

Государственная акционерная железнодорожная компания
«Ўзбекистон темир йўллари»

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

На правах рукописи
УДК 725:699.86

Рахимова Нозима Бахтиёровна

**Совершенствование теплозащиты совмещенных
покрытий гражданских зданий в условиях сухого
жаркого климата**

Специальность: 5А580204
«Проектирование, строительство зданий и сооружений»

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание степени магистра

Научный руководитель:
д.т.н., доцент Щипачева Е.В.

Ташкент 2010

Государственная акционерная железнодорожная компания
«Ўзбекистон темир йўллари»

Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта

На правах рукописи

Рахимова Нозима Бахтиёровна

**Совершенствование теплозащиты совмещенных
покрытий гражданских зданий в условиях сухого
жаркого климата**

Специальность: 5А580204
«Проектирование, строительство зданий и сооружений»

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание степени магистра

Научный руководитель:
д.т.н., доцент Щипачева Е.В.

Ташкент 2010

Введение.....	5
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ТЕПЛОЗАЩИТЫ СОВМЕЩЕННЫХ ПОКРЫТИЙ.....	8
1.1. Формирование микроклимата помещений гражданских зданий.....	8
1.2. Теплофизические процессы, протекающие в крышах.....	20
1.3. Существующие конструктивные решения совмещенных покрытий	26
1.4. Цели и задачи исследований.....	43
1.5. Выводы по главе.....	44
2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	45
2.1. Объекты исследований. Материалы и конструкции.....	45
2.2. Принятые методы исследований.....	46
2.2.1. Методика модельного эксперимента.....	46
2.2.2. Математическое планирование эксперимента	49
2.2.3. Методика теплотехнических расчетов	53
3. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ СОВМЕЩЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ.....	58
3.1. Исследование влияния формы покрытия на формирование тепловых потоков в подкровельном пространстве.....	58
3.2. Теплотехнические расчеты совмещенных покрытий в климатических условиях Узбекистана.....	64

3.3. Рекомендации по проектированию тепловой защиты совмещенных покрытий гражданских зданий в условиях сухого жаркого климата.....	71
3.4. Выводы по главе.....	76
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	77
Библиографический список.....	78
Приложение	81

Введение

Актуальность работы.

Разработка энергоэффективных мероприятий по обеспечению оптимального микроклимата вновь строящихся и существующих зданий при минимальных расходах энергии является одной из важнейших задач в мировом строительстве. Это связано с дефицитом и ростом стоимости на энергоносители, а также с возрастанием расхода энергии на инженерные системы, удовлетворяющие возрастающим потребностям к комфортному микроклимату помещений.

Для районов с экстремальными климатическими условