт: а - разрез; б - план; в - общий вид; 1 - кухня; 2 - общая комната; 3 - рабочая комната; 4 - спальня

«Стена Тромба» (см. рис. 6.1, в), предложенная проф. Тромбом, директором Национального центра научных исследований в Одейо (Франция), использует, как и первые две системы парниковый эффект, возникающий при нагревании солнечными лучами массивной наружной стены здания. Стена зачерчена по всей площади остекления. Стекло расположено на расстоянии 15...20 см от стены. Воздух, находящийся в пространстве, образованном стеной и стеклом, прогревается лучами солнца, поднимается вверх и через отверстия, проделанные в стене, попадает в прилегающее помещение и обогревает его. Остывший в помещении воздух опускается вниз и через отверстия, в нижней части стены нагреваясь, поднимается вверх и попадает в обогреваемое помещение. Такая циркуляция нагретого и охлажденного воздуха, обеспечивающая отопление помещения, происходит в дневное время. Ночью обогрев достигается теплом, излучаемым массивной, теплоёмкой стеной – аккумулятором тепла. Практическая стена служит и приемником солнечной энергии, и её аккумулятором, и прибором отопления.

Солнечный дом с гелиосистемой типа «стена Тромба» (арх. Д. Кальбе) в Принстоне (шт. Нью-Джерси, США) построен на широте 40° , соответствующей нашей Средней Азии (см. рис. 6.4).

Четырёхкомнатный жилой дом имеет прямоугольную форму в плане, вытянутую с востока на запад. Жилые помещения в двух уровнях расположены в один ряд вдоль массивной, толщиной 60 см, «стены Тромба», выходящей на юг. Стена прерывается светопроёмами жилых комнат. На первом этаже размещены в ряд большая гостиная и кухня с санузлом, на втором этаже к этой стене примыкают три спальни. Дополнительным источником отопления гостиной служит примыкающая к ней оранжерея. Экономия энергии достигает 55%.

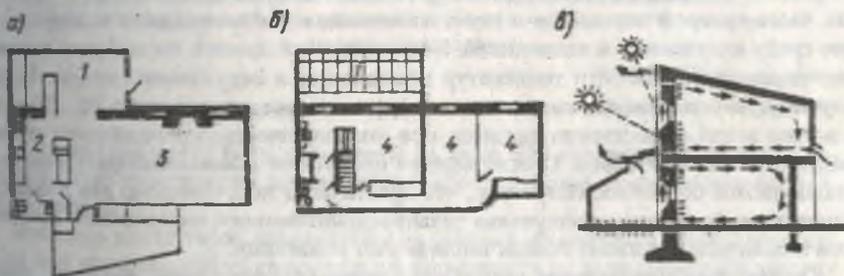


Рис. 6.4 Солнечный дом типа «стена Тромба» в г. Принстоне (США):
 а - план первого уровня; б - план второго уровня; в - разрез;
 1 - оранжерея; 2 - кухня; 3 - общая комната; 4 - спальни.

Активные гелиосистемы для улавливания и преобразования солнечной энергии используют специальные приборы. Преобразование солнечной энергии в электрическую осуществляется при помощи специальных солнечных батарей и других фотоэлектрических приборов. Превращение солнечной энергии в тепловую производится с помощью специальных устройств – коллекторов, а распределение тепла по помещениям – с помощью газообразного (воздух) или жидкого (вода, масло, антифриз) теплоносителя. В зависимости от вида коллекторов система теплоснабжения может быть низко-высокотемпературной. При низкотемпературной системе в плоских коллекторах используется тот же парниковый эф-

фект, что и в пассивных гелиосистемах. Такие активные гелиосистемы нашли наиболее широкое применение. При высокотемпературных применяются фокусирующие коллекторы или специальное оборудование типа теплового насоса и обычные системы охлаждения и отопления. Оборудование высокотемпературных гелиосистем дорого и сложно в эксплуатации.

При помощи активных гелиосистем могут быть организованы отопление, охлаждение и горячее водоснабжение зданий.

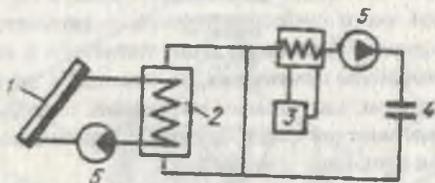


Рис.6.5 Солнечная активная отопительная система (схема)

Солнечная активная отопительная система (рис. 6.5) включает пять основных компонентов: приемники и преобразователи солнечной энергии в тепловую – коллекторы (1); аккумуляторы тепла (2); дополнительный нагреватель (3); распределительную сеть, включающую и приборы отопления (4); регулирующую аппаратуру (5).

Первый тип – гелиосистемы с плоскими коллекторами (рис. 6.6). Работа плоского коллектора основана на способности материалов поглощать, преобразовывать и аккумулировать солнечную энергию. В зависимости от вида материала и состояния его поверхности его поглощающая способность может достигать 0,80...0,98 от энергии падающего светового потока (оставшаяся часть излучения материалом отражается). Поглощённая солнечная энергия превращается в тепловую, часть которой передаётся в глубь материала, а часть отводится в окружающую среду излучением и конвекцией. Количество отводимого тепла будет прямо пропорционально разности температур поверхности и окружающей среды. Если облучающую поверхность закрыть стеклом, оставив воздушный зазор 20...30 мм, то потери тепла существенно снизятся, при этом количество поглощённого тепла уменьшится незначительно. Стекло хорошо пропускает высокотемпературное коротковолновое солнечное излучение, что практически непроницаемо для длинноволнового инфракрасного излучения тепловоспринимающей поверхности. Вместе с тем стекло резко снижает потери тепла за счёт конвекции.

Организовав циркуляцию какого-либо теплоносителя (воды, воздуха), контактирующего с тепловоспринимающим материалом, можно нагреть этот теплоноситель и с его помощью полученное тепло по трубопроводам доставить в помещения, которые необходимо отапливать.

В качестве тепловоспринимающего элемента могут быть использованы металлические пластины с трубами или просто трубы, окрашенные в чёрный цвет и помещённые в термоизолированную панель. Обращённую к солнцу сторону панели закрывают стеклом или каким-либо светопрозрачным материалом. По трубам пропускают теплоноситель.

Существуют предложения по специальным покрытиям для теплоприёмных поверхностей, увеличивающим долю поглощаемых ими солнечных лучей и препятствующих теплопотерям.

Эффективность работы коллекторов определяется местом их установки, площадью, оптимальной ориентацией и наклоном, незатеняемостью, обеспечивающими максимальное улавливание солнечной энергии.

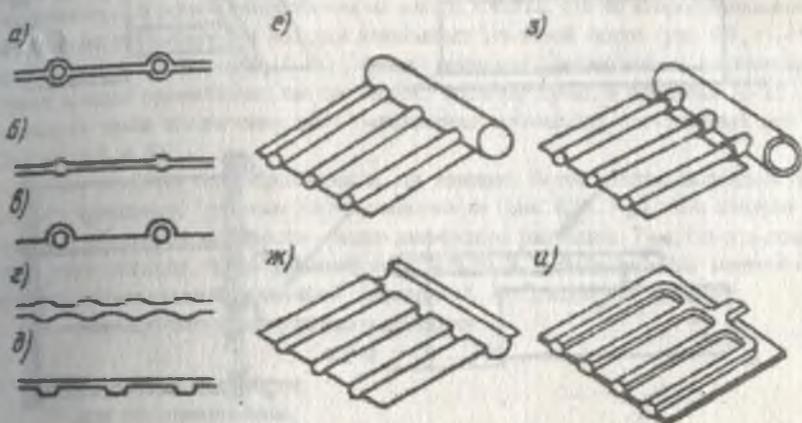


Рис.6.6 Плоские теплоприемники для нагрева воды:

- а - трубки в штампованной оболочке; б - двойной ребристый лист;
- в - ребристый лист, обтекающий трубки; г - два волнистых листа;
- д -штампованный и плоские листы; е - трубки, припаянные к коллектору;
- ж - нижний штампованный (верхний - плоский) лист; з - коллектор из бутилкаучука;
- и - завальцованная панель.

Коллекторы могут быть размещены на доме или отдельно от дома или являться частью конструкции здания (стены, кровли, экрана, солнцезащитных устройств) (рис. 6.7).

Площадь коллекторов определяется из условий обеспечения работы гелиосистемы или минимальной её стоимости и в зависимости от доли солнечной энергии в удовлетворении теплопотребности здания.

Оптимальное соотношение доли солнечной энергии в тепле, потребляемом зданием по исследованиям А. А. Сеидова, составляет (40...70%) солнечной энергии в теплопотребности здания соответствует коэффициент гелиообеспеченности $K_{гн}=0,5...0,65$ (коэффициент гелиообеспеченности – отношение площади гелиоприемника к отапливаемой площади здания). Это значение коэффициента относится к малоэтажным зданиям. Для четырёхэтажных зданий $K_{гн} = 0,38...0,5$, для девятиэтажных – $K_{гн}=0,38...0,46$.

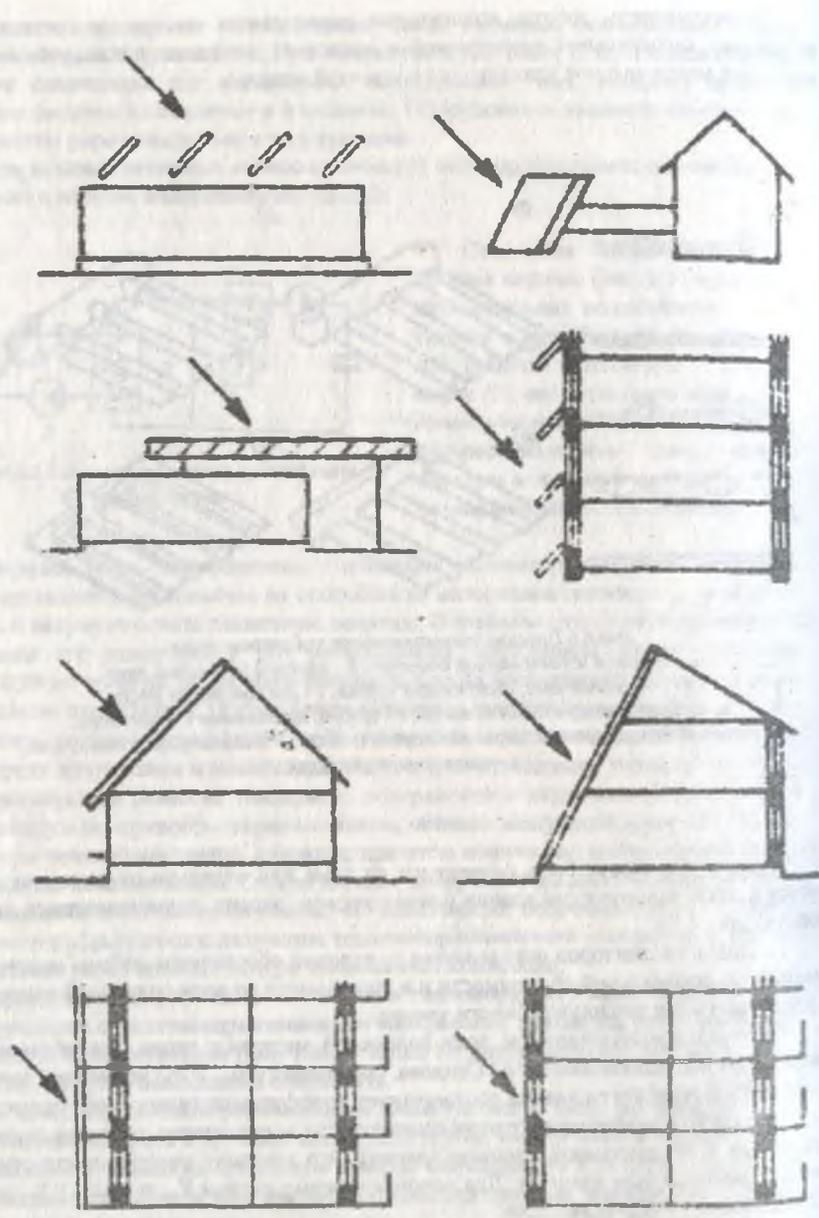


Рис.6.7 Возможные схемы размещения гелиоколлекторов в системе здания

Оптимальная ориентация рабочей поверхности гелиоприемников различными исследователями рекомендуется разной (рис. 6.8). При общем южном направлении одни (В. А. Акопджанян) рекомендуют ориентировать не строго на юг, а с отклонением на запад до 15° , что, по их мнению, способствует получению наибольшего суммарного дневного теплопоступления от солнца (рис. 6.8, в). Другие (в частности, рекомендации ТашЗНИИЭПа – для Средней Азии) рекомендуют отклонение от южного направления на восток, считая, что во второй половине дня увеличение запылённости воздуха уменьшает тепловой поток (рис. 6.8, г). Наконец, третьи (С. В. Зоколей, А. А. Сеидов) допускают возможность отклонения от строго южной ориентации, как на восток, так и на запад, в пределах до $15...30^\circ$, поскольку такое отклонение даёт уменьшение суммарных поступлений всего на 2% (рис. 6.8, а, б).

Угол наклона гелиоприемников, по мнению большинства исследователей, следует принимать равным широте местности (рис. 6.9). При этом следует учитывать особенности местности – долю диффузной радиации. Там, где эта доля велика, угол наклона гелиоприемников может быть уменьшен. Для местностей с преобладанием прямой солнечной радиации. А. А. Сеидов рекомендует:

для систем круглосуточного действия:

$$\alpha = \varphi + 10...15\%,$$

где φ - широта местности;

для гелиоотопления:

$$\alpha = 90^\circ - h_\lambda,$$

где h_λ - высота солнца в полдень 15 января;

для гелиосистем, действующих только в тёплое время:

$$\alpha = \varphi.$$

Для малозэтажной застройки рекомендуется вертикальное размещение гелиоприемников на южном фасаде дома. В этом случае гелиоприемники меньше пылятся, не задерживают снег.

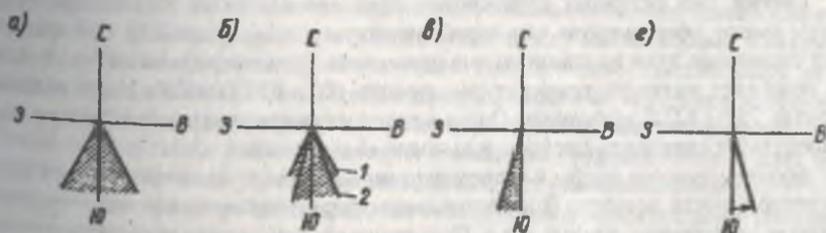


Рис. 6.8 Оптимальная ориентация рабочей поверхности гелиоприемников:
 а - по Зоколею; б - по А.А.Сеидову; 1 - годовая; 2 - в теплое время;
 в - по В.А.Акопджаняну; г - по рекомендациям ТашЗНИИЭП.

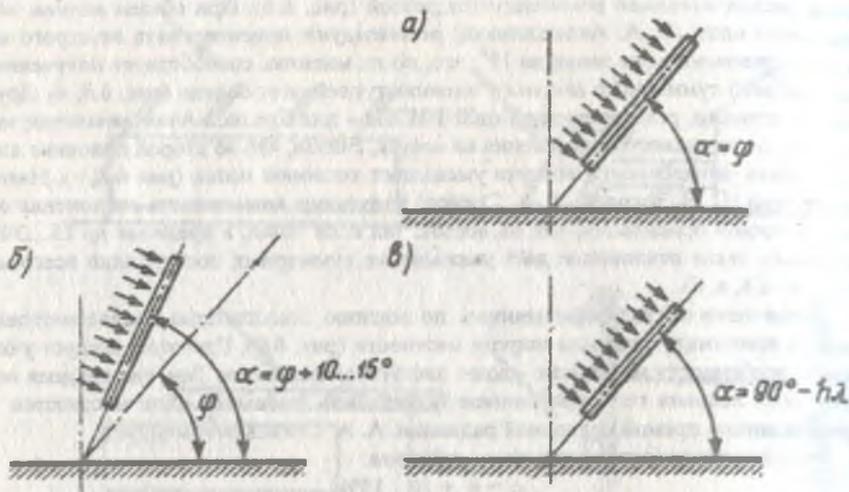


Рис.6.9 Оптимальные углы наклона гелиоколлекторов:
 а - для теплого периода; б - круглогодично; в - для отопления.

Обеспечение коллекторов от затенения может быть рассчитано по существующим методикам. Практически рекомендации удаления коллекторов от затеняющих предметов: на 2Н – в южных районах; на 2, 4Н – на широте 40° и 3Н – на широте 45° , Н – высота затеняющего предмета от уровня коллектора.

Второй тип активных гелиосистем отличается тем, что для повышения эффективности работы коллекторов устанавливаются отражатели (гелиостаты) (рис. 6.10). Отражённые от них солнечные лучи направляют на коллекторы, что увеличивает поток солнечной энергии, принимаемой и преобразуемой ими.

Использование отражателей позволяет уменьшить в 2...4 раза площадь коллекторов.

Третий тип активных гелиосистем наиболее сложный. Коллекторы таких систем имеют сферическую или параболическую форму (рис.6.11). Они фокусируют солнечные лучи на специальные приемники. Концентрация солнечной энергии позволяет получать температуры порядка $400...650^{\circ}\text{C}$ и более при высоком (порядка 75%) КПД установок. Однако распространению установок такого типа препятствуют сложность системы и высокая её стоимость.

Аккумуляция тепла в гелиоустановках активного типа основано на явлении теплоёмкости веществ. В качестве аккумулирующей среды используются вода, масло, антифризы, воздух и т.д. При использовании в качестве аккумулирующей среды гальки или гравия объём аккумулятора будет примерно в 2 раза больше, чем при использовании воды.

Материал и конструкция аккумулятора зависят от используемого теплоносителя. На рис. 6.11 показаны возможные системы аккумуляции тепла. При газообразном теплоносителе аккумулятором обычно служат твёрдые материалы –

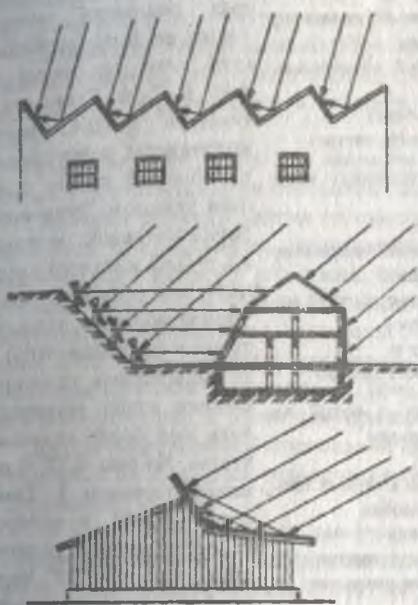


Рис 6.10 Повышение эффективности гелиосистем с увеличением площади отражателей.

гравий, галька, скальный монолит и т.д. При жидком теплоносителе аккумулятор устраивают в виде ёмкости, заполненной используемой в качестве теплоносителя жидкостью.

Дополнительный нагреватель – гелиосистема, рассчитанная на эффективную работу в любой день года, была бы с очень большим запасом мощности и неэкономичной. С экономической точки зрения выгоднее выбрать коллекторы меньшей площади, а в пиковые дни использовать дополнительный нагреватель – калорифер, котёл или электрический нагреватель.

Дополнительный нагреватель необходим также в тех случаях, когда гелиосистема должна обеспечивать горячее водоснабжение, так как для хозяйственных нужд вода должна иметь температуру 60...65°C.

Теплоноситель в гелиосистеме определяет её параметры и конструкцию. Выбор теплоносителя зависит от уровня обеспечиваемой комфортности, типа здания, вида дублирующей традиционной системы, климата, наличия средств, требований надёжности.

Газообразный теплоноситель может применяться лишь при ограниченных эксплуатационных задачах, когда необходимо только отопление здания или когда здание имеет небольшие размеры и расстояния между коллекторами и аккумуляторами невелики. Во всех других случаях предпочтение должно быть отдано жидким теплоносителям. Они обеспечивают и отопление, и горячее водоснабжение, их трубопроводы требуют мало места и дешевле воздухопроводов, в них меньше потери тепла. Работа отопления с жидкими теплоносителями даёт более комфортные условия внутри помещений, исключает сквозняки, дутьё.

Возможны три варианта использования теплосистем с жидкостными теплоносителями: автономные, обслуживающие каждое здание в отдельности; местно-центральные с централизованными тепловыми пунктами и коллекторами, расположенными на зданиях, и центральные, когда и коллекторы и тепловые пункты вынесены за пределы жилой застройки.

Выбор того или иного варианта определяется конкретными условиями. Активная гелиосистема позволяет снабжать теплом любое помещение, где бы оно ни находилось. Поэтому в планировочных решениях зданий применение их

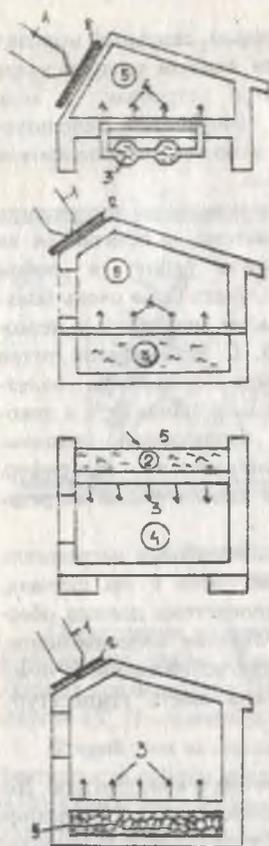


Рис. 6.11

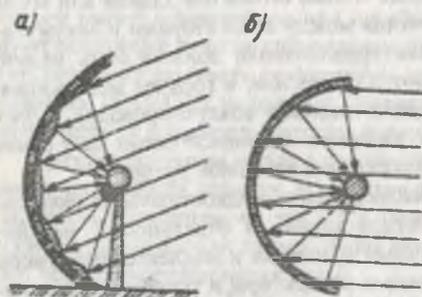


Рис. 6.12 Гелиосистемы со сферическими (а) и параболическими (б) коллекторами.

1. Система теплового аккумулятора
- 1 - радиация
- 2 - солнечный коллектор водяного типа
- 3 - подземный изолированный
- 4 - теплопередача
- 5 - жилое пространство

2. Система теплового аккумулятора
- 1 - радиация
- 2 - солнечный коллектор водяного типа
- 3 - резервуар с горячей водой под полом
- 4 - теплоотдача
- 5 - жилое пространство

3. Резервуар с водой на плоскости крыши
- 1 - радиация
- 2 - слой воды в черных пластиковых жалобах
- 3 - теплоотдача
- 4 - жилое пространство
- 5 - подвижное покрытие

4. Резервуар с каменным наполнителем под полом
- 1 - радиация
- 2 - солнечный коллектор
- 3 - жилое пространство
- 4 - теплоотдача
- 5 - каменный наполнитель в изолированном пространстве

никаких особенностей не вызывает. В конструктивных решениях вначале также не было особенностей, как это видно на рис. 6.12, а. Гелиодом в Болдери (США) имеет коллекторы, размещённые на обычной крыше с малым уклоном. Этим определилось малое значение $K_m = 0,42$ и низкий удельный вес гелиосистемы в удовлетворении теплопотребности здания (40%). В дальнейшем гелиоприёмники стали устанавливаться под более отвесным углом. На рис. 6.12, б показан гелиодом 3. Томасона (США), в котором гелиоприёмники установлены под углом 60° . Часть объёма дома, размещённая перед гелиоприёмником, имеет плоскую крышу, на которой установлены отражатели, повышающие эффективность работы коллекторов. Чтобы обеспечить необходимую площадь коллекторов и соответствующий

уклон, чердак принят большой высоты. Коэффициент гелиобеспечения здания $K_m = 0,6$, что определяет удельный вес гелиосистемы в обеспечении здания за счёт солнечной энергии около 75%.

Эффективно включение коллекторов в качестве вертикальных ограждающих конструкций и элементов крыш. Это позволяет снизить стоимость гелиосистемы на 30%.

Совмещение плоскостей коллекторов с ограждающими конструкциями способствует своеобразию архитектуры зданий с гелиосистемами.

Смешанные гелиосистемы. При проектировании зданий с использованием солнечной энергии могут быть использованы преимущества обеих рассмотренных ранее систем: эффективность и гибкость активной и надёжность и простота пассивной.

При этом может быть два варианта решений – с преобладанием активной системы и с преобладанием пассивной системы.

Примером решения здания со смешанной гелиосистемой может быть двухквартирный дом (Франция), представленный на рис. 6.13. Общие комнаты квартиры, имеющие высоту в два этажа, по фронту южного фасада имеют витражи. Остеклена также часть кровли. Большая площадь витража обеспечивает поступление большого количества солнечной энергии для отопления общих комнат и спален, которые выходят на общие комнаты. В средней части здания установлены коллекторы активной гелиосистемы, предназначенной для снабжения здания теплом в пасмурные дни, а также для горячего водоснабжения.

Другим направлением гелиозданий являются применение стен особенно многоэтажных, с воздушными гелиоколлекторами (стены Тромба), разработанных В. А. Туруловым [48].

Эти стены сочетают в себе два функциональных назначения: наружной стены и коллектора солнечной энергии, их конструктивные решения характеризуются обязательным присутствием в структуре слоёв светопрозрачного покрытия, поглощающего элемента, замкнутых воздушных прослоек, теплоёмкого канала и теплоизоляции. Конструктивные решения стен с воздушными гелиоколлекторами приведены на рис. 6.15.

6.3. Гелиозастройка

Эффект использования солнечной энергии может быть существенно повышен при использовании не отдельных зданий с гелиосистемами, а системы застройки из гелиодомов.

Формирование застройки с учётом использования солнечной энергии, как показали проведённые проектные проработки ТашЗНИИЭП, структурно-целостный, развиваемый в трёх измерениях. Для городов и посёлков городского типа предложена плотная малоэтажная (от одного до четырёх этажей) застройка с многоквартирными дворами, которые на зимнее время прикрывают двойным остеклением.

Используемые в такой застройке здания должны иметь компактную прямоугольную планировку. Объёмная их часть может иметь Г-, П- и О-образную форму высотой от одного до четырёх этажей, размещённую вокруг внутреннего двора.

Оконные проёмы должны быть ориентированы только на внутренний дворик так, чтобы блокировка была возможна по всем четырём сторонам дома с двориком при расположении его внутри застройки и по трём – при расположении на краю массива застройки.

Внутренние дворники, трактуемые как пассивные гелиоустройства при соответствующем их остеклении и устройстве теплоёмких конструкций обрамляющих стен, позволяют уменьшить теплотепери дома-квартиры на 50...65%.

Дополнительное применение активной гелиосистемы может сэкономить ещё 30...35%. Недостающие для отопления 10...15% тепла могут быть получены за счёт использования электроэнергии.

На рис. 6.16 показан фрагмент застройки такой застройки для равнинных условий Средней Азии (авторы арх. А. Ш. Шамузафарова и З. Н. Чеботарёва, инж. Д. Я. Коган).

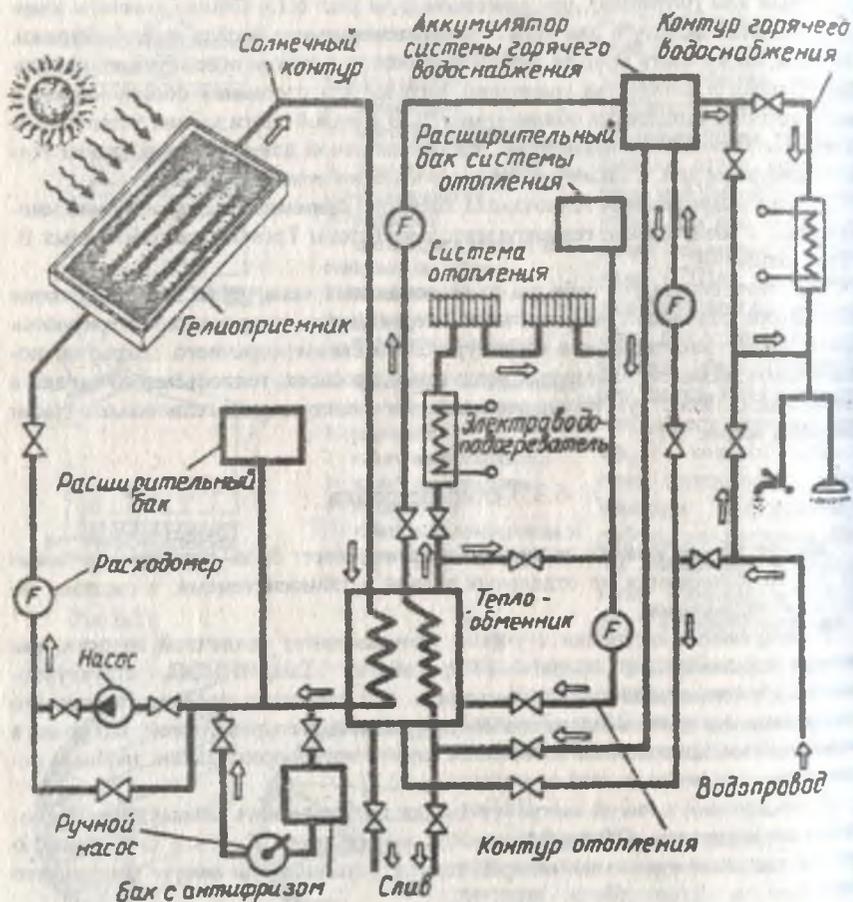


Рис.6.13 Схема гелиодома в селении Верхний Гувиб (Дагестан)

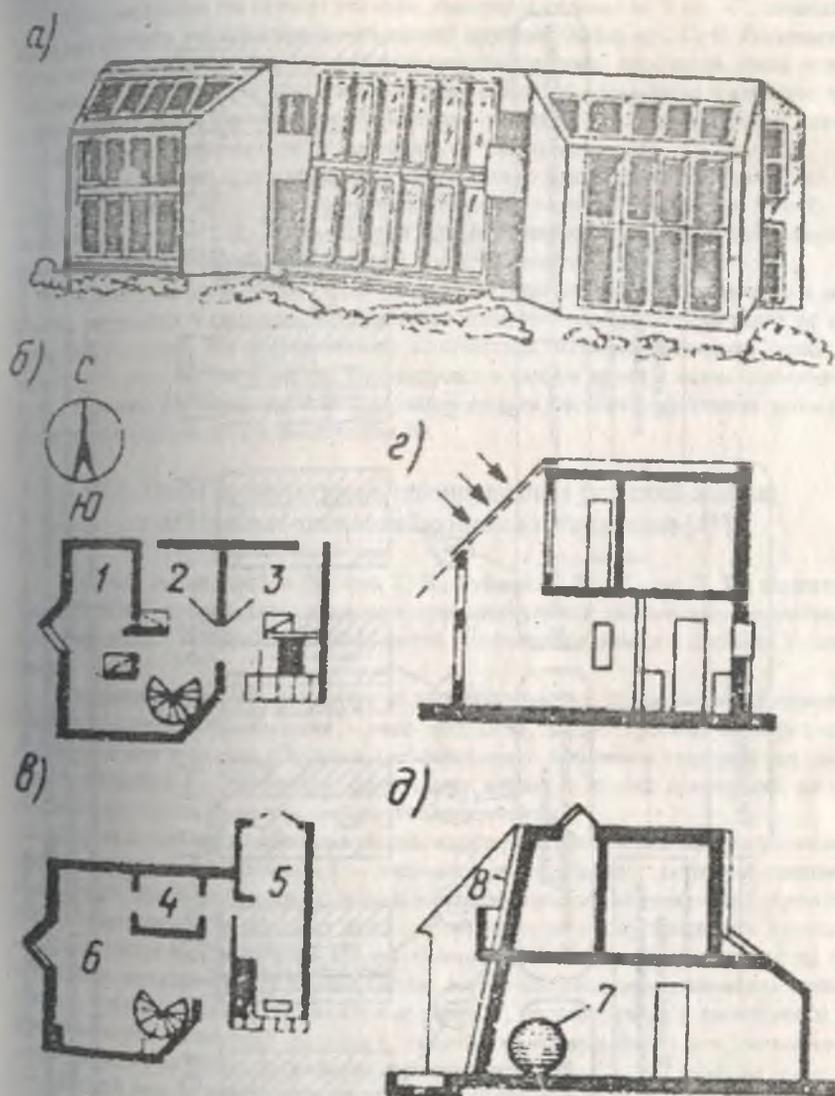


Рис. 6.14. Двухквартирный дом со смешанной гелиосистемой (Франция):
 а - общий вид; б - план второго уровня блок квартиры; 1...3 - спальни;
 в - план первого уровня блок-квартиры; 4 - кухня; 5 - гараж;
 6 - общая комната; г - разрез по общей комнате; д - разрез по гаражу:
 7 - аккумулятор; 8 - гелиоприемник.

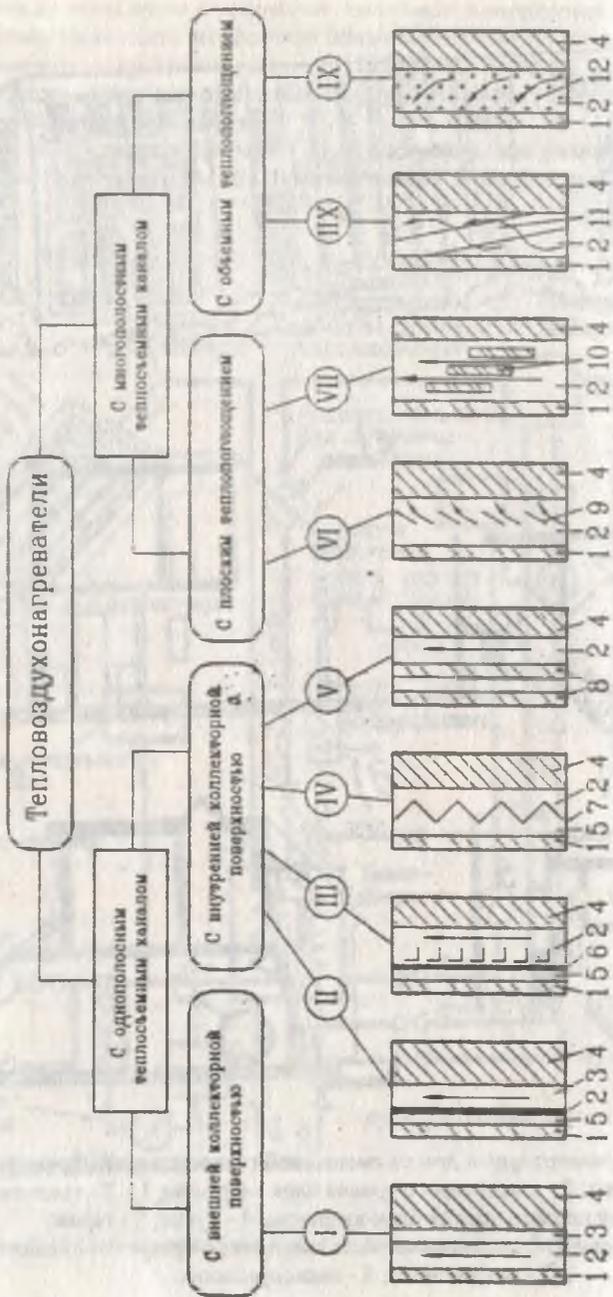


Рис. 6.15. Классификация конструкций воздушных теплоколлекторов: 1 – светопрозрачное покрытие; 2 – теплосъемный канал; 3 – поглощающая пластина; 4 – теплоизоляция; 5 – замкнутая воздушная прослойка; 6 – пластина с турбулизаторами; 7 – гофрированная пластина; 8 – теплооплет с поглощающим слоем; 9 – жалюзийная решетка; 10 – поглощающая решетка; 11 – проволочная матрица; 12 – мелкодисперсный теплоноситель (по данным В. А. Урулова).

При застройке на горном рельефе, имеющем склоны от 5 до 30°, позволяющим достигнуть незатенение одних зданий другими (автор арх. С. В. Пономарёв). Для отопления используется смешанная гелиосистема: пассивная, типа «стена Тромба», и активная. Крыши нижележащих зданий используются в качестве двориков вышерасположенных зданий. Следует отметить, что сложная форма зданий увеличивает их теплопотери по сравнению с типовыми.

Использование солнечной энергии не только для отдельных зданий, но и в целом, в системе застройки, позволяет повысить эффект гелиосистем за счёт использования всего светового времени для облучения коллекторов размещением зданий, ориентированных по всей дуге солнечного пути.

Однако при этом потребуется распределительная сеть теплопроводов в масштабе застройки и система регулирования подачи и распределения тепла от зданий, получающих его в наибольших количествах по мере движения Солнца по небосводу, остальным зданиям, находящимся в данное время в менее благоприятных условиях. По некоторым исследованиям такая система эффективна лишь при количестве зданий, не превышающем 20.

6.4. Опыт архитектурно-планировочных решений жилищ с солнечным теплоснабжением в Узбекистане [61]

Группой специалистов (Исаева Т. А., Бубнов А. В., Коган Д. Я.) института ТашЗНИИЭП разработаны варианты принципиальных объёмно-планировочных решений жилых гелиодомов и общежитий для регионов оазиса и пустынь Узбекистана.

Гелиодома для районов оазисов характеризуются применением пассивной системы гелиотеплоснабжения в виде витражей, стены Тромба, пристроенной оранжереи или теплицы. Общими требованиями к зданиям в этих районах являются: открытый вид застройки, ориентации жилых и летних помещений на юг, сокращение теплопотерь и устройство солнцезащиты.

Для гелиодомов в районах пустынь характерно применение пассивной гелиосистемы или комбинированной – пассивной в сочетании с активной системой солнечного теплоснабжения (с использованием плоских коллекторов). Архитектурно-планировочные решения этих зданий должны предусматривать компактный вид застройки, широкий корпус здания, необходимые мероприятия по сокращению теплопотерь (утепление стен; выбор соответствующих видов окон и дверей; ставни на окнах; специальные жалюзи, регулируемые в зависимости от интенсивности солнечной радиации; устройство нащельников для уменьшения инфильтрации воздуха), устройство солнцезащиты.

Жилой дом для условий оазисов предусматривает солнечное воздушное отопление и горячее водоснабжение (рис. 6.17). Это решение включает ряд методов, направленных на сокращение энергетических затрат при эксплуатации жилого дома.

В другом типе здания – общежитии (запроектированном также для условий оазисов) заложен принцип совмещения двух приёмов: использование эффекта стен – витражей и оранжерей (с перфорированной стеной) (рис. 6.18). В этих зданиях более 80% жилых помещений ориентировано на ЮГ, остальные – на ЮЗ и

ЮВ. Данный приём позволяет в общежитиях в летний, весенний и осенний периоды использовать солнечную энергию для горячего водоснабжения, а в зимний — для отопления и горячего водоснабжения.

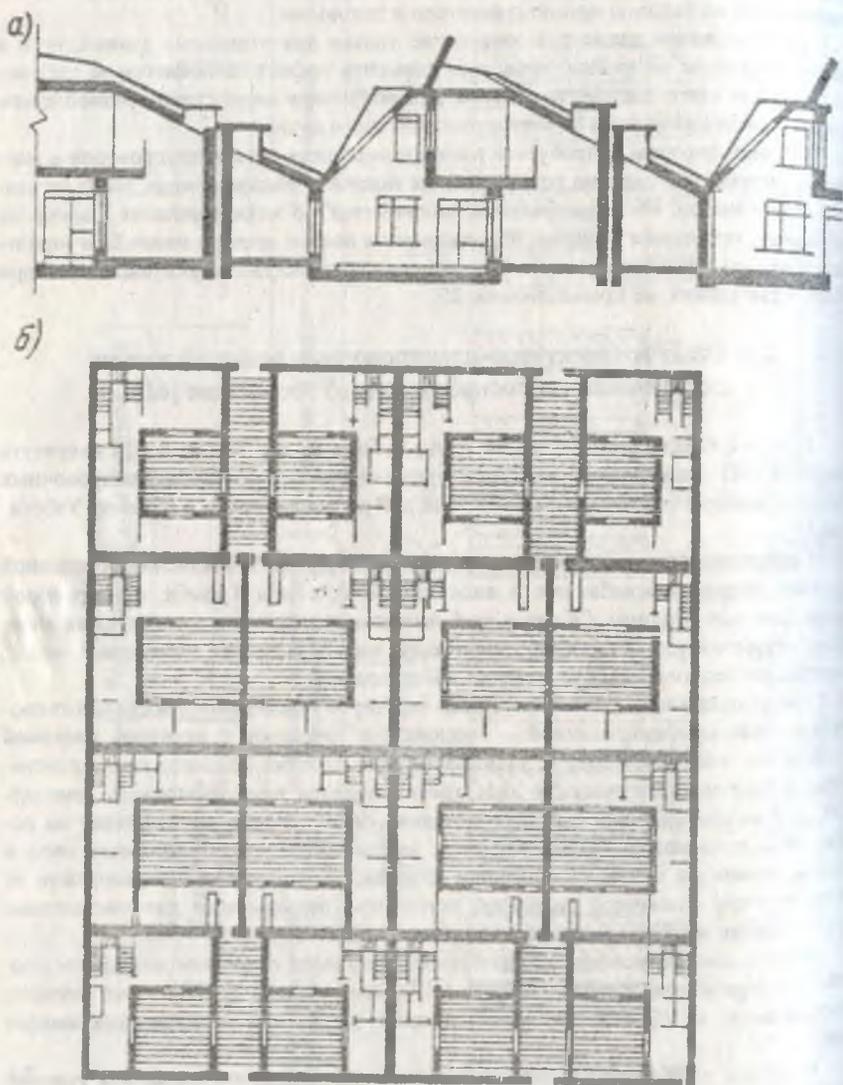


Рис.б.16 Фрагмент плотной малоэтажной застройки с гелиосистемами для условий городов Средней Азии:
а - разрез; б - план.

Для региона пустынь разработаны проектные предложения 2-3-этажных общежитий (рис. 6.19.) с компактным планом, широким корпусом. Солнечные коллекторы системы горячего водоснабжения размещаются под окнами на южной стороне здания. Общежитие решено с внутренним двориком. Принятая планировка обеспечивает организацию внутреннего дворового пространства, характерную для районов пустынь с повышенным ветровым режимом, и обеспечивает сокращение потерь тепла наружными стенами здания.

Внутренний дворик снабжён трансформируемым перекрытием, которое состоит из отдельных светопрозрачных плоскостей из стекла или пластика.

В зимний период такое перекрытие и соответствующая организация двора позволяет снизить теплопотери, так как температура воздуха во внутреннем дворике всегда будет выше температуры наружного воздуха.

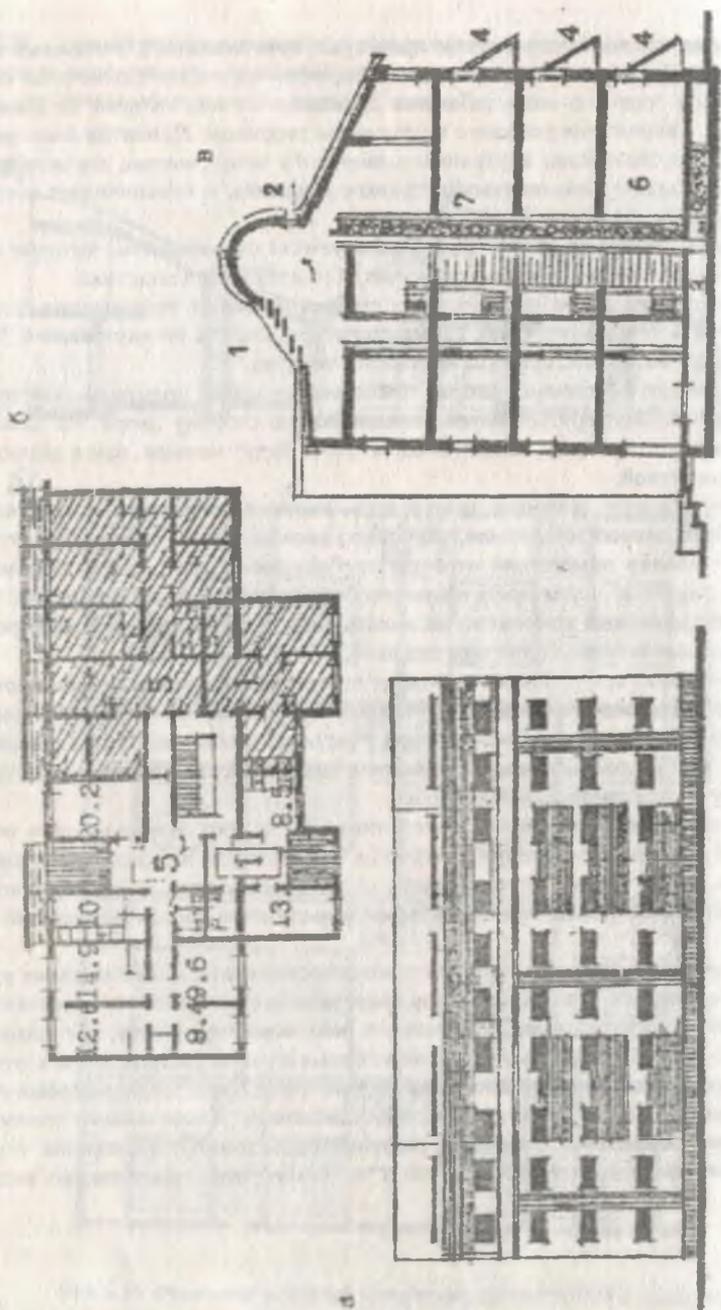
В случае, когда внутренний дворик представляет собой полузамкнутое пространство, тепло будет теряться через незащищённую сторону двора. Но даже в этом случае теплопотери стен, обращённые во двор, будут меньше, чем в здании с открытой планировкой.

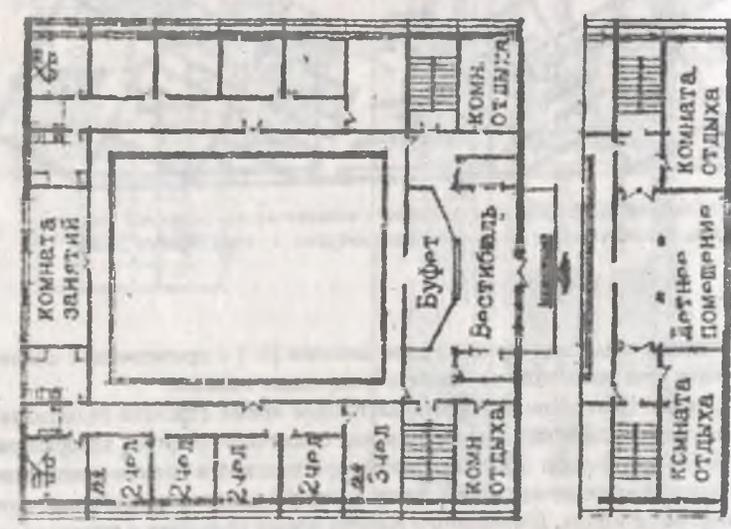
В рассматриваемом дворовом пространстве циркуляция воздуха осуществляется через общее летнее помещение, расположенное на торце здания. При этом способ проветривания помещений отвечает требованиям СНиП. Таким образом, остеклённый дворик в целом представляет собой демпферное пространство, защищающее отапливаемые помещения от охлаждения, а также выполняющее роль коллектора, улавливающего солнечное тепло.

В летний период при условии защиты от прямой солнечной радиации происходит некоторое охлаждение воздуха внутреннего дворового пространства благодаря постоянно увлажняемому озеленённому участкам, примыкающим к группам жилых ячеек. Такой приём позволяет повысить комфортность проживания и градостроительную эффективность застройки.

Горячее водоснабжение может обеспечиваться за счёт использования солнечной энергии путём размещения солнечных коллекторов на южном фасаде и кровле здания. Более полное использование солнечной энергии возможно в комплексной, плотной застройке, при ориентации большинства жилых помещений на Ю.

Следует отметить, что применение гелиотеплоснабжения в жилых домах различного типа позволяет решить проблему энергоснабжения районов, недостаточно обеспеченных собственными топливными ресурсами, например, в горных и предгорных районах Средней Азии, где населённые пункты расположены в отдалении от основных топливных баз страны. В этой связи представляет особый интерес возможность широкого использования гелиодомов с пассивными гелиосистемами. Эффективность предлагаемых решений гелиодомов определяется улучшением санитарно-гигиенических условий и экономией невозобновляемых видов топлива.





3

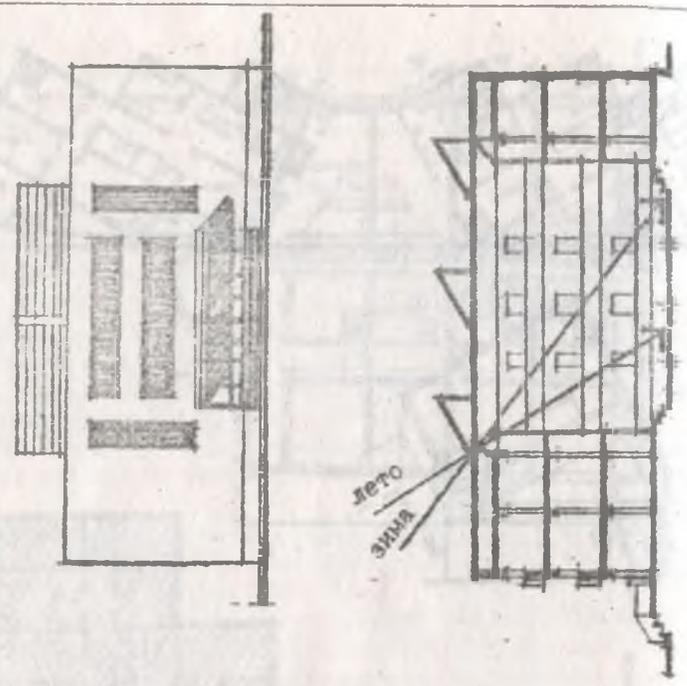


Рис. 6.19 Облесжител с внутренним двориком, используемым в качестве дециферного пространства
 1 - фасад; 2 - разрез 1-1; 3 - план первого этажа.

2. Архитектурно-планировочные решения гелиодомов с пассивной системой в районах оазисов должны обеспечивать открытый вид застройки. Эти здания должны иметь узкий корпус с расположением гелиоэлементов на южном фасаде или на крыше. Возможна организация двухсветных общих комнат или летних помещений и холлов, выходящих на южный фасад (в квартирах, расположенных в двух уровнях). В мало- и многоэтажных гелиодомах летнее помещение, выходящее на гелиофасад, следует решать вне светового фронта жилых комнат, располагая его в глубине квартиры (заглубленные лоджии).

Гелиоприемники следует предусматривать без ущерба для функциональной организации бытовых процессов, протекающих в летнем помещении. На летний, весенний, осенний периоды необходимо предусматривать раскрытие остекленного ограждения. В гелиодомах с пассивными системами гелиотеплоснабжения необходимо соблюдать мероприятия по сокращению теплопотерь.

3. При проектировании жилых домов с солнечным теплоснабжением для региона пустынь предлагается пассивная или комбинированная (активная с пассивной) системы солнечного теплоснабжения с использованием плоских коллекторов. Для жилых домов с гелиосистемами рекомендуются замкнутые или полужамкнутые объемно-планировочные решения.

Эти дома имеют широкий корпус с возможностью расположения на южном фасаде коллекторов и светопрозрачных вставок в простенках фасадов. В жилых домах необходимо также использовать мероприятия по сокращению теплопотерь рекомендуется установка подъемных жалюзи на светопроемах.

Одна сторона жалюзи может быть окрашена в черный цвет, а другая покрыта отражающей серебряной краской. Жалюзи могут иметь различные положения и функции: зимой черная сторона жалюзи может быть повернута наружу. Жалюзи в этом случае будут образовывать сплошную вертикальную поверхность, серебряная часть жалюзи будет отражать тепло обратно в помещение. Летом можно повернуть жалюзи серебряной стороной наружу для отражения солнечных лучей. За счет увеличения толщины жалюзи путем заполнения их изоляцией можно уменьшить поступление тепла летом и потери тепла зимой.

4. В малоэтажных жилых домах с внутренним двориком, используемым в качестве демпферного пространства, на зимний период необходимо перекрывать его двойным остеклением. Жилище с внутренним двориком является традиционным для районов Центральной Азии и отражает многовековой опыт приспособления человека к резко континентальному климату с жарким летом и холодной зимой. Такая планировка жилища позволяет получить плотную застройку, благодаря которой сводится к минимуму площадь наружных ограждений, охлаждаемых в зимнее и нагреваемых в летнее время. Особенностью гелиодомов с внутренним двориком является наличие компактного прямоугольного плана двора. Квартиры могут решаться как одноуровневые, так и двухуровневые или однодвухуровневые.

5. Помещения в жилых домах с пассивными системами теплоснабжения располагаются вдоль южной стороны фасада. При двухрядном размещении помещений квартиры должна быть осуществлена непосредственная связь комнат северной ориентации. Общую комнату желательно предусматривать двухсторонней, что обеспечивает доставку теплого воздуха от гелиофасада в комнаты северной ориентации. При этом дверные проемы необходимо устраивать напротив.

6. При использовании комбинированной системы геотеплоснабжения жилища в качестве простейшей активной геосистемы используются плоские гелиоприемники, для которых в качестве теплоносителя используются воздух или жидкость (вода, масло, антифризы).

Одним из факторов при выборе типа теплоносителя является размер, ширина здания. Чем больше здание, чем дальше находится помещение от гелиоприемника, тем рациональнее использование жидкостных систем.

Чтобы достичь того же КПД с воздушными системами, необходимо предусматривать воздухопроводы большего сечения или обеспечить высокие скорости движения воздуха в сочетании с мощными вентиляторами. Поэтому при использовании плоских коллекторов активной геосистемы на большие здания с широким корпусом или группы размещённых на территории зданий необходима установка жидкостных геосистем.

7. В жилых домах с солнечным теплоснабжением в различных пассивных системах теплоснабжения площадь гелиоповерхности может составить 60-70% от отапливаемой площади (остекление дворов при этом – 1/3 всех гелиоповерхностей). При совместном применении остекления летних помещений южной ориентации и активных геосистем в малоэтажной плотной застройке можно достичь 40-60% теплоснабжения.

6.5. Техничко-экономические обоснования энергоактивных зданий

В работе [9] исследуется возможность получения энергосберегающего эффекта домов нового поколения. Энергоэкономичные и энергоактивные дома, способные улавливать, а затем передавать во внутреннюю систему или непосредственно в помещение энергию возобновляемых источников: солнечную, тепла верхних слоёв земли, ветровую и другие её виды путем использования рациональных объёмно-планировочных решений. Опыт проектирования показывает достаточно высокую технико-экономическую эффективность блокировки зданий, стоимость которых может быть снижена на 8-10%, а площадь застраиваемой территории – на 30-40%.

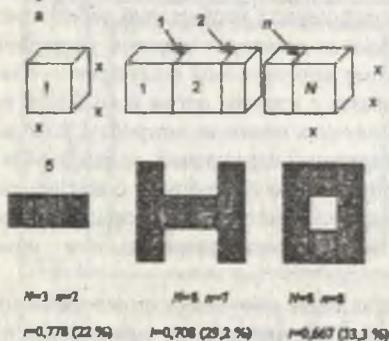


Рис. 6.20 Схемы блокирования объектов кубической формы
 а - блокирование объектов в одно здание;
 б - примеры блокирования.

На рис. 6.20 показаны схема возможных объектов кубической формы, где эффект экономии тепловой энергии получается за счёт уменьшения площади теплоотдающей поверхности наружных ограждений при блокировке зданий.

Снизить теплотери здания можно, трансформировав наружные ограждения или его часть в пассивную систему использования солнечной энергии (ПСИСЭ).

Наличие энергоактивной конструкции, занимающей некоторую площадь S_x на южном фасаде, уменьшает

общую площадь теплоотдающих поверхностей S_o здания, обеспечивая снижение их удельной поверхности S_o/S_n (S_n – суммарная полезная площадь). Энергетический эффект отношения $(S_o - S_x)/S_n$, можно оценить задавшись значением коэффициента теплопередачи к конструкции наружных стен, крыши, пола.

На рис. 6.21 показана зависимость этого отношения от этажности здания с учётом допущения, что коэффициент «К» всех наружных ограждений одинаков, за исключением энергоактивного участка, для которого тепловой баланс принять равным нулю ($K=0$).

Так при величине площади $S_n=0.25 S_o$ теплопотери уменьшаются в 1,3 раза по сравнению со зданием, не имеющим энергоактивного ограждения.

На рис. 6.22 показана зависимость S_x/S_n от ширины здания с разной высотой этажа $H_{\text{эт}}$, в случае, когда энергоактивная конструкция занимает всю площадь инсолируемого фасада. С уменьшением ширины энергозатраты на отопление снижаются благодаря возрастанию удельной поверхности S_x/S_n энергоактивного ограждения. Ширина энергоактивных зданий может быть меньше, а удельные величины параметров наружных ограждений больше, чем у традиционных зданий.

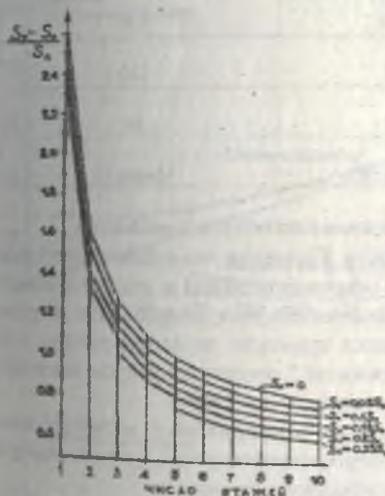


Рис. 6.21 Зависимость $(S_o - S_x)/S_n$ от этажности здания и площади энергоактивного участка наружного ограждения.

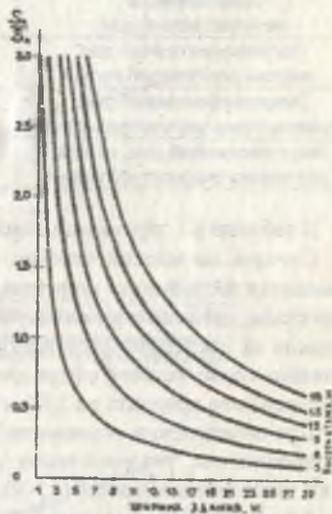


Рис. 6.22 Зависимость S_x/S_n от ширины здания и высоты этажа.

В процессе проектирования или реконструкции зданий эффективность использования энергоактивных конструкций в значительной степени будет зависеть от того, насколько успешно решён комплекс технических вопросов, связанных с поглощением, передачей в помещение и аккумулированием тепловой энергии, применением трансформируемых теплоизоляционных шторм и др. вопросов.

Действующие сегодня КМК, СНиПы «Строительная теплофизика» многих стран нормируют только сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, а удельный расход тепловой энергии на квадратный метр в год не только от-

сутствует, хотя бы в качестве расчётного показателя. Недавно в московских строительных нормах [27] появился показатель 180 киловатт-час на квадратный метр в год, реально достичь которого трудно, поскольку материалы, конструкции и технология, применяемые в России сегодня имеют показатели удельного расхода тепловой энергии на отопление от 250 до 350 киловатт-часов на квадратный метр в год.

В профессиональном, а сегодня и в массовом сознании людей в качестве ключевых показателей, оцениваемых при выборе жилья, наравне с ценой квадратного метра входит удельное теплопотребление, т.е. киловатт-часа на один квадратный метр в год, переводят в цифры расхода тепла.

Классификация жилья по теплопотреблению

Таблица 6.1.

Наименование категории жилья	Европейский норматив теплопотребления на отопление: киловатт-часов на кв. метр в год	Предлагаемый российский норматив теплопотребления на отопление: киловатт-часов на кв. метр в год
Энергетически неэффективный дом	300	570
Энергоэффективный дом с низким теплопотреблением	70	130
Энергоэффективный дом с минимальным теплопотреблением	30	55
Энергопассивный дом, то есть с «нулевым» теплопотреблением	Менее 20	Менее 15

В таблице 6.1. приведена классификация жилья по теплопотреблению.

Сегодня во многих странах и в частности Германии немецкими властями проводится настойчивая политика в области энергосбережения и альтернативной энергетики, где несмотря на ощутимый экономический рост, потребление энергоресурсов за последние десятилетие сохраняется примерно на одном уровне, а в жилищно-коммунальной сфере даже сократилось на 3 процента с ростом валового национального продукта на 11%.

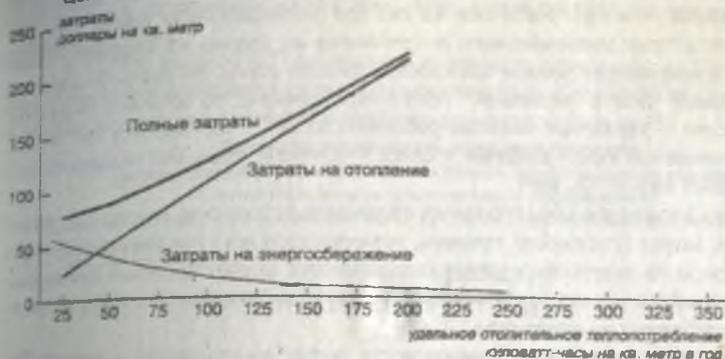
Для определения экономически оправданных мероприятий (утепление, воздухопроницаемость, теплоизоляция и т.п.) по энергоэффективности, устанавливают сроки эксплуатации зданий (25-30 лет) до капитального ремонта.

Авторами [27] в качестве примера был взят коттедж (Москва) компактной площадью 200 м² из традиционных материалов формы с уровнем теплопотребления 350 киловатт-час на м² в год с расчётным сроком окупаемости 15 лет. Сначала рассчитывалась по текущим ценам стоимость улучшения конструкции с точки зрения энергоэффективности (усиление теплоизоляции стен, окон, приточно-вытяжной вентиляции, систем автоматического регулирования, а также затрат на отопление и т.д.). На рис. 6.23 приведены затраты на отопление для газового варианта по внутренним замороженным ценам внутренних растущих цен и средне-европейских цен, из которого видно целесообразность строительства дома с нулевым теплопотреблением.

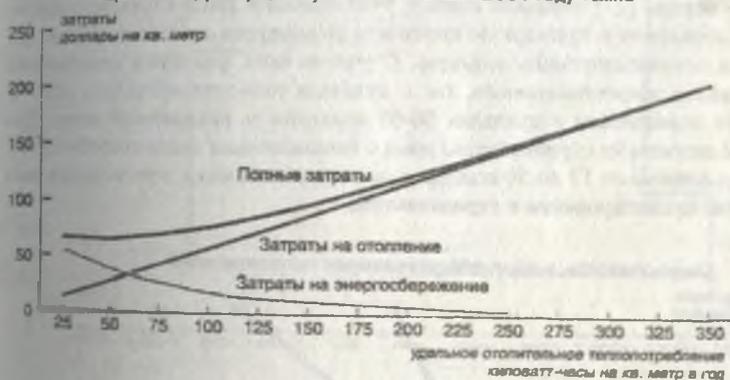
Из графиков на рис. 6.23 следует, что при постоянной на уровне 2001 года мероприятия по энергосбережению целесообразно осуществлять так, чтобы

Затраты на отопление коттеджа за 15 лет

Цена газа средневропейская, 2001 г.



Цена газа, растущая в установившемся к 2001 году темпе



Цена газа внутрироссийская, 2001 г.

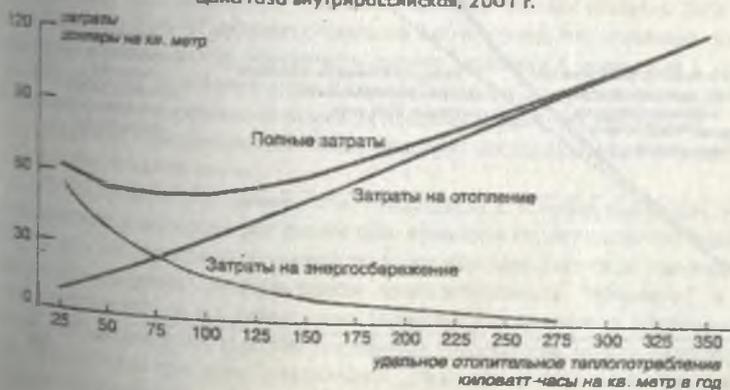


Рис. 6.23 Затраты на отопление коттеджа за 15 лет.

удельное теплотребление составило примерно 75 киловатт-часов на 1 м^2 в год, и дом относился к категории жилищ с низким теплотреблением. Следующий график показывает, что при росте цен на газ при установленном темпе, следует доводить до категории минимального потребления на уровне 45 киловатт-часов на 1 м^2 в год, и наконец до уровня среднеевропейских стран, то выгодно строить "энергопассивный" дом с "нулевым" теплотреблением, то есть без развитых систем отопления с удельным теплотреблением до 10-15 киловатт га 1 м^2 в год, т.е. тепловыделениями оборудования и самого человека, тепловая мощность которого составляет около 100 ватт.

Затраты на отопление образуются из стоимости устройства системы отопления и текущих затрат (стоимость топлива, технического обслуживания, текущего ремонта). Затраты на энергосбережение складываются за счёт введения специальных конструкторских элементов и оборудования, позволяющие снижать показатели теплотребления на отопление.

Полные затраты формируют совокупность затрат на отопление и энергосбережение (включая усиления теплоизоляции, систем солнечного отопления). На этом примере авторы [27] показали оценку, учитывающей лишь стоимость физического восстановления и примерную стоимость возможного жилого дома для сопоставления и соответствующих выводов. С учётом всех факторов удорожание при строительстве энергопассивного, т.е. с нулевым теплотреблением дома в России, может оцениваться в пределах 50-65 долларов за квадратный метр. Дополнительные затраты на строительство дома с минимальным теплотреблением будет приблизительно от 17 до 50 долларов за квадратный метр, при условии высокого качества проектирования и строительства.

Окупаемость энергосберегающих мероприятий

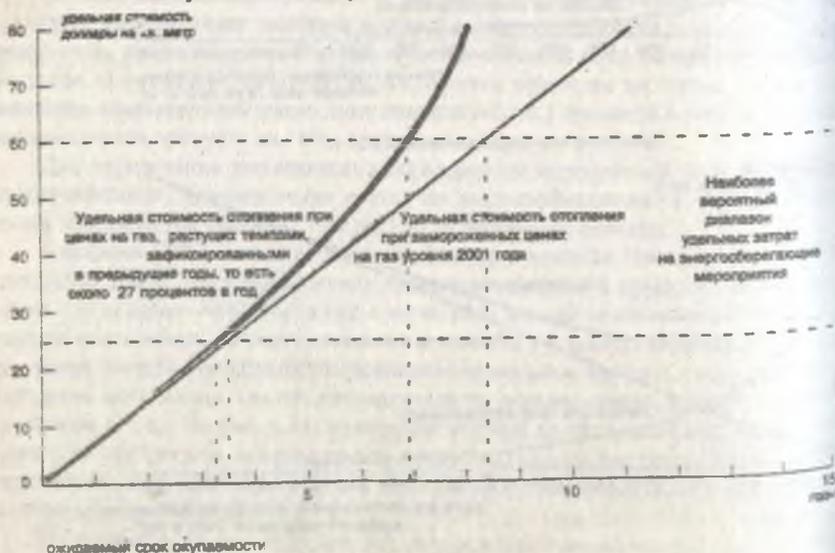


Рис.6.24

Из рис. 6.24 видно, что срок, окупаемости дополнительных затрат превращения подмосковского коттеджа в энергопассивный дом окупится в 8 лет по сравнению с отоплением на сетевом газе, а при расчёте по среднеевропейским ценам в два года.

В работе авторов [27] со ссылкой на расчёты специалистов Института высоких температур приведены данные по месяцам года в подмосковье по съёму тепла с квадратного метра солнечного водяного коллектора, рис. 6.25.

Производительность гелиоколлектора

Средний технически доступный съём тепла с одного квадратного метра солнечного водяного коллектора в Подмоскowie

Оценка Ю.Н. Лапина на основе данных О.С. Попова, Институт высоких температур РАН

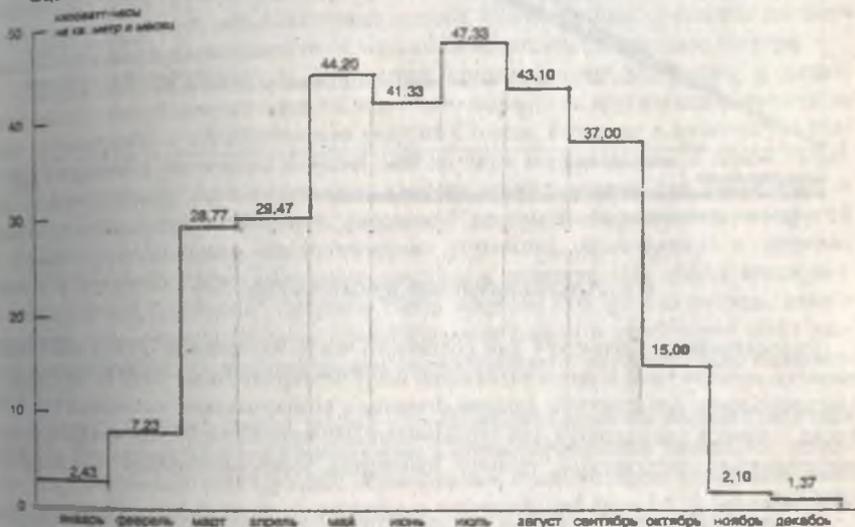


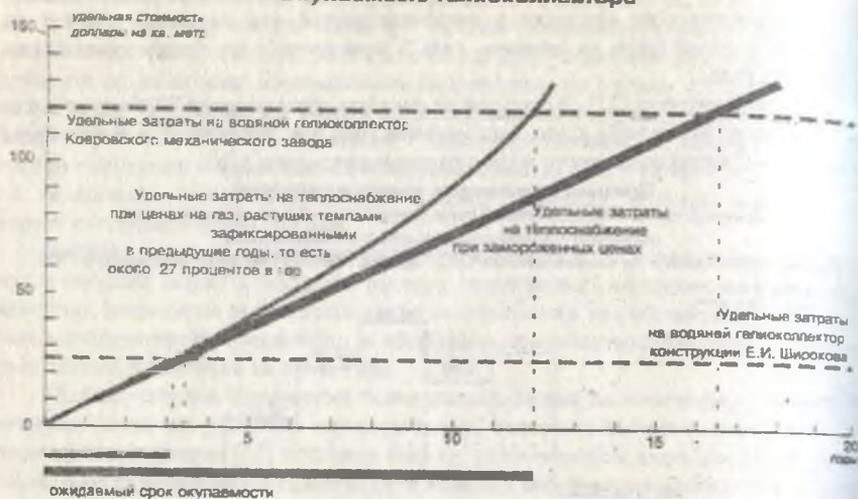
Рис.6.25

Из рис. 6.25 видно, что в течение времени восьми месяцев съём энергии составляет от 15 до 47 киловатт-часов на 1 м^2 в месяц, что означает, даже для подмосковья, возможность обеспечить одного человека с помощью 3 кв. метров гелиоколлектора 50 и более литров горячей воды, а при увеличении до 6 кв. метров гелиоколлектора горячая вода может использоваться для отопления.

Водяной гелиоколлектор имеет годовую теплопроизводительность примерно 300 киловатт-часов на 1 м^2 .

В стоимости отношении гелиоколлекторы с инженерными системами могут оцениваться с большим разбросом цен, прикидка их окупаемости максимально до 10-16 лет. Их массовое применение возможно при льготном налогообложении и льгот государства. Экономическая целесообразность "широких" и "глубоких" мер, направленных на повышение энергоэффективности с использованием системных подходов, перекрывая все каналы теплопотерь можно подтвердить словами, лучше один раз дом "эколизовать", чем потом всю жизнь топить атмосферу Земли. Окупаемость гелиоколлектора для выше приведённого примера видна на графиках, рис. 6.26.

Окупаемость гелиоколлектора



6.6. Альтернативная архитектура [57]

Рассматривая архитектуру как составную часть внутренней среды обитания человека, архитекторы и проектировщики ищут альтернативные пути её создания. Приспособление архитектуры с одной стороны к возрастающим потребностям человека, с другой — уменьшение или ограничение объёмов потребления материалов и энергетических источников, требует изменения взаимоотношения человека и природы.

В настоящее время проблема экологической совместимости зданий и сооружений с природно-климатическими условиями становится ещё актуальнее. Проектирование, разработки и создание систем на основе использования возобновляющихся источников энергии (солнечной энергии, биотехнологической конверсии солнечной энергии) продиктовано как альтернатива для продолжения процесса условий жизни людей, эксплуатация экологически сбалансированных систем, минимизация воздействия негативной среды обитания (загрязнения воздуха, биоразличающиеся отходы продуктов, шум и загрязнение городов и др.), а также развитие стратегии экономического использования незаменимых источников, как сырьевые материалы, продукты и энергетические источники. В практике проектирования и строительства архитектурных объектов появилось много решений, отвечающих задачам применения разнообразных видов возобновляемых источников энергии и новых энерготехнологий. В первую очередь были разработаны архитектурно-строительные приёмы повышения энергетической экономичности зданий.

Такие энергоактивные здания предусматривают использование устройств, наделённых способностью улавливать, преобразовывать и передавать во внутреннюю или внешнюю энергосистему энергию возобновляемых источников (солнеч-

ную, островную, гидро-геотермальную, биохимическую и др.). Причём, архитектурно-строительные приёмы таких зданий воплощаются через конструктивные или функциональные признаки проектирования, где в первом случае конструктивные элементы здания совмещают с конструктивными элементами энергетической установки, а во втором случае – наделяют тот или иной конструктивный элемент зданий, целое здание или группу зданий дополнительными энергетическими функциями [57].

Для взаимного дополнения и усиления эффекта энергетической активности здания возможно совмещение конструктивного и функционального признаков. Автор [Н.А. Сапрыгина "Архитектурная форма: статика и динамика". – М.: Стройиздат, 1995] рассматривает особенности архитектурно-строительных приёмов приспособляемых энергоактивных зданий, использующих принципы динамической адаптации, в зависимости от вида возобновляемого источника энергии.

Гелиоактивные здания и сооружения предназначены для тепло- и холодообеспечения, приготовления горячей воды либо выработки других видов энергии за счёт улавливания и преобразования энергии Солнца. Развитие в архитектуре тенденции освоения солнечной энергии шло по двум направлениям: с одной стороны, использование теплофизических свойств самого здания для накопления и хранения тепла с так называемой "пассивной" системой сбора энергии, а с другой – создание специальных технологических устройств, размещаемых в пределах здания и преобразующих солнечную энергию в тепловую или энергетическую с так называемой "активной" системой сбора энергии. Это, в свою очередь, вело к созданию специальных приёмов проектирования формы и ориентации таких зданий, повышающих их энергетические, экологические и экономические показатели. [57].

Проекты энергоактивных зданий с комбинированными системами (энергоактивные), дающими большое разнообразие в формообразовании зданий, т.е. создание энергоактивных конструкций, совмещённых с коллектором солнечной энергии, позволяет размещать их в различных частях зданий (рис.6.27). Большие возможности в формообразовании энергоактивных зданий и сооружений приведены (рис.6.28).

Из совокупности градостроительных приёмов (рис.6.29) помимо правильной ориентации зданий используются способы перераспределения и отражения солнечной энергии. Среди известных конструкторских приёмов повышения энергетической активности зданий (рис.6.30) наряду с увеличением площади гелиопрёмников заслуживает особое внимание климатические приёмы (изменение искусственной среды обитания пространства через разнообразие материалов, технических средств и элементов) использующие принципы динамической адаптации (наделяние подвижностью и гибкостью конструктивных систем архитектурных объектов чутко реагирующих на энергетические ситуации среды обитания) таких зданий: вращение энергоактивного здания в режиме слежения за Солнцем или иные циклические перемещения, увеличивающие улавливание и аккумуляцию солнечной энергии; использование различных видов трансформации ограждений; введение коллектора, следящего за Солнцем, и панельно-поворотных коллекторов; применение поворотных экранов-отражателей и др. (рис.6.31 – 6.33).

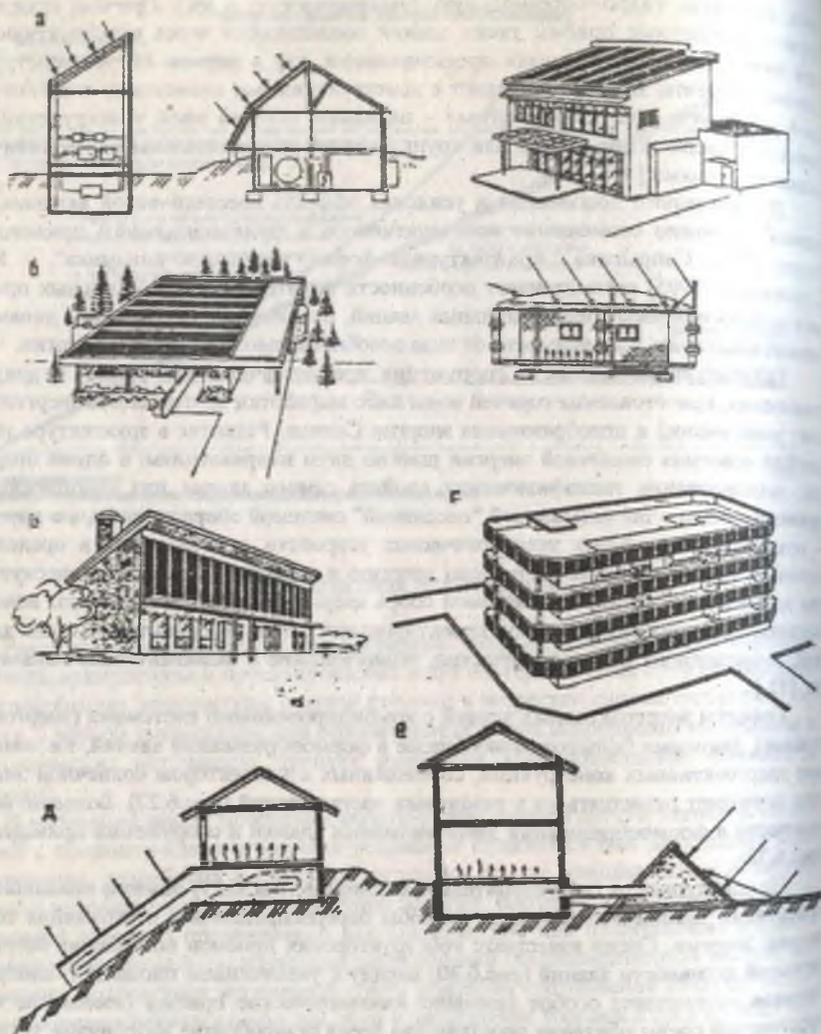


Рис. 6.27. Способы размещения коллекторов солнечной энергии:
 а – на скатном покрытии: солнечные дома Михельсона, СССР, Томасона, США
 и Масаносукэ Янгимачи, Японии;
 б – на плоском покрытии: солнечные дома в Атаскаредо и дом Томасона, США;
 в – на наружной стене здания: солнечный дом в Доувере, США;
 г – на ограждении балкона, лоджии: солнечный дом Селиванова, СССР;
 д – на цоколе здания; солнечный дом в Базра, США;
 е – автономный солнечный дом с автономным коллектором, США.

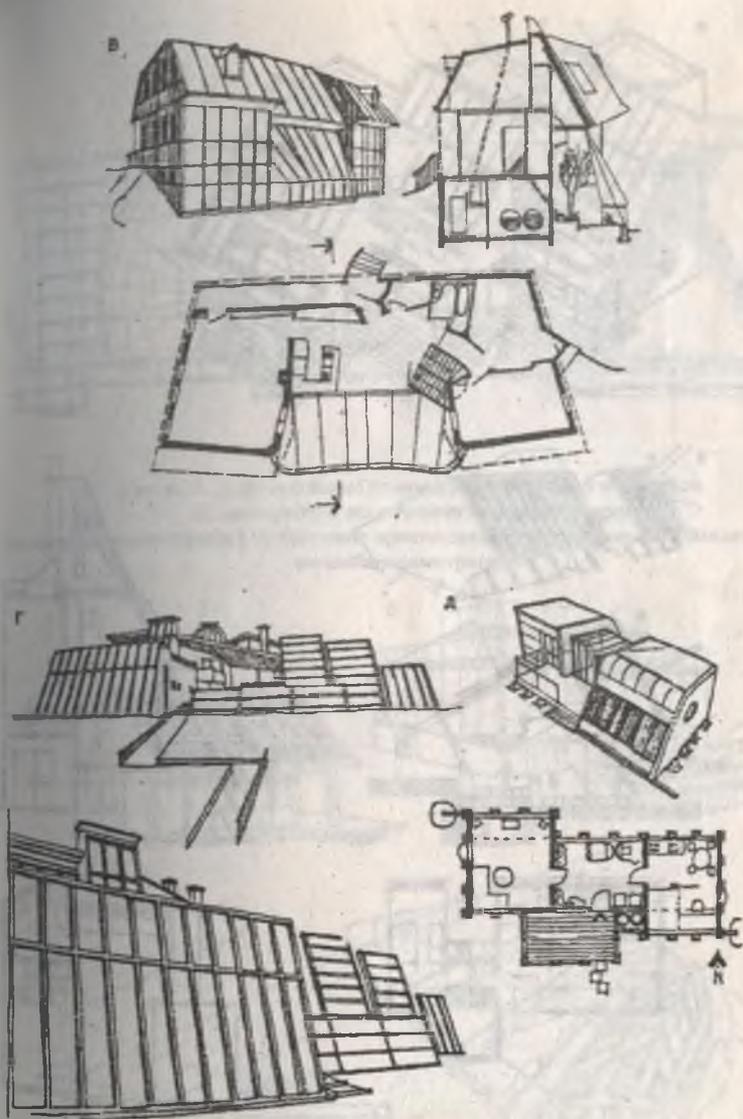


Рис. 6.28.

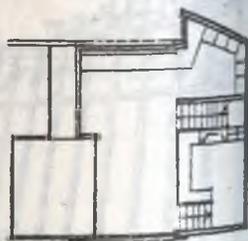
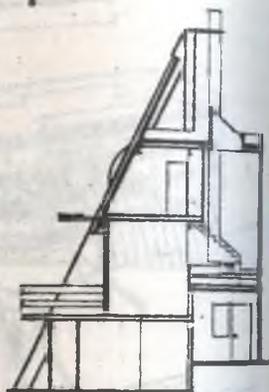
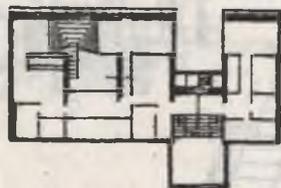
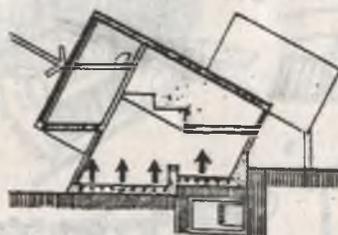
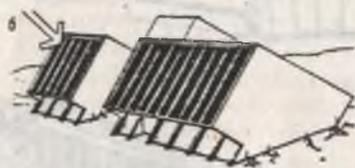
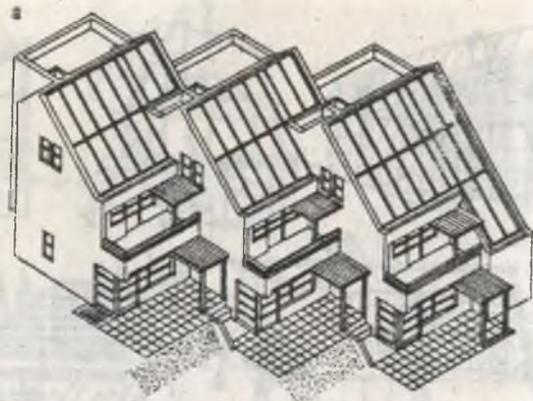


Рис. 6.29. Энергоактивные жилые здания и комплексы:
 а – австрийский солнечный дом, 1976;
 б – дом в Эмбруе (архитекторы А.Тавес, Р.Резутато); общий вид, разрез;
 в – дом в Фаросе (архитектор Ж.Плюот);

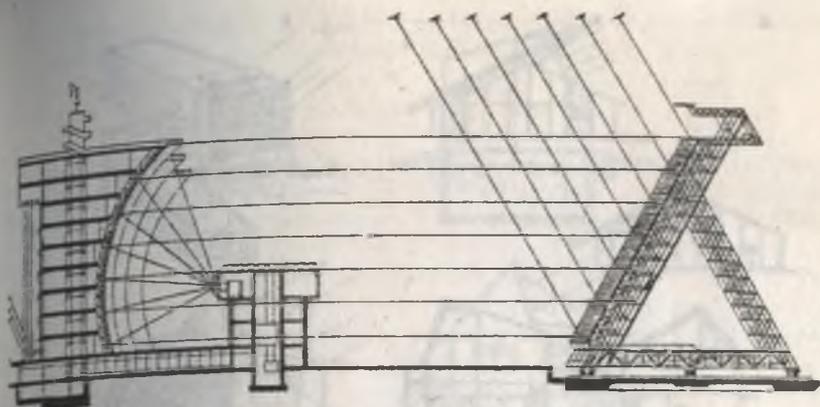


Рис. 6.30. Энергоактивные промышленные здания и комплексы.

Концентратор и технологическая башня, разрез.

(совмещение концентратора со зданиями: производственно-лабораторный комплекс, объединенный с концентратором)

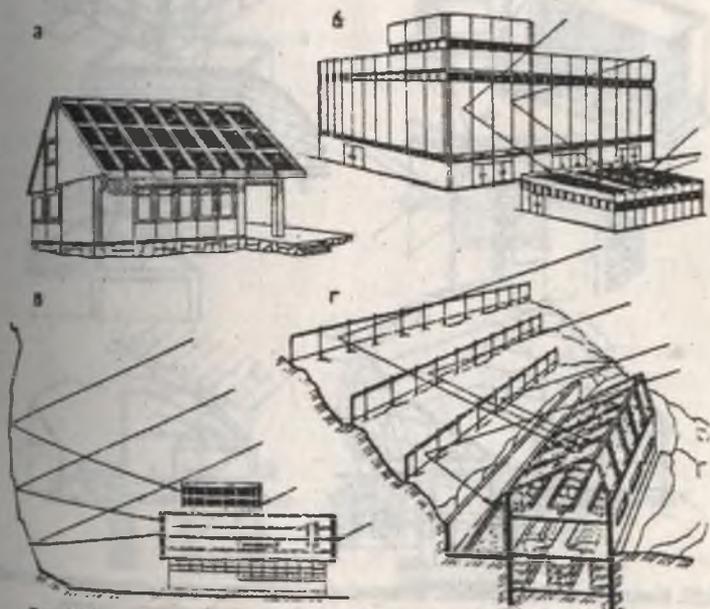


Рис. 6.31. Градостроительные приемы размещения энергоактивных зданий, повышающие их энергетическую активность.

а - правильная ориентация отдельно стоящих зданий;

б - перераспределение солнечной энергии; в - отражение от природного объекта;

г - отражение с помощью технических устройств (отражателей).

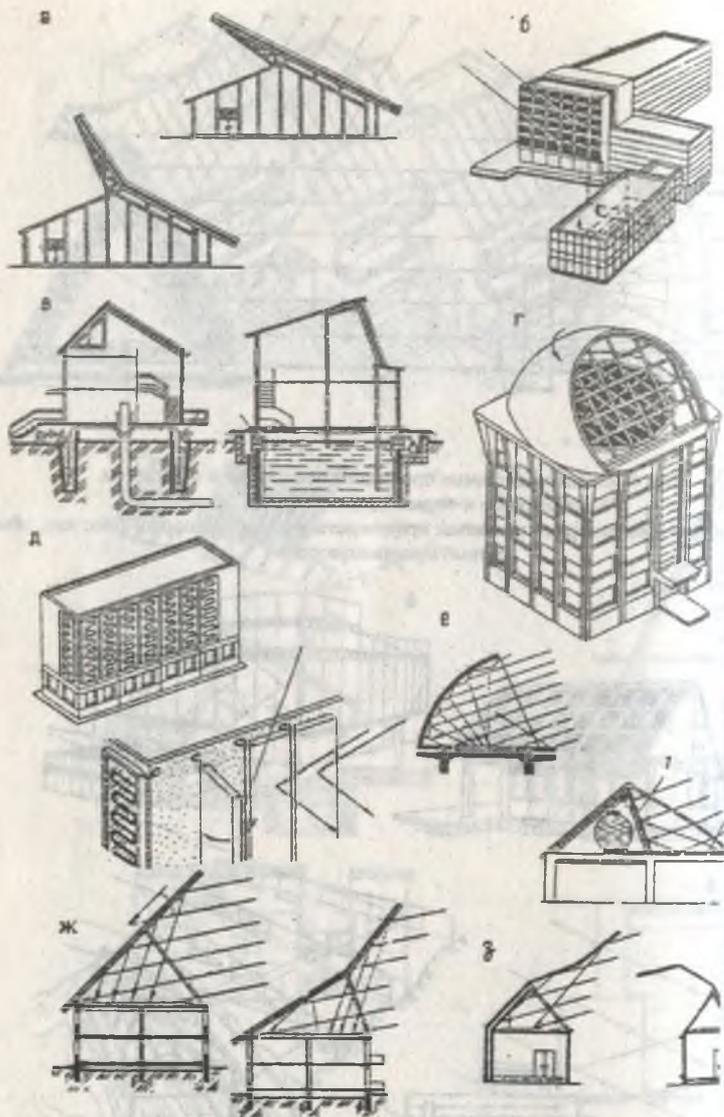


Рис. 6.32. Конструктивные приемы, повышающие энергетическую активность зданий:
 а — увеличение площади коллектора солнечной энергии за габариты здания;
 б — размещение дополнительного коллектора на смежном здании;
 в — вращение здания в режиме слежения за Солнцем; г — коллектор, следящий за Солнцем;
 д — радиально-поворотный коллектор; е — оптическое дополнение коллектора отражателем, совмещенным с внутренним ограждением здания; ж — то же, плюс внешний отражатель;
 з — применение поворотных экранов отражателей.

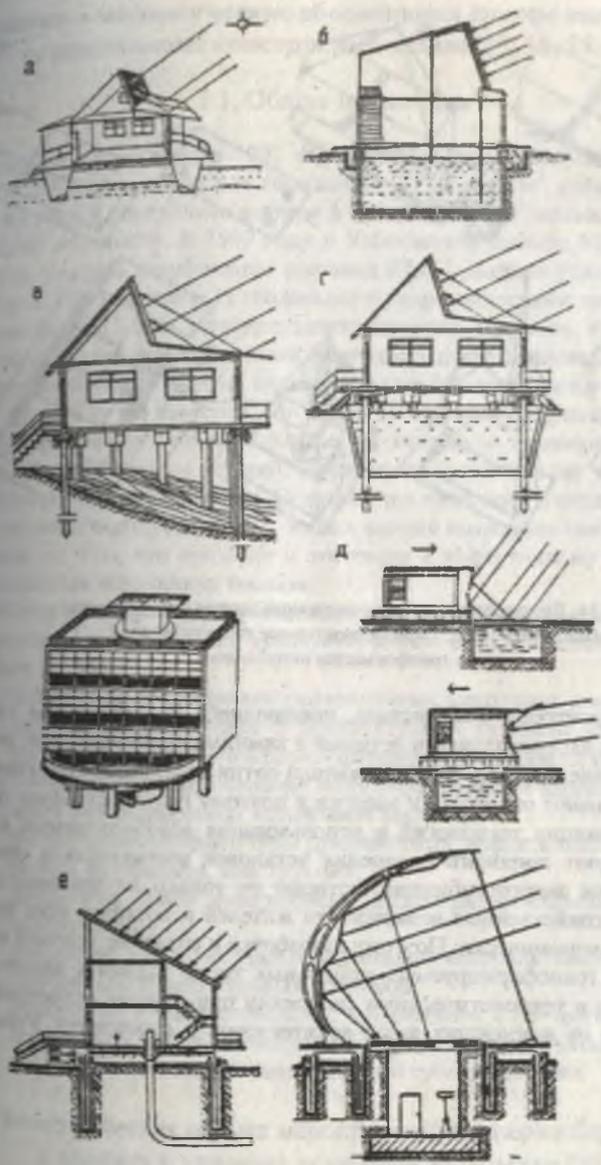


Рис. 6.33. Здания, вращающиеся в режиме слежения за Солнцем.
 а - на основаниях, плавающих на воде; б - на фундаменте в виде резервуара;
 в - на свайных фундаментах;
 г - на свайном фундаменте с резервуаром с наклонными стенками;
 д - перемещаемое здание; е - на фундаменте с воздушной подушкой;

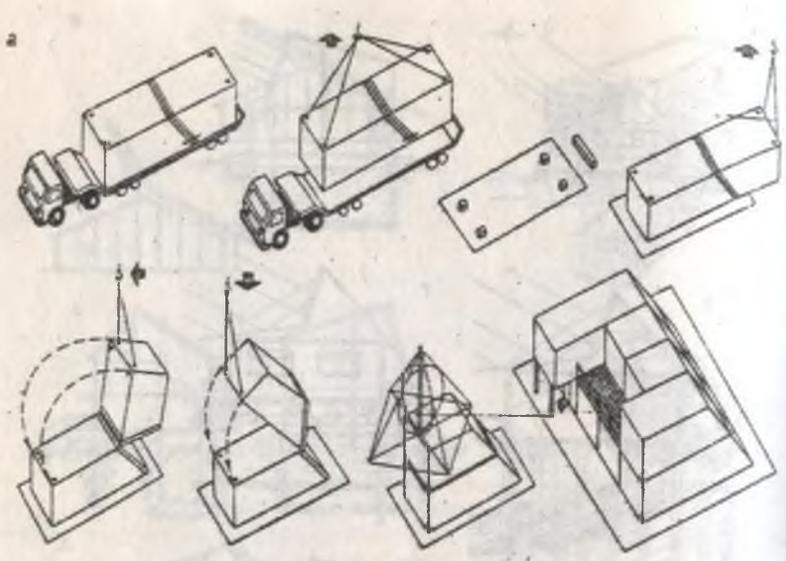


Рис. 6.34. Динамические энергоактивные здания с автономным энергообеспечением, трансформируемые из полублоков [] (схемы трансформации полублоков).

Огромные территории Узбекистана, находящиеся под активным влиянием климата пустынь с экстремальными летними и зимними условиями, где, несмотря на щедрое облучение пустынь солнцем жители сотни населённых пунктов чабанских хозяйств страдают от нехватки энергии и поэтому государственная программа ресурсосберегающих технологий и использования возобновляемых источников энергии требуют широкого внедрения установок миниатюрных солнечных электростанций для энергоснабжения, которые не только неузнаваемо изменят быт, культуру и хозяйственные возможности жителей и хозяйств этих регионов, но и окупят себя экономически. Поэтому разработка и создание условий автономного применения трансформируемых мобильных типов зданий с законченными функциональными и технологическими системами применения солнечной радиации сегодня одна из важнейших задач архитекторов и строителей Узбекистана (рис.6.34).

7. Техничко – экономические обоснования систем теплозащиты ограждающих конструкций зданий [5, 11, 18, 29]

7.1. Общие положения

По данным статистики, в 1997 г. жилищный фонд Республики Узбекистан составлял – 268,8 млн. м², из них городской – 111,8 млн. м², сельский – 157 млн. м². В том же году в республике введено 6 млн. 700 тыс. м² жилья, из них 5,4 млн. м² в сельской местности. В 1997 году в Узбекистане добыто 51 миллиарда 200 млн. м³ газа, уровень газификации составил 67,1%, добыто угля – 4 млн. тонн, нефти – 7 млн. 700 тыс. тонн, 37 тепловыми и гидравлическими электростанциями произведено более 11 млн. киловатт электроэнергии. Известно, что коэффициент полезного действия преобразования углеводородного топлива в электричество составляет пока порядка 35%, на отопление зданий затрачивается более 25% всех энергоресурсов. Так же известно, что более 50% эксплуатируемых зданий, сданные в эксплуатацию во второй половине XX века из-за несовершенства проектных решений конструкции зданий, дефектов строительства и эксплуатации имеют значительные потери тепла. Оптимизация теплового и воздушного режима вновь строящихся эксплуатируемых жилых зданий позволило снизить теплопотери (минимум до 5%), что приведёт к экономии и эффективному использованию невозобновляемых источников топлива.

Разработки и внедрение рациональных методов повышения теплозащитных и энергоэффективных показателей эксплуатируемых жилых зданий должен предусматриваться за счёт:

- разработки и внедрения рациональных методов и повышения теплозащитных показателей и архитектурных приёмов зданий с учётом строительно-климатического районирования территории Узбекистана;
- более широкое применение энергоэффективных зданий с использованием возобновляемых источников топлива;
- расширение номенклатуры применяемых эффективных теплоизоляционных материалов, конструкций;
- внедрение более совершенных инженерно-отопительных систем и конструкций;
- внедрение инструментальных методов контроля состояния здания и контрольно-измерительных приборов;
- обобщение и распространение зарубежного и отечественного передового опыта работ по экономии топливно-энергетических ресурсов с введением льготно государственного субсидирования.

7.2. Экономическая оценка мероприятий по энергосбережению в зданиях в условиях рыночной экономики [38]

Известно, что критерии оценки эффективности мероприятий по энергоснабжению должны способствовать решению следующих задач: проведение технико-экономического анализа и оценка эффективности; выполнение финансового анализа и оценка инвестиционной привлекательности рассматриваемых вариан-

тов энергосбережения; проведение оптимизационных расчетов по различным вариантам объемно-планировочных и конструктивных решений школьных зданий, а также решений по их инженерному обеспечению, направленных на экономическое энергетических ресурсов.

В методах экономической оценки [38] проведения энергосберегающих мероприятий первостепенное значение придается окупаемости инвестиционных затрат, которая определяется показателем, характеризующим период времени, в течение которого авансированные инвестиционные затраты возмещаются полученной экономией от снижения расходов на энергозатраты.

Основным показателем экономической оценки энергосберегающих мероприятий принят срок окупаемости инвестиционных затрат. Он определяется как частное от деления инвестиционных затрат на полученную экономию от снижения энергозатрат (измеряется в годах) и рассчитывается по формуле

$$T_{ок} = \frac{И}{P_1 - P_2}$$

где $T_{ок}$ — срок окупаемости инвестиционных затрат,

$И$ — инвестиционные затраты на проведение энергосберегающих мероприятий,
 P_1 — расходы на энергозатраты до проведения энергосберегающих мероприятий,
 P_2 — то же, после проведения энергосберегающих мероприятий.

Весьма важно правильно рассчитать инвестиционные затраты. Инвестиции в проведение энергосберегающих мероприятий представляют собой единовременные затраты с целью получения экономии расходов на отопление. В состав инвестиционных затрат включаются следующие расходы:

- стоимость приобретения, доставки, монтажа и пуска нового оборудования, сохранения (модернизации) существующего, демонтажа и реализация высвобождаемых и ликвидируемых элементов системы;
- стоимость строительных конструкций, включая доставку и монтаж;
- затраты на охрану окружающей среды;
- сопутствующие затраты, связанные с созданием и развитием энергоснабжения;
- затраты на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, технико-экономическое обоснование и разработку проектно-сметной документации;
- выплаты небанковским кредитам при использовании заемных средств.

Экономия затрат на отопление определяется как разность между расходами на отопление до и после проведения энергосберегающих мероприятий.

Проведение энергосберегающих мероприятий приводит обычно к изменению затрат по следующим элементам: топливо, тепловая энергия, основная и дополнительная зарплата с начислениями, сырье и материалы, амортизация основных фондов.

Расходы на энергозатраты для отопления школьных зданий определяются как произведение количества теплоэнергии на цену за единицу теплоты и рассчитываются по формулам:

$$P_1 = O_1 \cdot Ц; \quad P_2 = O_2 \cdot Ц$$

где P_1 и P_2 — расходы на энергозатраты;
 O_1 и O_2 — количество теплоэнергии, расходуемое до и после проведения энергосберегающих мероприятий;
 C — цена на теплоэнергию.

Если проведение энергосберегающих мероприятий совпадает по срокам с проведением капитального или текущего ремонта, то тогда рассчитываются издержки в сфере эксплуатации. В этом случае к затратам на отопление может быть добавлена стоимость ремонта.

Для расчета потребности тепла для отопления школьных зданий используются данные проектов (паспортов, узлов присоединения). При их отсутствии расчет осуществляется по удельным характеристикам или по укрупненным нормативным показателям. При определении расхода тепла на системы отопления по данным авторов [38] можно для проверки достоверности расчета использовать контрольные показатели, разработанные Академическим центром теплоэффективных технологий (Санкт-Петербург). Контрольные показатели исчислены на 1 м^2 полезной площади школьных зданий (ккал/ч) и дифференцированы в зависимости от количества этажей. Удельный расход теплоты для отопления 1 м^2 двухэтажного школьного здания составляет 95 ккал/ч, для трехэтажного — 82 и для четырехэтажного — 77 ккал/ч. Годовая потребность в теплоте (Гкал) для отопления школьного здания определяется по формуле

$$P = O_{\text{от}} U / (T_{\text{в}} - T_{\text{ср}}) N \cdot 24$$

где P — годовая потребность в теплоте для отопления школьного здания;

$O_{\text{от}}$ — наружный строительный объем здания;

U — удельная тепловая характеристика здания;

$T_{\text{в}}$ — температура внутреннего воздуха;

$T_{\text{ср}}$ — средняя температура наружного воздуха за отопительный сезон;

N — продолжительность отопительного сезона;

24 — число часов работы системы отопления в сутки.

Энергосберегающие мероприятия можно условно разделить на несколько групп: объемно-планировочные и конструктивные решения, система отопления, система горячего водоснабжения, вентиляция и воздухообмен.

Работа по осуществлению энергосберегающих мероприятий зданий состоит из нескольких направлений: определение источников финансирования, изучение материалов по энергосберегающим мероприятиям, проведение экономической оценки мероприятий, выполнение научных, проектных и строительных работ по избранным мероприятиям.

7.3. Методика расчёта при сопоставлении проектных решений сравнительной экономической эффективности капложений на утепление зданий [5]

Известно, что мероприятия по утеплению наружных стен или стыков панелей, перекрытий и чердачных перекрытий могут выполняться различными техническими способами. Задача заключается в том, чтобы выявить наиболее экономически целесообразный из них: ему соответствует минимальная величина приведённых затрат Π на капитальный ремонт и компенсации теплопотерь, рекомендованное НИИ экономики и строительства (Москва), определяемое по формулам:

- если срок службы сопоставляемых конструкций равен сроку службы зданий, то $\Pi = K + J \cdot C$, руб/м² или сум/м² конструкций;
- если срок службы конструкций меньше срока службы зданий, то необходимо учесть затраты, связанные с её последующей заменой, то $\Pi = \mu \cdot K + J \cdot C_1$,

где K – дополнительные капложения (с учётом вложений в организацию ремонтных работ);

C – удельные затраты на возмещение теплопотерь через конструкцию, амортизационные отчисления и затраты на текущий ремонт конструкций;

C_1 – удельные затраты на возмещение теплопотерь через конструкцию и затраты на её ремонт;

μ – коэффициент, учитывающий срок службы конструкций;

J – коэффициент приведения ежегодных эксплуатационных затрат за срок службы здания (табл. 7.1).

Таблица 7.1.

Значения коэффициентов μ и J в различные периоды эксплуатации

коэффициент	Период эксплуатации, лет							
	5	10	15	20	25	30	40	50
μ	3,06	1,82	1,45	1,26	1,17	1,1	1,03	1,0
J	4,15	6,97	8,9	10,2	11,1	11,7	12,5	12,5

Расчёты состоят их трёх этапов:

1. Определяют величины слагаемых приведённых затрат в функциональной зависимости от сопротивления теплопередаче данной ограждающей конструкции R_0 .
2. Определяют для принятых вариантов конструкции приведённые затраты при каждом принятом (постоянном по величине) приращении её толщины от первого приращения по сравнению с необходимой толщиной (при минимально допустимом сопротивлении теплопередаче R_0^{TP}) и до того, при котором величина приведённых затрат начинает возрастать; затраты, отличающиеся друг от друга менее, чем на 2% считаются равноэкономичными.
3. Сопоставляют величины полученных минимально приведённых затрат по всем вариантам конструкции и выявляют наиболее экономически целесообразный из них.

При практической возможности применения одного способа утепления ограждающей конструкции выполняют только по 1 и 2 этажам.

Экономичность целесообразного устройства дополнительного оконного переплёта, утепление входов. Устройства тамбура и установка автоматических доводчиков определяют исходя из срока окупаемости капитальных L по формуле:

$$L = K / (\Delta T - A), \text{ лет}$$

где ΔT – снижение затрат на отопление зданий, руб/год;

A – амортизационные отчисления и затраты на текущий ремонт соответствующих устройств, утепляющих здание (оконного переплёта, доводчика и др.)

При сроке службы перечисленных устройств менее 40 лет в числитель вводят соответствующую величину μ , а в знаменатель вместо A учитывают удельные затраты на ремонт.

Величина L должна быть не более нормативной величины срока окупаемости $L_n = 8,33$ года.

При определении величины снижения затрат на отопление следует учитывать неизменность при увеличении сопротивления теплопередаче конструкции R_0 капитальных вложений в систему теплоснабжения здания, затраты на электроэнергию и заработную плату обслуживающего персонала. При снабжении здания теплом от ТЭЦ или предприятия объединённых тепловых сетей величину ΔT определяют как снижение затрат на тепловую энергию, а от индивидуальной котельной – как снижение затрат на топливо, сжигаемой в этой котельной:

$$\Delta T = 1,08 (1/R_0^{ny} - 1/R_0^y) (t_{in} - t_{ф.от}) 24 \cdot 10^6 \cdot Z_{от.пер} \cdot C_T, \text{ руб}/(\text{м}^2 \text{ год})$$

где 1,08 – учёт добавочных потерь тепла;

R_0^{ny} , R_0^y – фактическое сопротивление теплопередаче неутеплённой конструкции (базовый вариант) и утеплённой (по требованию этапа 2), $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

t_{in} – расчётная температура внутреннего воздуха – 18°C ;

$t_{ф.от}$ – средняя температура наружного воздуха в течение отопительного периода, по КМЖ (19);

$Z_{от.пер}$ – длительность отопительного периода, сут/год;

C_T – полные затраты на топливо, руб/МДж (руб/Г кал);

$C_T = C_{от} \cdot \eta_{к.у}$, руб/т.у.т.; $\eta_{к.у}$ – КПД котельной установки ($\eta_{к.у} = 0,75$ – газифицированных; $\eta_{к.у} = 0,65$ – при сжигании угля).

Стоимость энергии и топлива (электроэнергия, природный газ, мазут, уголь) в экспортных ценах или установленных директивными органами на данный период, город и т.п.

Величину амортизационных отчислений и затрат на текущий ремонт допустимо усреднять и принимать (руб/год): для утепления наружных стен и чердачных перекрытий – 0,25К [2,5% от соответствующих капитальных вложений (К)]; для дополнительных оконных переплётов – 0,04К; установки уплотняющих прокладок – 0,2К.

Затраты на ремонты утепляющих конструкций в стенах, стыках и чердачных перекрытиях допустимо принимать – 0,015К – 0,01К, руб/год.

Принимая $\mu = 1$ и $J = 12,5$

(Срок службы утепляющей конструкции 40-50 лет):

$$\begin{aligned} \Pi &= K + A JK + 1,08 (1/R_0^{\text{ны}} - 1/R_0^{\text{л}})(t_a - t_{\text{ср.от}}) 24 \cdot 10^{-6} \cdot Z_{\text{от.пер}} \cdot C_T \cdot J = \\ &= (1 + 12,5A)K + 3,24 \cdot 10^{-4} (1/R_0^{\text{ны}} - 1/R_0^{\text{л}})(t_a - t_{\text{ср.от}}) Z_{\text{от.пер}} \cdot C_T \cdot \text{руб/м}^2 \end{aligned}$$

$$L = K/[24 \cdot 10^{-6} (1/R_0^{\text{ны}} - 1/R_0^{\text{л}})(t_a - t_{\text{ср.от}}) Z_{\text{от.пер}} \cdot C_T - A], \text{ лет}$$

Варианты утепления (напыление + пароизоляция + ДВП; металлическая сетка + отделочный слой и т.д.) показаны на рис.4.10.

Авторами [5] даны примеры расчёта на устройство слоя утеплителя наружной стены в жилом доме в г. Казани.

7.4. Методика расчёта (СНиП II - 3 - 79 **)

экономически целесообразного сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{эк}}$

Известно, что в предыдущих редакциях СНиПа «Строительная теплотехника» в обязательном порядке требовалось расчётом подтвердить экономическую целесообразность и обоснованность принятых конструктивных решений, принимая за критерий минимум приведённых затрат. Включение данных требований в нормы преследовало цель законодательным путём снизить расходы на отопление зданий. В КМК 2.01.04-97, как и СНиПе II-3-96 исключена методика экономического обоснования, в то время как новая не предложена.

Для оценки экономии тепловой энергии необходимо в комплексе учитывать все потери тепла, которые реально имеют место в практике эксплуатаций зданий. Необходимость разработки методики технико-экономического обоснования выбора ограждающих конструкций на стадии строительного проектирования и на стадии специальной разработки – отопление, вентиляция и эксплуатационных параметров теплоснабжения веление времени.

Действительно, на стадии архитектурно-строительного проектирования ограждающих конструкций необходимо закладывать уровень теплозащиты и прочностных параметров, которые гарантировали бы эксплуатационную надёжность, комфортность, безопасность и экономичность принимаемых решений.

В данном учебном пособии, в учебных целях рекомендуется определение экономически целесообразного сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{эк}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций из условия обеспечения наименьших приведённых затрат Π , $\text{сум}/\text{м}^2$, определяемых расчётом для вариантов ограждающих конструкций с различными сопротивлениями теплопередаче R_0 на этапе вариантного проектирования, по формуле [43]

$$\Pi = C_{\text{д}} + [((t_a - t_{\text{ср.от}}) Z_{\text{от.пер}} \cdot m \cdot C_T \cdot l) / (R_0 E_{\text{н.л}})]$$

где $C_{\text{д}}$ – единовременные затраты (себестоимость строительно-монтажных работ), $\text{сум}/\text{м}^2$, определяемое по действующим для конкретного города, месяца и года стоимостных показателей для расчёта сметной стоимости строительства;

$$C_{\text{д}} = 1,25 [(Ц + Т)1,02 + C_{\text{м}}],$$

где $Ц$ – оптовая цена конструкции, материала;

$Т$ – стоимость транспортных услуг, $\text{сум}/\text{м}^2$ ($\text{сум}/\text{м}^3$);

$C_{\text{м}}$ – стоимость возведения (монтаж), $\text{сум}/\text{м}^2$.

t_a – расчётная температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{вн}}^{\text{ср}}$ - средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С, принимаемый по КМК 0.01.01-94;

$Z_{\text{от. пер}}$ - продолжительность отопительного периода, ч/год, принимаемая в соответствии КМК (климатология) с учётом функционального процесса (лечебные, детские $t_{\text{н}}$ не $>8^{\circ}$; другие не $>10^{\circ}\text{C}$);

m - коэффициент, учитывающий дополнительные потери тепла на инфильтрации наружного воздуха, равен 1.05;

C_{T} - стоимость тепловой энергии, сум/ГДж, определяемый по действующему на данный момент и место строительства прейскуранту;

l_{T} - коэффициент, учитывающий изменение стоимости тепловой энергии на перспективу ($l_{\text{T}} = 1,3-1,2$);

R_{o} - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$ (для эталона

$$R_{\text{o}}^{\text{тп}} \leq R_{\text{o}});$$

$E_{\text{н.п}}$ - норматив для приведения разновременных затрат, 1/год, принимаемый 0.08-0.12.

$$\text{Требование } R_{\text{o}}^{\text{тп}} \leq R_{\text{o}} \approx R_{\text{o}}^{\text{н}}$$

Пример расчёта. Произвести расчёт и выбор экономически целесообразного варианта наружного ограждения, исходя из сравнения приведённых затрат для 3-х вариантов жилого дома в крупнопанельных конструкциях в г. Ташкенте. Влажностный режим помещений - нормальный, расчётная температура внутреннего воздуха $t_{\text{в}} = 18^{\circ}\text{C}$, условия эксплуатации ограждающих конструкций А.

На рис. 7.1. приведены конструкции сравниваемых вариантов стеновых керамзитобетонных панелей с объёмной плотностью $\gamma = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ с фактурными слоями из цементно-песчанного раствора с $\gamma = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$.

1	2	3
	I	
δ_1	δ_2	δ_3
20	260	20

I Вариант

1	2	3
	II	
δ_1	δ_2	δ_3
20	310	20

II Вариант

1	2	3
	III	
δ_1	δ_2	δ_3
20	360	20

III Вариант

Исходные данные по таблицам и приложению 1 КМК [19, 22]

$$\alpha_{\text{n}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}); \alpha_{\text{в}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}); \lambda_{\text{н}}^{\text{н}} \text{ (по летним условиям)} = 19,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C});$$

Для условий эксплуатации А: $\lambda_1 = \lambda_3 = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}); \lambda_2 = 0,33 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C}).$

Нормируемый температурный перепад $\Delta t_{\text{н}}$ между температурой внутреннего воздуха $\Delta t_{\text{в}} = 6^{\circ}\text{C}.$

Коэффициент положения наружной поверхности стены $n=1$.

t_n - расчётная зимняя с учётом тепловой инерции ограждения температура наружного воздуха - $t_n = -16,5^\circ\text{C}$.

Расчётные коэффициенты теплоусвоения слоёв конструкции:

$$S_1 = S_3 = 9,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

$$S_2 = 5,03 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Коэффициент поглощения солнечной радиации материалы наружной поверхности стены $\rho=0,7$.

Максимальное и среднее значение суммарной прямой и рассеянной радиации для вертикальной поверхности стены западной ориентации в июле $566/178 \text{ Вт}/\text{м}^2$, требуемая амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности $A_{i, \text{тп}} = 1,91^\circ\text{C}$.

Максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле

$$A_{n, \text{тп}} = 25,2^\circ\text{C}.$$

Теплотехнические расчёты по зимним условиям показали:

Минимально требуемое приведённое сопротивление теплопередаче $R_0^{\text{тп}} = 0,661 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Сопротивление теплопередаче конструкции $R_0, \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$:

Варианта I - $R_0^{\text{I}} = 0,999$; варианта II - $R_0^{\text{II}} = 1,139$; варианта III - $R_0^{\text{III}} = 1,352$

$R_0 > R_0^{\text{тп}}$ - для всех вариантов, т.е. удовлетворяет нормативным требованиям.

Теплотехнические расчёты по летним условиям показали:

$A_{i, \text{л}} = 1,89^\circ\text{C}$, $A_{i, \text{л}}^{\text{расч}} = 32,6^\circ\text{C}$; Величина затухания расчётной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха v для вариантов:

$$v^{\text{I}} = 38,96^\circ\text{C}; v^{\text{II}} = 66,19^\circ\text{C}; v^{\text{III}} = 113,98^\circ\text{C}.$$

Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности $A_{i, \text{л}}$ для вариантов:

$A_{i, \text{л}}^{\text{I}} = 0,85 < 1,89$; $A_{i, \text{л}}^{\text{II}} = 0,50 < 1,89$; $A_{i, \text{л}}^{\text{III}} = 0,29 < 1,89$, т.е. удовлетворяет нормативным требованиям.

Расчёт экономически целесообразного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций (цены 1986 г.).

Исходные данные: $t_n = 18^\circ\text{C}$; $t_{\text{от. пер}} = 2,4^\circ\text{C}$; $Z_{\text{от. пер}} = 130$ сут;

Ценовые показатели приняты для 1986 года, т.е.:

$C_{\text{т.з}} = 1,62 \text{ руб}/\text{л Дж}$; $C_{\text{м}} = 4,52 \text{ руб}/\text{шт}$, Оптовая цена конструкции вариантов:

$$\text{Ц}^{\text{I}} = 19,52 \text{ руб}/\text{м}^2; \text{Ц}^{\text{II}} = 20,56 \text{ руб}/\text{м}^2; \text{Ц}^{\text{III}} = 21,44 \text{ руб}/\text{м}^2; T = 0,3 \text{ руб}/\text{м}^2.$$

Расчёты по вариантам показали:

$$\text{Елиновременные затраты: } C_{\text{з}}^{\text{I}} = 26,03 \text{ руб}/\text{м}^2;$$

$$C_{\text{з}}^{\text{II}} = 27,35 \text{ руб}/\text{м}^2;$$

$$C_{\text{з}}^{\text{III}} = 28,47 \text{ руб}/\text{м}^2;$$

Приведённые затраты на варианты конструкций:

$$\text{П}^{\text{I}} = 26,3 + [11, 3 \cdot 10^{-4} (18 - 2,4) \cdot 130 \cdot 1,62] / 0,999 = 30 \text{ руб}/\text{м}^2;$$

$$\text{П}^{\text{II}} = 27,35 + 3,71 = 31 \text{ руб}/\text{м}^2;$$

$$\text{П}^{\text{III}} = 28,47 + 3,71 = 32,2 \text{ руб}/\text{м}^2.$$

Эксплуатационные затраты представляют собой годовые эксплуатационные затраты (Z) на 1 квадратный метр конструкции, имеющим сопротивление теплопередаче R_0 , т.е. сумма затрат топлива, ремонт, обслуживание на отопление здания зимой.

Таким образом, в результате проведённых расчётов конструкции на зимние и летние климатические воздействия, а также расчёта экономически целесообразного сопротивления теплопередаче имеем по сравниваемым вариантам данные, сведённые в таблицу 7.2.

Таблица 7.2.

Расчётные характеристики	Сравниваемые варианты		
	I	II	III
	Толщина конструкции, см		
	03	35	40
$R_0, \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	0,661	0,661	0,661
$R_{\text{вн}}, \text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$	0,999	1,139	1,352
$\Delta t_{\text{вн}}, \text{°C}$	1,89	1,89	1,89
$\Delta t_{\text{вн}}, \text{°C}$	0,85	0,5	0,29
$C_{\text{вн}}, \text{руб} / \text{м}^2$	26,03	27,35	28,47
$Z_{\text{вн}}, \text{руб} / \text{м}^2$	1,64	1,44	1,21
$P_{\text{вн}}, \text{руб} / \text{м}^2$	30,0	31,0	32,2

Как видно из таблицы 7.2., что требуемое приведённое сопротивление теплопередаче (из минимально допустимых санитарно-гигиенических требований) для всех трёх вариантов конструкции одинаково и равно $0,661 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$. Пятой частью для всех трёх вариантов конструкции является также требуемая амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности $- 1,89 \text{ °C}$, т.е. все три варианта удовлетворяют санитарно-гигиеническим требованиям, исходя из зимних условий эксплуатации.

Для летних условий по всем 3 вариантам показатели, хотя и удовлетворяют нормативные требования (КМК), однако для предельно допустимых комфортных условий следует считать верхним предельно допустимые нормы, т.е.

$t_{\text{вн}}^{\text{max}} \leq 26 + \Delta t_{\text{вн}}^{\text{пр}}$, исходя из этого $t_{\text{вн}}^{\text{max}} = 26 + 0,29 = 26,29 \text{ °C}$ конструкция III варианта в наибольшей степени удовлетворяет требованиям санитарной гигиены.

Приведённые затраты на конструкцию III варианта больше I и II соответственно на 3,1 и 7,3%, однако эксплуатационные расходы на неё меньше соответственно на 19 и 35%.

Таким образом, конструкция III варианта дороже остальных, но позволяет экономить ТЭР и создаёт более комфортные условия летом.

Объективный анализ выбора вариантов зависит от очень многих факторов, т.е. от состояния и вида ТЭР, их стоимости, доступности, экономики страны и других.

Однако оптимизация уровня теплозащиты зданий обеспечивается не только экономией теплоты и снижением величины приведённых и сохранением зданий, но и повышением уровня комфортности, обеспечения здоровья, трудоспособности человека.

Порядок определения $R_0^{тп}$ и закономерности технико-экономических решений

1. Определяется величина требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции $R_0^{тп}$;

2. Исходя из $R_0^{тп}$ с учётом унификации принимается минимальная толщина однослойной конструкции и по нему рассчитываются приведённые затраты (П), учитывающие их стоимость «в деле», а также эксплуатационные расходы на возмещение теплопотерь, принятые за расчётный срок эксплуатации зданий (T_0);

3. Определяются приведённые затраты, но при возрастающих унифицированных её толщинах и если приведённые затраты при этом увеличиваются, то следует принимать толщину конструкции, соответствующего $R_0^{тп}$, но если приведённые затраты уменьшаются, то расчёт ведётся до тех пор пока величина приведённых затрат не станет минимальной;

4. Для упрощения расчётов рекомендуется в приведённых затратах учитывать только те расходы, которые меняются в зависимости от толщины конструкций.

По данным авторов (Исакович Г. А., Слуцкий Ю. Б.) известно, что увеличение толщины керамзитобетонной стеновой панели объёмной плотностью 1000 кг/м^3 на 5 см (с 35 до 40 см) практически незначительно влияют на приведённые затраты, но в целом экономически эффективно.

5. Выявлены закономерности:

5.1. Экономически эффективно увеличение толщины утеплителя в многослойной конструкции;

5.2. Экономически эффективно до определённых пределов увеличение толщины ячеистобетонных конструкций малой объёмной плотности;

5.3. Экономически неэффективно увеличение толщины лёгкобетонных конструкций объёмной плотностью 1200 и выше кг/м^3 ;

5.4. Повышение теплотехнических характеристик наружных стен и фактического сопротивления теплопередаче в 2 – 3 раза по сравнению с $R_0^{тп}$ может быть обеспечено только в многослойных конструкциях с эффективными утеплителями.

6. Экономия топливно-энергетических ресурсов при совершенствовании архитектурно-строительной части проектов могут быть обеспечены за счёт большого количества мероприятий и главными из них являются:

6.1. Сокращение площадей застройки и уменьшение объёмов и площадей производственных зданий в расчёте на единицу выпускаемой продукции;

6.2. Совершенствование объёмно-планировочных решений гражданских зданий и выбор типа застройки с учётом требований строительного-климатического зонирования территории Узбекистана;

6.3. Совершенствование стеновых конструкций и структуры их применения;

6.4. Совершенствование светопрозрачных конструкций и их площадей с учётом климата страны, также внедрение на них теплозащитных экранов;

6.5. Снижение материалоемкости и энергоёмкости строительных материалов, конструкций;

6.6. Внедрение эффективных систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и систем инженерного оборудования и контроля;

- 6.7. Широкое и льготное внедрение применения гелиосистем. Все эти и другие меры позволяют снизить энергоёмкость и эксплуатационные расходы до 15-25%;
- 6.8. Необходимость воспитания у людей сознания важности и актуальности экономного расхода энергии, в том числе тепловой;
- 6.9. Повышение уровня технической эксплуатации зданий и технического обслуживания;
- 6.10. Широкое использование для реконструкции и утепления зданий элементов индустриального изготовления – экранов и других решений.

7.5. Энергетическая эффективность наружных стен [48, 52, 62]

Для выяснения сравнительной энергетической эффективности решений наружных стен, применяемых в строительной практике в ЦНИИЭП жилища, НИИСФ и НИИЭС [48, 52] были выполнены расчёты по определению удельной энергоёмкости. Показатели энергоёмкости конструкций стен (на 1 м^2 за вычетом проёмов) приведены в таблицах 7.3-7.6.

Из таблиц 7.3 и 7.4. видно увеличение $R_0^{\text{сп}}$ достигаемое путём утолщения стен, приводит к незначительному снижению суммарного расхода тепла. Сравнительный анализ тепловой эффективности различных однослойных конструкций показал, что менее эффективным из них являются панели из керамзитобетона. При практически одинаковом $R_0^{\text{сп}}$ расход тепла больше на 13%, чем у домов с кирпичными стенами, а также, что утолщение стен из керамзитобетона с 300 до 400 мм уменьшает суммарный расход тепла всего на 6-10%.

В то же время переход от однослойной керамзитобетонной конструкции наружных стен к трёхслойным позволяет (табл. 7.4) снизить суммарные расходы тепла в 2 раза и уменьшить расход бетона и веса на 25-30%.

Введённый авторами показатель удельной энергоёмкости (в единицах условного топлива – расход всех ресурсов на изготовление, транспортировку и монтаж) отражает энергетическую эффективность сравниваемых вариантов ограждающих конструкций.

Из таблицы 7.5. видно, наиболее энергоёмкими являются наружные стены из керамзитобетона, в 3-х слойных конструкциях с гибкими связями и теплоизоляционным слоем из полистирольного пенопласта, энергозатраты на производство и монтаж их сокращаются почти в 2 раза, а суммарные энергозатраты по компенсации теплопотерь через стены снижаются также более, чем в 2 раза.

Анализ технико-экономических показателей, таблица 7.6. показали, что приведённые затраты и трудоёмкость кирпичных стен в 2-2,7 раза выше, чем у стен панельных, энергоёмкость кирпичных однослойных и панельных примерно одинаковые, однако керамзитобетонные панели обеспечивают снижение приведённых затрат до 20%. Приведённые энергозатраты по многослойным панелям ниже на 9-11% и эффективность их может возрастать.

Расход тепла однослойными наружными стенами зданий

Таблица 7.3

Конструкция аружной стены	R_0^*	Толщи- на, мм	Плотность бетона, кг/м ³	Годовой расход тепла на 1 м ² , МДж		
				0,08 Q_w	Q_b	Q_s
Кирпичные стены из пустотелого кирпича	1,1	510	1700	118	606	724
	1,3	640	1700	150	512	662
	1,58	770	1700	185	416	601
Однослойные ке- рамзитобетонные панели на порис- том песке	1,06	300	900	179	630	809
	1,19	350	900	206	575	781
	1,35	400	900	238	494	732
	1,02	300	1100	179	653	832
	1,08	400	1100	206	618	824
	1,2	450	1100	238	556	794
Однослойные па- нели из ячеистого бетона	0,9	300	900	99	742	841
	1,02	350	900	116	654	770
	1,15	400	900	132	580	712

Расход тепла многослойной наружными стенами зданий

Таблица 7.4

Утеплитель наружной стены	R_0^*	Толщина, мм		Плотность, кг/м ³		Годовой расход тепла на 1 м ² , МДж		
		общая	утеп- лителя	бетона	утеп- лителя	0,08 Q_w	Q_b	Q_s
Трёхслойные панели с гибкими связями из керамзитобетона на пористом песке								
Особо жёсткие минераловатные плиты ($\gamma=200\text{кг/м}^3$)	1,46	250	50	900	200	150	437	587
	2,08	300	100	900	200	181	315	496
	2,89	350	150	900	200	215	231	447
	1,37	250	50	1100	200	167	469	633
	1,97	300	100	1100	200	189	333	522
	2,72	350	150	1100	200	207	241	448
Полистирольные плиты ($\gamma=100\text{кг/м}^3$)	1,93	250	50	900	100	134	335	469
	2,74	300	100	900	100	149	239	388
	3,05	350	150	900	100	164	164	328
	1,72	250	50	1100	100	160	376	536
	2,69	300	100	1100	100	175	244	419
	3,76	350	150	1100	100	190	177	367
Трёхслойные панели с гибкими связями из тяжёлого бетона								
Особо жёсткие минераловатные плиты ($\gamma=200\text{кг/м}^3$)	1	250	50	2400	200	146	654	800
	1,64	300	100	2400	200	150	399	549
	2,33	350	150	2400	200	154	286	440
Полистирольные плиты ($\gamma=100\text{кг/м}^3$)	1,3	250	50	2400	100	130	502	632
	2,31	300	100	2400	100	121	290	411
	3,27	350	150	2400	100	109	204	313

Таблица 7.5.

Энергоёмкость наружных стен зданий

Конструктивное решение стен	Энергоёмкость, кг у. т.		
	Производства и возведение конструкций	Компенсации теплотерьер через стену за срок службы объекта	Суммарная
Из глиняного кирпича толщиной 64 см. $R_{0, \text{кп}} = 1,3$	116	1376	1492
Однослойные керамзитобетонные $\gamma = 1200 \text{ кг/м}^3$ толщиной 40 см, $R_{0, \text{кп}} = 1,018$	100	1757	1857
То же, $\gamma = 1000 \text{ кг/м}^3$ толщиной 40 см. $R_{0, \text{кп}} = 1,26$	101	1419	1520
Однослойные газобетонные $\gamma = 600 \text{ кг/м}^3$ толщиной 28 см, $R_{0, \text{кп}} = 1,383$	55	1293	1348
Трёхслойные на гибких связях толщиной 32,5 с теплоизоляционным слоем из ячеистого бетона толщиной 13,5 см, $R_{0, \text{кп}} = 1,146$	75	1495	1570
То же, толщиной 30 см с теплоизоляционным слоем минераловатных плит на синтетическом связующем толщиной 14 см, $R_{0, \text{кп}} = 1,499$	63	1193	1256
То же, толщиной 30 см с теплоизоляционным слоем из полистирольного пенопласта, толщиной 11 см, $R_{0, \text{кп}} = 2,242$	56	798	854

Таблица 7.6.

Технико-экономические показатели стен с приведённым сопротивлением теплопередаче

Показатели	Однослойные		Трёхслойные с гибкими связями				Кирпичные	
	Керамзитобетон плотный на керамзите		Из тяжёлого бетона		Из лёгкого бетона		Сплошной	Эффективный
	M400	M500	Пенополистирол	Минвата жёсткая	Пенополистирол	Минвата жёсткая		
Толщина стен, см	30	35	30	30	30	30	64	51
	35	40	30	35	30	35	64	51
Плотность, кг/м^3	900	1000	-	-	-	-	1800	1400
Приведённые затраты, руб/м^2	40,8	41,8	34,1	37,3	34,3	36,7	50,9	45,7
	40,7	41,9	40,7	41,9	34,1	34,6	50,9	45,7
Годовой расход на отопление, кг у. т.	23,1	22,3	10,5	16,9	9,9	15,5	22,6	20,7
	20,2	19,9	10,5	10	9,9	10,3	22,6	20,7
Энергоёмкость производства, кг у. т.	80,2	93,8	40,6	46	51,9	57,1	103,2	80,6
	96,1	107,6	40,6	58,6	51,9	61,7	103,2	81,6
Трудозатраты, чел.	2,7	2,75	3,1	3,1	3,1	3,1	7,2	7,2
	2,75	2,8	3,1	3,1	3,1	3,1	7,2	7,2

8. Выводы и предложения

8.1 Знание профессиональных методов и приемов проектирования теплозащиты зданий, теплофизических характеристик и расчетов ограждающих конструкций зданий, широкое внедрение энергосберегающей архитектуры зданий и методов технико-экономического обоснования их, а также выработка у выпускников архитектурно-строительных вузов аналитических подходов и навыков самостоятельной деятельности – требование Национальной программы подготовки кадров Узбекистана.

8.2 В условиях Узбекистана создание комфортной тепловой среды и архитектурно-организованного пространства невозможно без всестороннего учёта климатических особенностей региона. Плотность застройки, материал и тип ограждающей конструкции, ориентация зданий, инсоляция, солнцезащита, естественная вентиляция, озеленение и обводнение территории являются важнейшими компонентами создания комфортной внутренней среды помещения.

8.3 Способность к накоплению тепла или холода, так и тепловое сопротивление предопределяют ту форму и конструкцию здания, с помощью которых можно регулировать теплопередачу внутрь него.

8.4 Расчётами ведущих научно-исследовательских институтов (НИИСФ, ЦНИИЭП, ТашЗНИИЭП и других) доказана экономическая целесообразность повышения теплозащитных свойств стен, окон зданий, окупаемость которых достигается в 5-10 лет.

Регулирование микроклимата помещений необходимо и возможно осуществлять с помощью объёмно-планировочных и конструктивных решений, благоприятной ориентации, солнцезащиты, кубатуры помещения, режима проветривания и характера эксплуатации.

8.5 Проектирование энергоактивных зданий с учётом режима эксплуатации (закрытый, открытый, смешанный) типов погодных условий и режимов эксплуатации зданий является важнейшей задачей дня.

8.6 Заспылённость воздуха, частые пыльные бури и особенности ветрового режима, перегрева требуют разработки не только новых типологических решений, планировочных структур квартир, но и внедрения систем искусственной защиты.

8.7 Повышение теплотехнических качеств ограждающих конструкций должно быть направлено не только на снижение эксплуатационных и энергетических затрат при отоплении и охлаждении зданий, но дальнейшее повышение эффективности материалов, конструкций и в целом здания. Определение места материала по энергоёмкости, тепловой эффективности, эксплуатационным затратам и другим показателям сегодня крайне противоречивы и требуют комплексных исследований.

8.8 В настоящее время недостаточно применяется дополнительная теплоизоляция существующих зданий, где с помощью наружной или внутренней теплоизоляции можно обеспечить требуемую, действующим нормативам, тепловую защиту зданий, улучшить комфорт и социальный эффект.

8.9 Опыт зарубежных стран (США, Германия, Израиль и др.) по системному научно-практическому подходу к решению проблемы применения возобновляемых источников топлива, наличию широкой развитой индустрии как серийных,

так и индивидуальных видов гелиотехнического оборудования и гелиодомов с государственной поддержкой и льготами требует более широкого применения.

8.10 Национальная программа энергосбережения нашей страны требует решения данной проблемы на всех уровнях проектирования и эксплуатации. И в первую очередь снижения теплопотерь за счёт традиционных приёмов: улучшения теплоизоляции, качества решения остекления, ликвидации инфильтрации, повышения эффективности и КПД традиционных источников энергии и внедрения альтернативных энергоэкономичных, энергоактивных зданий.

9. Теплофизические понятия и определения

1. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА – теплообмен между двумя теплоносителями через разделяющую их твёрдую стенку или через поверхность раздела между ними.

2. КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ОГРАЖДЕНИЯ – количество тепла в больших калориях, передающееся в течение одного часа через один m^2 поверхности ограждения при разности температур воздуха с обеих сторон ограждения, равной 1° (К, ккал/ $m^2 \cdot ^{\circ}C$ или Вт/ $m^2 \cdot$ град).

3. ОБЩЕЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДЕНИЯ – время в часах, в течение которого через $1 m^2$ поверхности ограждения при разности температур воздуха с обеих сторон ограждения, равной 1° , передаётся одна большая калория тепла (величина, обратная коэффициенту теплопередачи ограждения (R_0 , ч.м. 2 град/ккал; m^2 град/Вт).

4. ТЕРМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ОГРАЖДЕНИЯ (СЛОЯ) (R_n) – время в часах, в течение которого через $1 m^2$ поверхности ограждения (слоя) при разности температур поверхностей ограждения (слоя), равной 1° , передаётся одна большая калория тепла (R_n , ч.м. 2 град/ккал; m^2 град/Вт).

5. КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОВОСПРИЯТИЯ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДЕНИЯ (α_n) – количество тепла в больших калориях, воспринимаемое $1 m^2$ внутренней поверхности ограждения в течение 1 ч. при разности температур между воздухом помещения и внутренней поверхности ограждения, равной 1° (α_n , ккал/ч м град; Вт/ m^2 град).

6. СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОВОСПРИЯТИЮ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДЕНИЯ (R_n) – время в часах, в течение которого $1 m^2$ поверхности ограждения при разности температур воздуха помещения и внутренней поверхности ограждения, равной 1° , воспринимает одну большую калорию тепла (величина, обратная коэффициенту тепловосприятия внутренней поверхности ограждения, т.е. равная $1/\alpha_n$).

7. КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛООТДАЧИ НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДЕНИЯ (α_n) – количество тепла в больших калориях, отдаваемое $1 m^2$ наружной поверхности ограждения в течение 1 часа при разности температур между наружной поверхностью ограждения и наружным воздухом, равное 1° (α_n , ккал/ч m^2 град; Вт/ m^2 град).

8. СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛООТДАЧЕ НАРУЖНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДЕНИЯ (R_n) – время в часах, в течение которого $1 m^2$ наружной поверхности ограждения при разности температур наружной поверхности и наружного воздуха, равной 1° , отдаёт одну большую калорию тепла (величина, обратная коэффи-

циенту теплоотдачи наружной поверхности ограждения равная $1/\alpha_n$ (R_n , ч.м.²град/ккал; м² град/вт)

9. КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ МАТЕРИАЛА (λ) – количество тепла в больших калориях, передающееся в течение 1 часа через 1 м² образца материала в виде стенки толщиной 1 м при разности температур на противоположных поверхностях образца равной 1° (λ , ккал/ч м град; вт/м град).

10. КОЭФФИЦИЕНТ ТЕМПЕРАТУРОПРОВОДНОСТИ – физический параметр вещества, численно равный отношению коэффициента теплопроводности к объёмной удельной теплоёмкости вещества.

11. КОНВЕКТИВНЫЙ ТЕПЛООБМЕН – теплообмен, обусловленный совместным действием конвективного и молекулярного переноса теплоты.

12. ТЕПЛООБМЕН ИЗЛУЧЕНИЕМ – теплообмен, обусловленный превращением внутренней энергии вещества в энергию излучения, переносом излучения и его поглощением веществом.

13. РАДИАЦИОННО-КОНДУКТИВНЫЙ ТЕПЛООБМЕН – теплообмен, обусловленный совместным переносом теплоты излучением и теплопроводностью.

14. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИИ ОГРАЖДЕНИЯ (СЛОЯ) (D) ИЛИ УСЛОВНАЯ ТОЛЩИНА ОГРАЖДЕНИЯ – величина, характеризующаяся числом температурных волн, располагающихся в толще ограждения (D , безразмерная).

15. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛОВОЙ ИНЕРЦИИ (УСЛОВНАЯ ТОЛЩИНА СЛОЯ РЕЗКИХ ТЕМПЕРАТУРНЫХ КОЛЕБАНИЙ) – слой, в котором располагается около 1/8 длины температурной волны. Величина характеристики тепловой инерции этого слоя l (D_v , безразмерная).

16. КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОУСВОЕНИЯ МАТЕРИАЛА – величина, характеризующая интенсивность восприятия тепла материалом при колебании температуры на его поверхности. Зависит от коэффициента теплопроводности λ , удельной теплоёмкости C , объёмного веса γ_0 и периода колебаний теплового потока Z (S , ккал/ч м² град; вт/м² град).

17. УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЁМКОСТЬ МАТЕРИАЛА – количество тепла в больших калориях, необходимое для нагревания 1 кг материала на 1° (C , ккал/кг град; дж/кг град).

18. АБСОЛЮТНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА (e) – количество водяных паров в г., содержащихся в 1 м³ влажного воздуха (P^1 , г/м³; кг/м³).

19. МАКСИМАЛЬНАЯ АБСОЛЮТНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА – максимальное количество водяных паров в г., содержащихся в 1 м³ воздуха при полном насыщении его водяными парами при данной температуре (E , г/м³, мм.рт.ст.; мб(кг/м³)).

20. ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ВЛАЖНОСТЬ ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЯ (ϕ_n) ИЛИ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА (ϕ_n) – отношение количества водяных паров, содержащихся в воздухе к количеству их, насыщающих воздух при данной температуре, или отношение действительной упругости водяных паров, содержащихся в воздухе, к максимальной упругости их при данной температуре (%).

21. КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОУСВОЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДЕНИЙ – величина амплитуды колебания теплового потока, воспринимаемого материалом

поверхности ограждения при амплитуде колебания её равной 1° (Γ , ккал/ч m^2 град; $вт/m^2$ град).

22. КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОПОГЛОЩЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ОГРАЖДЕНИЯ – величина амплитуды колебания теплового потока, воспринимаемого поверхностью ограждения при амплитуде колебания температуры воздуха, прилегающего к этой поверхности A , равной 1° (B , ккал/ч m^2 град; $вт/m^2$ град).

23. КОЭФФИЦИЕНТ ТЕПЛОУСТОЙЧИВОСТИ ОГРАЖДЕНИЯ – величина, характеризующая степень понижения температуры внутренней поверхности наружного ограждения при колебании теплового потока, проходящего через него. иными словами, величина, показывающая, какой амплитуды достигают колебания потока через внутреннюю поверхность наружного ограждения при амплитуде колебания её температуры в 1° .

24. КОЭФФИЦИЕНТ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ (ИНФИЛЬТРАЦИИ) МАТЕРИАЛА – количество воздуха в кг, проходящее в течение 1ч через $1m^2$ плоской стены, сделанной из данного материала и имеющей толщину, равную 1м, при разности давлений воздуха с обеих сторон её, равной 1 мм. рт.ст. (i , кг/м мм вод.ст.).

25. СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАНИЮ (ИНФИЛЬТРАЦИИ) СЛОЯ ОГРАЖДЕНИЯ – время в часах, в течение которого через $1m^2$ слоя ограждения при разности давлений воздуха с обеих сторон его, равной 1мм.вод.ст., проходит 1кг воздуха (R_n , m^2 мм.вод.ст.ч/кг; н.сек/кг; мин сек/кг).

26. УПРУГОСТЬ ВОДЯНОГО ПАРА ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЯ (e_n) ИЛИ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА (e_n) – парциальное давление водяного пара при данном насыщении его (e_n , e_n , мм.рт.ст.; H/m^2).

27. МАКСИМАЛЬНАЯ УПРУГОСТЬ ВОДЯНОГО ПАРА ВОЗДУХА ПОМЕЩЕНИЯ (E_n) ИЛИ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА (E_n) – парциальное давление водяного пара при полном насыщении воздуха при данной температуре (E_n , E_n , мм.рт.ст.; H/m^2).

28. КОЭФФИЦИЕНТ ПАРПРОНИЦАЕМОСТИ МАТЕРИАЛА – количество водяного пара в г., проходящее путём диффузии в течение 1ч. через $1m^2$ плоской стенки, сделанной из данного материала, имеющей толщину, равную 1м, при разности упругостей водяного пара с обеих сторон, равной 1мм.рт.ст. (μ , г/мм рт.ст.; кг/Нм/сек.).

29. СОПРОТИВЛЕНИЕ ПАРПРОНИЦАНИЮ СЛОЯ ОГРАЖДЕНИЯ – время в часах, в течение которого через $1m^2$ поверхности слоя ограждения при разности упругостей водяного пара с обеих сторон этого слоя, равной 1 мм рт.ст. ч/г; H сек/кг, или $Гн/сек/кг$).

30. ТОЧКА РОСЫ – температура воздуха, при которой его водяные пары становятся насыщенными (τ_p , град).

31. ТЕПЛОПТЕРИ ПОМЕЩЕНИЙ – количество тепла в больших calorиях, теряемое помещениями в течение 1 ч через ограждения (Q , ккал/ч; $вт$).

32. ВЕЛИЧИНА ЗАТУХАНИЯ КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НАРУЖНОГО ВОЗДУХА В ОГРАЖДАЮЩЕЙ КОНСТРУКЦИИ – величина, показывающая во сколько раз уменьшится амплитуда колебания, идущая с длины, при достижении её внутренней поверхности. (ν – безразмерная величина).

33. Надежность здания – есть свойство его выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационно-технические показатели в указанных пределах в течении нормативного срока службы. Надежность характеризуют главные показатели: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и ряд других, таких как время работы, ремонтноспособность, восстанавливаемость и т.д.

34. Безотказность – свойство здания сохранять работоспособность в течении некоторого времени без вынужденных перерывов, определяется прочностями и качественными, в том числе и теплотехническими показателями конструкций, изделий и материалов.

35. Долговечность – свойство здания сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонтов, характеризуется ресурсом или сроком службы, обеспечиваемым в процессе технической эксплуатации.

36. Ремонтпригодность – способность к предупреждению и устранению отказов и неисправностей путем технического обслуживания, ремонтов, определяется конструктивной схемой, компоновкой в системе здания элементов и изделий.

37. Ремонтоспособность – вероятность того, что отказавший элемент будет доведен до рабочего состояния за время ремонта, не превышающий заданный срок.

При эксплуатации здания следует учитывать две разновидности долговечности: физическую (техническую) и моральную (технологическую).

38. Физическая долговечность – это ресурс, или время работы, обеспечиваемое физическими свойствами, техническими характеристиками конструкций по прочности, герметичности, теплозвукоизоляции и другим параметрам.

39. Моральная долговечность – это время, в течение которого здание соответствует своему назначению и обеспечивает осуществление заданных функциональных и технологических процессов.

Оба понятия взаимосвязаны, влияют друг на друга и характеризуют состояние здания во времени. С этой точки зрения идеальным было бы здание с физической и моральной равнодолговечностью, что не реально. Срок службы капитальных зданий исчисляется, как правило, многими десятками лет. Социальный прогресс ускоряет моральный износ в более быстрых темпах, в результате моральная долговечность зданий всех назначений всегда ниже физической.

ПУТИ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГОЭКОНОМИЧЕСКИХ
ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Непрозрачные ограждения

Свето пропускающие, светоак-
кумулярующие ограждения

Применение высокоэффективных
теплоизоляционных материалов

Увеличение числа слоев
остекления

Повышение термической одно-
родности ограждения (стыки,
теплопроводные включения).

Уменьшение площади остекле-
ния до нормативных требова-
ний по освещенности

Оптимизация толщин и разме-
шение теплоизоляционных и
теплоаккумулирующих слоев
ограждения

Применение теплоотражающих
солнцезащитных (меняющих
прозрачность под действием
ультрафиолет. лучей) стекол

Устройство в ограждении
прослойк, вентилируемых
удаляемым из помещения
воздухом

Повышение теплозащитных
качеств оконных переплетов
(применение малотеплопро-
водных материалов, разрыв
мостиков холода).

Остекление фасадов для
утилизации тепла солнечной
радиации

Снижение воздухо-
проницаемости примыканий
элементов конструкции

Применение водонаполненных
покрытий в южных районах

Повышение теплозащиты
светопроемов в ночное время

Использование грунта в
качестве ограждающих
конструкций

Обеспечение снижения
поступлений от солнечной
радиации летом и
повышение зимой

Устройство в ограждении тра-
нсформируемых (вентилируемых
летом и замкнутых зимой) во-
здушных прослойк, вентили-
руемых наружным воздухом

Удаление воздуха через
межстекольное пространство

Увеличение ширины, длины
и этажности здания

Обоснование формы здания
и его ориентация
по сторонам света

факторы, влияющие на энергоемкость конструкций

10. Приложение

Приложение № 1

Таблица перевода размеров теплофизических величин из технической системы в международную и обратно

Наименование величин	Обозначения	Размеры величин		Переводные коэффициенты	
		МКГСС	СИ	Из МКГСС в СИ	Из СИ в МКГСС
1. Количество тепла	Q	ккал	кДж	4,187	0,239
2. Поток тепла	Q, J	ккал/ч	Вт	1,163	0,86
3. Коэффициент теплопроводности	λ	ккал/(м·ч·°C)	Вт/(м·°C)	1,163	0,86
4. Коэффициенты: Теплообмена Теплопередачи Теплоусвоения Теплопоглощения	α K S, Y B	ккал/(м ² ·ч·°C)	Вт/(м ² ·°C)	1,163	0,86
5. Сопротивления: Теплопередача Термическое	R ₀ R	(м ² ·ч·°C)/ккал	(м ² ·°C)/Вт	0,86	1,163
6. Удельная теплоёмкость	C	ккал/(кг·°C)	кДж/(кг·°C)	4,187	0,239
7. Коэффициент температуры проводимости	α	мг/ч	мг/с	2,78·10 ⁻⁴	3600
8. Давление водяного пара	E, e	мм рт.ст.	Па	133,3	0,0075
9. Коэффициент паропроницаемости	μ	г/(м·ч·мм рт.ст.)	кг/(Па·с)	4,81·10 ⁸	2,08·10 ⁻⁹
10. Сопротивление паропроницаемости	R ₀	(м ² ·ч·мм рт.ст.)	м ² ·Па·с/кг	2,08·10 ⁻⁹	4,81·10 ⁸
11. Давление воздуха	P	мм. вод. ст.	Па	9,81	0,102
12. Коэффициент воздухопроницаемости	i	кг/(мм·ч·мм.в.од.ст.)	кг/(Па·м·с)	2,83·10 ⁻⁵	3,53·10 ⁴
13. Сопротивление воздухопроницаемости	R _ч	м ² ·ч·мм.вод.ст./кг	м ² ·Па·с/кг	3,53·10 ⁴	2,83·10 ⁻⁵

Теплотехнические показатели строительных материалов и конструкций

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчётное массовое отношение влаги в материале (при условии эксплуатации по п.1.3.) W, %		Расчётные коэффициенты (при указанных эксплуатационных по п.1.3.)				
	плотность ρ , кг/м ³	удельная теплоёмкость C_p , кДж/(кг·°C)	коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)			теплопроводности λ , Вт/(м·°C)		теплопроводности λ , Вт/(м·°C)		теплоусвоения (при периоде 24 ч.) S, Вт/(м ² ·°C)
				А	Б	А	Б	А	Б	А, Б
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
А Бетоны и растворы										
А Бетоны на природных гидратных вяжущих										
1 Железобетон	2500	0,84	1,69	2	3	0,92	2,04	17,98	16,95	0,03
2 Бетон на гравии или щебне из природной каменной массы	2400	0,84	1,51	2	3	1,74	1,86	16,77	17,88	0,03
Б Бетоны на природных вяжущих										
3 Тиробетон	1800	0,84	0,64	7	10	0,87	0,99	11,38	12,79	0,090
4 — —	1600	0,84	0,52	7	10	0,70	0,81	9,62	10,91	0,11
5 — —	1450	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,11
6 — —	1200	0,84	0,29	7	10	0,41	0,47	6,38	7,20	0,12
7 Пескобетон	1600	0,84	0,52	4	6	0,62	0,68	8,54	9,30	0,075
8 — —	1400	0,84	0,42	4	6	0,49	0,54	7,10	7,76	0,093
9 — —	1200	0,84	0,34	4	6	0,40	0,43	5,94	6,41	0,098
10 — —	1000	0,84	0,26	4	6	0,30	0,34	4,69	5,26	0,11
11 — —	800	0,84	0,19	4	6	0,22	0,26	3,60	4,07	0,12
12 Бетоны на вулканических вяжущих	1600	0,84	0,52	7	10	0,64	0,70	9,20	10,14	0,075
13 То же	1400	0,84	0,41	7	10	0,52	0,58	7,76	8,63	0,083
14 — —	1200	0,84	0,33	7	10	0,41	0,47	6,38	7,20	0,090
15 — —	1000	0,84	0,24	7	10	0,29	0,35	4,90	5,67	0,095
16 — —	800	0,84	0,20	7	10	0,23	0,29	3,90	4,61	0,11
В Бетоны на искусственных вяжущих										
17 Керамзитобетон на керамзитовом песке и керамзитовом бетоне	1800	0,84	0,66	5	10	0,80	0,92	10,50	12,33	0,090
18 То же	1600	0,84	0,58	5	10	0,67	0,79	9,06	10,77	0,090
19 — —	1400	0,84	0,47	5	10	0,56	0,65	7,75	9,14	0,098
20 — —	1200	0,84	0,36	5	10	0,44	0,52	6,36	7,57	0,11
21 — —	1000	0,84	0,27	5	10	0,33	0,41	5,03	6,13	0,14
22 — —	800	0,84	0,21	5	10	0,24	0,31	3,83	4,77	0,19
23 — —	600	0,84	0,16	5	10	0,20	0,26	3,03	3,78	0,26
24 — —	500	0,84	0,14	5	10	0,17	0,23	2,55	3,25	0,30
25 Керамзитобетон на кварцевом песке с поризацией	1200	0,84	0,41	4	8	0,52	0,58	6,77	7,72	0,075
26 То же	1000	0,84	0,33	4	8	0,41	0,47	5,49	6,35	0,075
27 — —	800	0,84	0,23	4	8	0,29	0,35	4,13	4,90	0,075
28 Керамзитобетон на перлитовом песке	1000	0,84	0,28	9	13	0,35	0,41	5,57	6,43	0,15
29 То же	800	0,84	0,22	9	13	0,29	0,35	4,54	5,37	0,17
30 Шугитобетон	1400	0,84	0,45	4	7	0,56	0,64	7,59	8,60	0,075
31 — —	1200	0,84	0,36	4	7	0,44	0,50	6,23	7,04	0,11
32 — —	1000	0,84	0,27	4	7	0,33	0,38	4,92	5,60	0,14
33 Перлитобетон	1200	0,84	0,29	10	15	0,44	0,50	6,96	8,01	0,15
34 — —	1000	0,84	0,22	10	15	0,33	0,38	5,50	6,38	0,19
35 — —	800	0,84	0,16	10	15	0,27	0,33	4,45	5,32	0,26
36 — —	600	0,84	0,12	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,36
37 Шамотобетон (травянистый)	1800		0,52	5	8	0,63	0,76	9,32	10,83	0,075
38 То же	1600	0,84	0,41	5	8	0,52	0,63	7,98	9,29	0,090
39 — —	1400	0,84	0,35	5	8	0,44	0,52	6,87	7,90	0,098
40 — —	1200	0,84	0,29	5	8	0,37	0,44	5,83	6,73	0,11

41. -- I --	1000	0,84	0,23	5	8	0,31	0,37	4,87	5,63	0,11
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
42. Шпательбетонно- и пластмассобетон	1600	0,84	0,47	8	11	0,63	0,70	9,29	10,31	0,09
43. То же	1400	0,84	0,35	8	11	0,72	0,58	7,90	8,78	0,094
44. -- I --	1200	0,84	0,29	8	11	0,41	0,47	6,49	7,31	0,11
45. -- I --	1000	0,84	0,23	8	11	0,35	0,41	5,48	6,24	0,1
46. -- I --	800	0,84	0,17	8	11	0,29	0,35	4,46	5,15	0,13
47. Бетон на доменных гранулированных шлаках	1800	0,84	0,58	5	8	0,70	0,81	9,82	11,18	0,081
48. То же	1600	0,84	0,47	5	8	0,58	0,64	8,43	9,37	0,09
49. -- I --	1400	0,84	0,41	5	8	0,52	0,58	7,46	8,34	0,094
50. -- I --	1200	0,84	0,35	5	8	0,47	0,52	6,57	7,31	0,11
51. Агазобетон и бетоны на топливных (котельных) шлаках	1800	0,84	0,70	5	8	0,85	0,93	10,82	11,94	0,075
52. То же	1600	0,84	0,58	5	8	0,72	0,79	9,50	10,34	0,081
53. -- I --	1400	0,84	0,47	5	8	0,59	0,65	7,92	8,83	0,09
54. -- I --	1200	0,84	0,35	5	8	0,48	0,54	6,64	7,45	0,11
55. -- I --	1000	0,84	0,29	5	8	0,38	0,44	5,59	6,14	0,14
56. Бетон на зольном гравии	1400	0,84	0,47	5	8	0,52	0,58	7,46	8,24	0,09
57. То же	1200	0,84	0,35	5	8	0,41	0,47	6,14	6,95	0,11
58. То же	1000	0,84	0,24	5	8	0,30	0,35	4,79	5,48	0,12
59. Вермикулитобетон	800	0,84	0,21	8	13	0,23	0,26	3,97	4,58	0,1
60. -- I --	600	0,84	0,14	8	13	0,16	0,17	2,87	3,21	0,13
61. -- I --	400	0,84	0,09	8	13	0,11	0,13	1,94	2,29	0,19
62. -- I --	200	0,84	0,08	8	13	0,09	0,11	1,32	1,83	0,23
Г. Бетоны тяжелые										
63. Глино- и пескобетон, глино- и пескогранит	1000	0,84	0,29	10	15	0,41	0,47	6,33	7,06	0,11
64. То же	800	0,84	0,21	10	15	0,33	0,37	4,92	5,63	0,14
65. -- I --	600	0,84	0,14	8	12	0,22	0,26	3,56	3,95	0,17
66. -- I --	400	0,84	0,11	8	12	0,14	0,15	2,19	2,42	0,23
67. -- I --	200	0,84	0,08	8	12	0,11	0,13	1,68	1,95	0,26
68. Глино- и пескообетон	1200	0,84	0,29	15	22	0,52	0,58	8,17	9,46	0,071
69. То же	1000	0,84	0,23	15	22	0,44	0,50	6,86	8,01	0,094
70. -- I --	800	0,84	0,17	15	22	0,35	0,41	5,48	6,49	0,12
Д. Цементные, известковые и глиняные растворы										
71. Цементно-песчаный	1800	0,84	0,58	2	4	0,76	0,91	9,60	11,09	0,09
72. Садовый (глино-, известк., цемент)	1700	0,84	0,52	2	4	0,70	0,87	8,93	10,42	0,094
73. Известково-песчаный	1600	0,84	0,47	2	4	0,70	0,81	8,60	9,76	0,12
74. Цементно-глиняный	1400	0,84	0,41	2	4	0,63	0,64	7,90	8,11	0,11
75. -- I --	1200	0,84	0,35	2	4	0,47	0,58	6,16	7,13	0,14
76. Цементно-известковый	1000	0,84	0,23	7	12	0,26	0,30	4,69	5,42	0,17
77. -- I --	800	0,84	0,16	7	12	0,21	0,26	3,73	4,51	0,16
78. Гипсопесчаный	600	0,84	0,14	10	15	0,19	0,23	3,24	3,84	0,17
79. Переклаиваемый гипсопесчаный	500	0,84	0,12	6	10	0,15	0,19	2,44	3,05	0,43
80. То же	400	0,84	0,09	6	10	0,13	0,15	2,03	2,35	0,53
81. Плиты из гонца	1200	0,84	0,35	4	6	0,41	0,47	6,01	6,70	0,094
82. То же	1000	0,84	0,23	4	6	0,29	0,35	4,62	5,28	0,11
83. Листы глиняные облицовочные (сухая штукатурка)	800	0,84	0,15	4	6	0,19	0,21	3,34	3,66	0,075
И. Кирпичная кладка и облицовка природным камнем										
А. Кирпичная кладка из обыкновенного кирпича										
84. Глиняного облицовочного (ГОСТ 130-80) на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,56	1	2	0,70	0,81	9,50	10,12	0,11
85. Глиняного облицовочного на цементно-известковом растворе	1700	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,76	8,64	9,70	0,15
86. Глиняного облицовочного на цементно-песчаном растворе	1600	0,88	0,47	2	4	0,58	0,70	8,08	9,23	0,15
87. Садового (ГОСТ 179-79) на цементно-известковом растворе	1800	0,88	0,70	2	4	0,76	0,87	9,77	10,90	0,11
88. Терракотовый (ГОСТ 648-	1200	0,88	0,35	2	4	0,47	0,52	6,26	6,49	0,19

73) на цементно-песчаном растворе	2	1	4	5	6	7	8	9	10	11
88 То же	1060	0,88	0,29	2	4	0,41	0,47	5,35	5,96	0,23
89 Шпательное на цементно-песчаном растворе	1500	0,88	0,52	1,5	3	0,64	0,70	8,12	8,76	0,11
Б. Карпичная кладка из кирпича обыкновенного и силикатного пустотного										
91 Карпический пустотного плотности: 1400 кг/м³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1600	0,88	0,47	1	2	0,58	0,64	7,91	8,48	0,14
92 Карпического пустотного плотности: 1300 кг/м³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1400	0,88	0,41	1	2	0,52	0,58	7,01	7,56	0,16
93 Карпического пустотного плотности: 1000 кг/м³ (брутто) на цементно-песчаном растворе	1200	0,88	0,35	1	2	0,47	0,52	6,16	6,62	0,17
94 Силикатного одинарного пустотного на цементно-песчаном растворе	1500	0,88	0,64	2	4	0,70	0,81	8,59	9,63	0,13
95 Силикатного четвертьпустотного на цементно-песчаном растворе	1400	0,88	0,52	2	4	0,64	0,76	7,93	9,01	0,14
В. Облицовка природными камнями										
98 Гранит, гнейс и базальт	2500	0,88	3,49	0	0	3,49	3,49	25,04	25,04	0,008
99 Мрамор	2500	0,68	2,91	0	0	2,91	2,91	22,86	22,86	0,008
98 Известняк	2000	0,88	0,93	2	3	1,16	1,28	12,77	13,70	0,06
99 — — —	1800	0,88	0,70	2	3	0,93	1,05	10,85	11,77	0,075
100. — — —	1500	0,88	0,58	2	3	0,73	0,81	9,06	9,75	0,09
101 — — —	1400	0,88	0,49	2	3	0,56	0,58	7,42	7,42	0,11
102 Грф	2000	0,88	0,76	3	5	0,93	1,08	11,68	12,92	0,075
103 — — —	1800	0,88	0,56	3	5	0,70	0,81	9,61	10,76	0,083
104 — — —	1600	0,88	0,41	3	5	0,52	0,64	7,81	9,02	0,09
105 — — —	1400	0,88	0,33	3	5	0,43	0,52	6,64	7,60	0,098
106 — — —	1200	0,88	0,23	3	5	0,35	0,41	5,55	6,25	0,11
107 — — —	1000	0,88	0,21	3	5	0,24	0,29	4,20	4,80	0,11
И. Доски, клеенка из древесины поперечным срезом, ламинация										
108 Сосна и ель, четверть волокон (ГОСТ 8486-66**, ГОСТ 9463-72**)	500	2,30	0,09	15	20	0,14	0,18	3,87	4,54	0,06
109 Сосна и ель, вдоль волокон	500	2,30	0,18	15	20	0,29	0,35	5,56	6,33	0,32
110 Дуб, поперек волокон (ГОСТ 9462-71*, ГОСТ 2693-83)	700	2,30	0,10	10	15	0,18	0,23	5,00	5,86	0,05
111 Дуб, вдоль волокон	700	2,30	0,21	10	15	0,35	0,41	6,9	7,83	0,30
112 Фанера клееная (ГОСТ 3916-60)	600	2,30	0,12	10	13	0,15	0,18	4,22	4,73	0,02
113 Картона облицовочный	1000	2,30	0,18	5	10	0,21	0,23	6,20	6,75	0,06
114 Картона строительный влагостойкий (ГОСТ 4408-74*)	650	2,30	0,13	6	12	0,15	0,18	4,26	4,89	0,052
115 Плиты древесноволокнистые и древесно-стружечные (ГОСТ 4598-74*, ГОСТ 10632-77*)	1000	2,30	0,15	10	12	0,23	0,29	6,75	7,70	0,12
116 То же	800	2,30	0,13	10	12	0,19	0,23	5,49	6,13	0,12
117 Плиты древесноволокнистые и древесно-стружечные (ГОСТ 4598-74*, ГОСТ 10632-77*)	600	2,30	0,11	10	12	0,13	0,16	3,93	4,43	0,13
118 То же	400	2,30	0,08	10	12	0,11	0,13	2,95	3,26	0,19
119 — — —	200	2,30	0,06	10	12	0,07	0,08	1,67	1,81	0,24
120 Плиты фибролитные (ГОСТ 8928-81) и арболит (ГОСТ 19222-84) на поргидроцементе	800	2,30	0,16	10	15	0,24	0,30	6,17	7,16	0,11
121 То же	600	2,30	0,12	10	15	0,18	0,23	4,62	5,43	0,14
122 — — —	400	2,30	0,08	10	15	0,13	0,16	3,21	3,79	0,26

123	- II -	300	2,30	0,07	10	15	0,11	0,14	2,56	2,99	0,30
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
124	Плиты камишитовые	300	2,30	0,07	10	15	0,09	0,14	2,31	2,99	0,45
125	То же	200	2,30	0,06	10	15	0,07	0,09	1,67	1,96	0,49
126	Плиты торфяные теплоизоляционные (ГОСТ 4861-74)	300	2,30	0,064	15	20	0,07	0,08	2,12	2,34	0,19
127	То же	200	2,30	0,052	15	20	0,06	0,064	1,60	1,71	0,49
128	Панели	150	2,30	0,05	7	12	0,06	0,07	1,30	1,47	0,49
IV Теплоизоляционные изделия											
А. Минераловатные и стекловатные											
129	Маты минераловатные прошивные (ГОСТ 21880-76) и на синтетическом связующем (ГОСТ 9573-82)	125	0,84	0,056	2	5	0,064	0,07	0,73	0,82	0,30
130	То же	75	0,84	0,052	2	5	0,06	0,064	0,55	0,61	0,49
131	- II -	50	0,84	0,048	2	5	0,052	0,06	0,42	0,48	0,53
132	Плиты матовые, полужесткие и жесткие минераловатные на синтетическом и битумном связующем (ГОСТ 9573-82, ГОСТ 10140-80, ГОСТ 12194-66)	350	0,84	0,091	2	5	0,09	0,11	1,46	1,72	0,38
133	То же	300	0,84	0,084	2	5	0,087	0,09	1,32	1,44	0,41
134	- II -	200	0,84	0,070	2	5	0,076	0,08	1,01	1,11	0,49
135	- II -	100	0,84	0,056	2	5	0,06	0,07	0,64	0,73	0,56
136	- II -	50	0,84	0,048	2	5	0,052	0,06	0,42	0,48	0,60
137	Плиты минераловатные повышенной жесткости на органическом связующем (ТУ 21-РСФСР-3-72-76)	200	0,84	0,064	1	2	0,07	0,076	0,94	1,01	0,45
138	Плиты полужесткие минераловатные на кремниевом связующем (ТУ 400-1-61-74 Московского)	200	0,84	0,07	2	5	0,076	0,08	1,01	1,11	0,38
139	То же	125	0,84	0,056	2	5	0,06	0,064	0,70	0,78	0,38
140	Плиты из стекляного огнестойкого волокна на синтетическом связующем (ГОСТ 10499-78)	50	0,84	0,056	2	5	0,06	0,064	0,44	0,50	0,60
141	Маты и полосы из стекляного волокна прошивные (ТУ 6-05-11-78-78)	150	0,84	0,061	2	5	0,064	0,07	0,80	0,90	0,53
Б. Полимерные											
142	Пенополиэстерон (ТУ 6-05-11-78-78)	150	1,34	0,05	1	5	0,052	0,06	0,89	0,99	0,05
143	То же	100	1,34	0,041	2	10	0,041	0,052	0,65	0,82	0,05
144	Пенополиэстерон (ГОСТ 15588-70*)	40	1,34	0,038	2	10	0,041	0,05	0,41	0,49	0,05
145	Пенопласт ПДБ-1 (ТУ 6-05-11-79-75) и ПБ-1 (ТУ 6-05-11-58-78)	125	1,26	0,052	2	10	0,06	0,064	0,86	0,99	0,23
146	То же	100 и меньше	1,26	0,041	2	10	0,05	0,052	0,68	0,80	0,23
147	Пенополиуретан (ТУ В-56-70, ТУ 67-98-75, ТУ 67-87-75)	80	1,47	0,041	2	5	0,05	0,05	0,67	0,70	0,05
148	То же	60	1,47	0,035	2	5	0,041	0,041	0,53	0,58	0,05
149	То же	40	1,47	0,029	2	5	0,04	0,04	0,40	0,42	0,05
150	Плиты из вспененного формальдегидного пенопласта (ГОСТ 20916-75)	100	1,68	0,047	5	20	0,052	0,076	0,85	1,18	0,15
151	То же	75	1,68	0,043	5	20	0,05	0,07	0,72	0,98	0,23
152	- II -	50	1,68	0,041	5	20	0,05	0,064	0,59	0,77	0,23
153	- II -	40	1,68	0,038	5	20	0,041	0,06	0,48	0,66	0,23
154	Перлитопенопласт (ТУ 180-1-145-74)	200	1,05	0,041	2	3	0,052	0,06	0,93	1,01	0,008
155	То же	100	1,05	0,035	2	3	0,041	0,05	0,58	0,66	0,008
156	Перлитопенопласт (ГОСТ 21500-76)	300	1,05	0,076	3	12	0,08	0,12	1,43	2,02	0,20
157	То же	200	1,05	0,064	3	12	0,07	0,09	1,10	1,43	0,23
В. Битумные											
158	Стеклоэпитаксиальный (ГОСТ 9759-81)	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,23	3,36	3,60	0,21

159 То же	400	0,84	0,14	2	3	0,17	0,20	2,62	2,91	0,23
160 - I -	400	0,84	0,12	2	3	0,13	0,14	1,87	1,99	0,24
161 То же	300	0,84	0,108	2	3	0,12	0,13	1,58	1,66	0,25
162 - II -	300	0,84	0,099	2	3	0,11	0,12	1,22	1,30	0,26
163 Гравий щеполюктовый (ГОСТ 19345-83)	800	0,84	0,16	2	4	0,20	0,23	3,28	3,68	0,21
164 То же	600	0,84	0,13	2	4	0,16	0,20	2,54	2,97	0,21
165 - I -	400	0,84	0,11	2	4	0,13	0,14	1,87	2,03	0,23
166 Щебень из доменного шлака (ГОСТ 5578-76), шлаковой пемзы (ГОСТ 9760-75) и аглопорита (ГОСТ 11991-83)	800	0,84	0,18	2	3	0,21	0,24	3,16	3,43	0,21
167 То же	600	0,84	0,15	2	3	0,18	0,21	2,70	2,98	0,23
168 - I -	400	0,84	1,122	2	3	0,14	0,16	1,94	2,12	0,24
169 Щебень и песок из перлита вспученного (ГОСТ 10832-83)	600	0,84	0,11	1	2	0,111	0,12	2,07	2,20	0,25
170 То же	400	0,84	0,076	1	2	0,087	0,09	1,20	1,26	0,26
171 - I -	200	0,84	0,064	1	2	0,076	0,08	0,99	1,04	0,24
172 Вермикулит вспученный (ГОСТ 12665-67)	200	0,84	0,076	1	3	0,09	0,11	1,08	1,24	0,23
173 То же	100	0,84	0,064	1	3	0,076	0,08	0,70	0,75	0,25
174 Песок для строительных работ (ГОСТ 8736-77*)	1600	0,84	0,35	1	2	0,47	0,58	6,95	7,91	0,17
Г. Пеностекло или газостекло										
175 Пеностекло или газостекло (ТУ 21-00СР-86-73)	400	0,84	0,11	1	2	0,12	0,14	1,76	1,94	0,02
176 То же	300	0,84	0,09	1	2	0,11	0,12	1,46	1,56	0,02
177 - I -	200	0,84	0,07	1	2	0,08	0,09	1,01	1,10	0,01
У. Материалы кровельные, гидроизоляционные, облицовочные и отделочные материалы										
А. Асбестоцементные										
178 Листы асбестоцементные плоские (ГОСТ 18124-75*)	1800	0,84	0,35	2	3	0,47	0,52	7,55	8,12	0,03
179 То же	1600	0,84	0,33	2	3	0,35	0,41	6,14	6,80	0,03
Б. Битумные										
180 Битумы нефтяные строительные и кровельные (ГОСТ 6617-76*, ГОСТ 9548-74*)	1400	1,68	0,27	0	0	0,27	0,27	6,80	6,80	0,008
181 То же	1200	1,68	0,23	0	0	0,23	0,23	5,69	5,69	0,008
182 - I -	1000	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	4,56	4,56	0,008
183 Асфальтобетоны (ГОСТ 9128-84)	2100	1,68	1,05	0	0	1,05	1,05	16,43	16,43	0,008
184 Изделия из вспученного перлита на битумном связующем (ГОСТ 16135-80)	400	1,68	0,111	1	2	0,12	0,13	2,45	2,59	0,04
185 Изделия из вспученного перлита на битумном связующем (ГОСТ 16135-80)	300	1,68	0,087	1	2	0,09	0,099	1,84	1,93	0,04
186 Рубероид (ГОСТ 10923-82), перлитовый (ГОСТ 2697-83), галь (ГОСТ 10990-76*)	600	1,68	0,17	0	0	0,17	0,17	3,53	3,53	
В. Линолеумы										
187 Линолеум поливинилхлоридный многослойный (ГОСТ 14632-79)	1800	1,47	0,38	0	0	0,38	0,38	6,56	6,56	0,002
188 То же	1600	1,47	0,33	0	0	0,33	0,33	5,52	5,52	0,002
189 Линолеум поливинилхлоридный на тканевой подложке (ГОСТ 7251-77)	1800	1,47	0,35	0	0	0,35	0,35	8,22	8,22	0,002
190 То же	1600	1,47	0,29	0	0	0,29	0,29	7,05	7,05	0,002
191 - I -	1400	1,47	0,23	0	0	0,23	0,23	5,87	5,87	0,002
VI. Материалы и смеси										
192 Галь стержневая армирующая (ГОСТ 10884-81)	7850	0,482	58	0	0	58	58	126,5	126,5	0
193 Чурун	7200	0,482	50	0	0	50	50	112,5	112,5	0

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
194 Алюминий (ГОСТ 23233-83)	2600	0,84	221	0	0	221	221	187,6	187,6	0
195 Медь (ГОСТ 859-78)	8500	0,42	407	0	0	407	407	326	326	0
196 Стекло оконное (ГОСТ 111-78)	2506	0,84	0,76	6	6	0,76	0,76	10,79	10,79	6

Примечания: 1. Расчётные значения коэффициента (при периоде 24 ч.) материала в конструкции вычислены по формуле $s = 0,27\sqrt{(\lambda\gamma_0 c_0 + 0,419\omega)}$, где λ , γ_0 , c_0 , ω принимают по соответствующим графам настоящего приложения.

2. Характеристики материалов в сухом состоянии приведены при массовом отношении влаги в материале w , %, равном нулю.

Приложение № 3

Приведённое сопротивление теплопередаче окон, балконных дверей и фонарей

Заполнение светового проёма	Приведённое сопротивление теплопередаче R_0 , $m^2 \cdot ^\circ C / Bt$	Заполнение светового проёма	Приведённое сопротивление теплопередаче R_0 , $m^2 \cdot ^\circ C / Bt$
1. Одинарное остекление в деревянных переплётах	0,18	10. Блоки стеклянные пустотелые размерами 244×244×98 мм при ширине швов 6 мм	0,33
2. Одинарное остекление в металлических переплётах	0,15	11. Профильное стекло швеллерного сечения	0,16
3. Двойное остекление в деревянных спаренных переплётах	0,39	12. Профильное стекло коробчатого сечения	0,31
4. Двойное остекление в деревянных раздельных переплётах	0,42	13. Органическое стекло одинарное	0,19
5. Двойное остекление в металлических раздельных переплётах	0,34	14. Органическое стекло двойное	0,36
6. Двойное остекление витрин в металлических раздельных переплётах	0,31	15. Органическое стекло тройное	0,52
7. Тройное остекление в деревянных раздельно-спаренных переплётах	0,55	16. Двухслойные стеклопакеты в деревянных переплётах	0,36
8. Тройное остекление в металлических раздельных переплётах окон	0,46	17. Двухслойные стеклопакеты в металлических переплётах	0,31
9. Блоки стеклянные пустотелые размерами 194×194×98 мм при ширине швов 6 мм	0,31	18. Двухслойные стеклопакеты и одинарное остекление в раздельных деревянных переплётах	0,53

Коэффициенты поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции

Материал наружной поверхности ограждающей конструкции	Коэффициент поглощения солнечной радиации, ρ	Материал наружной поверхности ограждающей конструкции	Коэффициент поглощения солнечной радиации, ρ
1. Алюминий	0,5	13. Плитка облицовочная стеклянная синяя	0,6
2. Асбестоцементные листы	0,65	14. Плитка облицовочная белая или палевак	0,45
3. Асфальтобетон	0,9	15. Рубероид с песчаной посыпкой	0,9
4. Бетоны	0,7	16. Сталь листовая, окрашенная белой краской	0,45
5. Дерево неокрашенное	0,6	17. Сталь листовая, окрашенная темно-красной краской	0,8
6. Защитный слой рулонной кровли из светлого гравия	0,65	18. Сталь листовая, окрашенная зелёной краской	0,6
7. Кирпич глиняный	0,7	19. Сталь кровельная оцинкованная	0,65
8. Кирпич силикатный	0,6	20. Стекло облицовочное	0,7
9. Облицовка природным камнем белым	0,45	21. Штукатурка известковая темно-серая или терракотовая	0,7
10. Окраска силикатная темно-серая	0,7	22. Штукатурка цементная светло-голубая	0,3
11. Окраска известковая белая	0,3	23. Штукатурка цементная темно-зеленая	0,6
12. Плитка облицовочная керамическая	0,8	24. Штукатурка цементная кремовая	0,4

Сопротивление воздухопроницанию материалов и конструкций

Материалы и конструкции	Толщина слоя, мм	Сопротивление воздухопроницанию R_{μ} , м ² ·ч Па/лг	Материалы и конструкции	Толщина слоя, мм	Сопротивление воздухопроницанию R_{μ} , м ² ·ч Па/лг
1 Бетон сплошной (без швов)	100	19620	19 Обшивка из жестких древесно-волокнистых листов с заданной швов	10	3,3
2 Газосиликат сплошной (без швов)	140	21	20 Обшивка из гипсовой сухой штукатурки с заданной швов	10	20
3 Известняк-ракушечник	500	6	21 Пенобетон автоклавный (без швов)	100	1960
4 Картон строительный (без швов)	1,3	64	22 Пенобетон неавтоклавный	100	196
5 Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной в 1 кирпич и более	250 и более	18	23 Полиполиэтилен	50-100	79
6 Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной в 1 кирпич	120	2	24 Полиэтилен сплошной (без швов)	120	воздухопроницаемы
7 Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной в 1 кирпич и более	250 и более	9	25 Плиты минераловатные жесткие	50	2
8 Кирпичная кладка из сплошного кирпича на цементно-песчаном растворе толщиной в полкирпича	120	1	26 Рубероид	1,5	воздухопроницаемы
9 Кладка из кирпича керамического пустотного на цементно-песчаном растворе толщиной в полкирпича	-	2	27 Топа	1,5	490
10 Кладка из легобетонных камней на цементно-песчаном растворе	400	13	28 Фанера клееная (без швов)	3-4	2940
11 Кладка из легобетонных камней на цементно-песчаном растворе	400	1	29 Шлакобетон сплошной (без швов)	100	14
12 Листы листовидные с заданной швов	6	196	30 Штукатурка цементно-песчаным раствором по кирпичной или каменной кладке	15	373
13 Обои бумажные обычные	-	20	31 Штукатурка известковая по кирпичной или каменной кладке	15	142
14 Обшивка из обрешечных досок, соединенных шпунтом или в четверть	20-25	0,1	32 Штукатурка известково-гипсовая по дереву (по дереву)	20	17
15 Обшивка из обрешечных досок, соединенных в шпунт	20-25	1,5	33 Керамзитобетон плотностью 900 кг/м ³	250-400	13-17
16 Обшивка из досок двойная с прокладкой между обшивками строительной ваты	50	98	34 То же плотностью 1000 кг/м ³	250-400	53-80
17 Обшивка из фибрита или из древесно-волокнистых бесцементных листов с заданной швов	15-70	2,5	35 То же плотностью 1100-1300 кг/м ³	250-450	390-990
18 Обшивка из фибрита или из древесно-волокнистых бесцементных листов с заданной швов	15-70	0,3	36 Шлакопенобетон плотностью 1500 кг/м ³	250-400	0,3

Сопротивление паропроницанию листовых материалов и тонких слоёв пароизоляции

Материал	Толщина слоя, мм	Сопротивление паропроницанию, $R_p, \text{м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$
1. Картон обыкновенный	1,3	0,016
2. Листы асбестоцементные	6	0,3
3. Листы гипсовые обшивочные (сухая штукатурка)	10	0,12
4. Листы древесно-слоистые жёсткие	10	0,11
5. Листы древесно-волоконистые мягкие	12,5	0,05
6. Окраска горячим битумом за один раз	2	0,3
7. Окраска горячим битумом за два раза	4	0,48
8. Окраска масляная за два раза с предварительной шпаклёвкой и грунтовкой	-	0,64
9. Окраска эмалевой краской	-	0,48
10. Покрытие изольной мастикой за один раз	2	0,60
11. Покрытие битумно-куперсольной мастикой за один раз	1	0,64
12. Покрытие битумно-куперсольной мастикой за два раза	2	1,1
13. Пергамин кровельный	10,4	0,33
14. Полиэтиленовая плёнка	0,16	7,3
15. Рубероид	1,5	1,1
16. Толь кровельный	1,9	0,4
17. Фанера клееная трёхслойная	3	0,15

11. Использованная литература

1. Закон Республики Узбекистан «Градостроительный кодекс Республики Узбекистан». – Т., 2002
2. Указ Президента Республики Узбекистан «О мерах по дальнейшему совершенствованию архитектуры и градостроительства». – Т., 2000
3. Доклад Президента И. А. Каримова на IX сессии Олий Мажлиса «Основные направления дальнейшего углубления демократических преобразований и формирования гражданского общества в Узбекистане». – Ташкент, август, 2002
4. Архитектура гражданских и промышленных зданий. Том II. Основы проектирования. – М.: Стройиздат, 1976
5. Ариевич Э.М., Вавуло Н.М. Повышение теплотехнических качеств полносборных жилых зданий. – М.: Стройиздат, 1985
6. Архитектурная физика. – М.: Стройиздат, 1998
7. Болрад А.Я. Рациональные технические решения теплоэффективных наружных стен жилых домов. Строительные материалы. – М.: №2, 1999
8. Береговой А.М. Энергоэкономические и энергоэффективные здания. Учебное пособие. – М.: Изд. АСВ, Пенза, 1999
9. Береговой А.М. Энергосбережение в архитектурно-строительном проектировании. Жилищное строительство, 5/2002*
10. Богословский В.Н. Концепции проектирования зданий. – М.: Жилищное строительство, №8, 1992
11. Богуславский Л.Д. Экономическая эффективность оптимизации уровня теплозащиты зданий. – М.: Стройиздат, 1981
12. Беляев В.С. Пути экономии топливно-энергетических ресурсов в жилищном строительстве. – М.: Жилищное строительство, 5/1985
13. Граник Ю.Г. Теплоэффективные ограждающие конструкции жилых и гражданских зданий. Строительные материалы, оборудование и технология XXI века. – М.: №5, 1999
14. Гиясов А. Использование солнечной энергии для улучшения микроклимата жилища. – М.: Жилищное строительство, №11, 2001
15. Денисов П.П. Показатель влияния объемно-планировочного решения здания на расход тепла. – М.: Жилищное строительство, №1, 1981
16. Завадский В.Ф. Комплексный подход к решению проблемы теплозащиты стен оттапливаемых зданий. – М.: Строительные материалы, №2, 1999
17. Иванов Г.С., Спиридонов, Хромец Д.Ю. Энергосбережение при реставрации и капитальном ремонте зданий. – М.: Жилищное строительство, 1/2002
18. Исакович Г.А., Слущкин Ю.Б. Экономия топливно-энергетических ресурсов в строительстве. – М.: Стройиздат, 1988
19. КМК 2.01.01-94 «Климатические и физико-геологические данные для проектирования». – Т., 1994
20. КМК 2.08.01-94 «Жилые здания». – Т., 1994
21. КМК 2.08.02-98 «Общественные здания». – Т., 1998
22. КМК 2.01.04-97 «Строительная теплотехника». – Т., 1997

23. Кондратов В.Я. Оценка методов расчёта сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. – М.: Жилищное строительство, №8, 2001
24. Комиссаренко Б.С., Чикноварьян А.Г. Керамзитобетон - эффективный материал для ограждающих конструкций с учётом современных требований по теплозащите. – М.: Строительные материалы, №5, 1999
25. Корниенко С.В. Температурный режим трёхслойной стеновой панели. – М.: Жилищное строительство, №9, 2001
26. В.А. Обьедков, А.К. Соловьев и др. Лабораторный практикум по строительной физике. – М.: «Высшая школа», 1979
27. Лапин Ю.Н. и др. Концепсия и проблемы экологии и энергоэффективного дома. – М.: Архитектура и строительство России, №1, 2002
28. Маракаев Р.Ю. Проектирование теплозащиты зданий с учётом экономических оценок в условиях Узбекистана. – Т.: «Фан», 1981
29. Маракаев Р.Ю. Крыши и кровли гражданских зданий и их проектирование в условиях Узбекистана. Учебное пособие. – Т.: Ташпи., 1987
30. Маракаев Р.Ю., Хамидов С.А. Наружные стены гражданских зданий и основы их проектирования в условиях юга. Учебное пособие. – Т., 1989
31. Маракаев Р.Ю., Пермьяков С.Н. Методика оценки комфортности микроклимата помещений жилых и общественных зданий. – М.: Жилищное строительство, №6, 1986
32. Маракаев Р.Ю., Нуретдинов Х.Н. Строительная физика (архитектурная климатология). Учебное пособие. – Т., 1999
33. Маракаев Р.Ю., Хамидов С.А. Теплозащитные качества наружных стен южного жилища. – Т.: Архитектура и строительство Узбекистана, №1, 1990
34. Маракаев Р.Ю., Пермьяков С.Н. Влияние элементов объёмно-планировочных решений зданий на потери ими тепла. – Т.: Архитектура и строительство Узбекистана, №3, 1989
35. Маракаев П.Ю. Повышение тепловой эффективности зданий – важнейшая комплексная программа совершенствования экономических реформ в строительстве. – Т.: Архитектура и строительство Узбекистана, №1, 2001
36. Маракаев Р.Ю. Особенности расчёта сопротивления паропрооницанию наружных ограждающих конструкций и нормы их проектирования. Труды ТАСИ. Теория и технология бетона и железобетона. – Т., 1998
37. Майнерт З. Теплозащита жилых зданий. – М.: Стройиздат, 1985
38. Мирошниченко А.С. Экономическая оценка мероприятий по энергосбережению в школьных зданиях. – М.: Жилищное строительство, №1, 2001
39. Проскураков В.М., Самуйловичус Р.Н. Эффективность использования топливно-энергетических ресурсов. – М.: Экономика, 1988
40. Расчёт и проектирование ограждающих конструкций зданий. Справочное пособие к СНИП. – М.: Стройиздат, 1990
41. Рекомендации по повышению теплозащитных свойств эксплуатируемых полносборных зданий. – М.: ЦНИИЭП жилища, 1987
42. Роджерс Т.С. Проектирование теплозащиты зданий. – М.: Стройиздат, 1966
43. СНИП 3-П-3-79** «Строительная теплотехника». – М., 1986
44. СНИП 3-П-3-79** «Строительная теплотехника». – М., 1995

45. Семеонько Т.П. О путях снижения расхода топливно-энергетических ресурсов в жилищном строительстве. – М.: Жилищное строительство, 3/1985
46. Селиванов Н.П. и др. Энергоактивные здания. – М.: Стройиздат, 1988
47. Селиванов Н.П. Кладовые солнечной энергии. Об основах проектирования энергоактивных зданий. – М.: Архитектура, №25, 1984
48. Солдатов З.Е., Азимов П. Архитектурно-строительные средства повышения тепловой эффективности гражданских зданий. – Т.: «Узбекистан», 1994
49. Суханов Н.С. Лучистая энергия солнца и архитектура. – Т.: «ФАН», 1978
50. Нуретдинов Х.Н., Хайрутдинов Ф.Ф. Оценка тепlopоступлений и тепlopотерь через наружные ограждения в условиях Узбекистана. – Т.: Гелиотехника, №8, 1976
51. Цветков О.В. Система наружной теплоизоляции с защитно-декоративным слоем по утеплителю. – М.: Строительные материалы, №5, 1999
52. Ушаков Ф.В., Цаплев Н.Н. Энергоёмкость и тепловая эффективность наружных стен. – М.: Жилищное строительство, №4, 1981
53. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. – М.: Стройиздат, 1973
54. Шевцов К.К. Охрана окружающей природной среды в строительстве. Учебное пособие. – М.: «Высшая школа», 1994
55. Шкловер А.М. Теплопередача при периодических тепловых воздействиях. – М.: Госэнергоиздат, 1961
56. Заколей С. Солнечная энергия и строительство. Перевод с англ. – М.: Стройиздат, 1989
57. Н.А. Сапрыгина «Архитектурная ферма: статика и динамика». – М.: Стройиздат, 1995
58. Энергоактивные здания. Под редакцией Э.В. Сарнацкого и Н.П. Селиванова. – М.: Стройиздат, 1988
59. Танако С., Судра Р. Жилые дома с автономным солнечным теплохладоснабжением. Перевод с японского. – М.: Стройиздат, 1989
60. Селеванов Н.П. Энергоактивные солнечные здания. – М.: «Знание», 1982
61. Исаев Т.А., Бубнов А.В., Коган Д.Я. "Архитектурно-планировочное решение жилища с солнечным теплоснабжением". – Труды ТашЗНИИЭП, Т; 1986
62. Осадчий Г.Б. Об эффективности энергосбережения при эксплуатации жилища. – М. Жилищное строительство, №8, 2002
63. Krusche Per. Haus und Siedlung als ökologisches System. – Ynstitut für leichte Feächentragwerke (LY), №27, 1981
64. Wendland B. Gründzüge einer Theorie des ökologischen Bauens/Ynstitut für leichte Feächentragwerke (YL), № 12, 1981

12. ОГЛАВЛЕНИЕ

1.	Введение	3
2.	Общие положения и задачи курса	7
Часть I		
3.	Некоторые особенности процессов теплообмена и массообмена в зданиях и их конструкциях	13
3.1.	Физические процессы переноса тепла	13
3.2.	Виды распространения тепла в архитектурной теплофизике	15
3.3.	Теплопроводность строительных материалов	18
3.4.	Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций зданий	19
3.5.	Теплопередача в нестационарных условиях	36
3.6.	Примеры теплофизических расчетов	41
3.7.	Расчет экономически целесообразного сопротивления теплопередаче	45
3.8.	Конструктивные и теплофизические характеристики покрытий зданий	51
3.9.	Теплоустойчивость орошаемых и водонаполненных покрытий	60
3.10.	Теплофизические свойства полов и их проектирование	70
3.11.	Сопротивление воздухопроницанию ограждающих конструкций	75
3.12.	Сопротивление паропроницанию ограждающих конструкций	80
4.	Конструктивные приемы теплозащиты зданий	90
4.1.	Теоретические закономерности процесса снижения теплопотерь	90
4.2.	Инженерные средства повышения теплоизоляции наружных стен	90
4.3.	Роль конструктивных решений окон и их ориентация в сокращении теплопотерь	105

Часть II

5.	Объемно-планировочные средства повышения тепловой эффективности зданий	113
5.1.	Общие положения	113
5.2.	Расчет объемно-планировочного коэффициента по методу Е. Солдатова	117
5.3.	Расчет объемно-планировочного коэффициента по методу Р. Маракава	118
6.	Энергосберегающая архитектура	121
6.1.	Основные положения	121
6.2.	Здания с использованием гелиосистем	123
6.3.	Проектирование гелиозастроек	135
6.4.	Опыт архитектурно-планировочных решений жилищ с солнечным теплоснабжением в Узбекистане	139
6.5.	Технико-экономические обоснования энергоактивных домов	146
6.6.	Альтернативная архитектура	152
7.	Технико-экономические обоснования систем теплозащиты ограждающих конструкций здания	161
7.1.	Общие положения	161
7.2.	Экономическая оценка мероприятий по энергосбережению в зданиях в условиях рыночной экономики	161
7.3.	Методика расчета эффективности капиталовложений на утепление зданий	164
7.4.	Методика расчета экономически целесообразного сопротивления теплопередаче — $R_0^{эк}$	166
7.5.	Энергетическая эффективность наружных стен	171
8.	Выводы и предложения	174
9.	Теплофизические понятия и определения	175
10.	Приложения	180
11.	Использованная литература	193

Заказ № 445 Отпечатано способом ротопронта. Формат
60×84¹/₁₆ 2,25 л. Тираж 50 экз. Отпечатано на
Ташкентской книжно-журнальной фабрике Узбекского
агентства по печати и информации. Ташкент, Юнусабад,
ул. Мурадова, 1.

(приложение №5 приказа МВнССО РГУ от 10.10.2010 № 302)	107
8.9.1. Практики для магистров	107
9. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	107
9.1. Информация	107
9.2. Информационные технологии	108
9.3. Современные аппаратные и программные средства	108
10. ВОСПИТАТЕЛЬНАЯ РАБОТА В ВУЗЕ	122
10.1. Идеология национальной независимости	122
10.2. Духовно – нравственное воспитание студенческой молодежи	123
11. СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	123
12. СОДЕРЖАНИЕ	124 - 131

Заказ № 1164 Отпечатано способом ротопронта. Формат 60×84^{1/10}
1,25 п. л. Тираж 50 экз. Отпечатано на Ташкентской книжно-
журнальной фабрике Узбекского агентства по печати и
информации. Ташкент, Юнусабад, ул. Мурадова, 1.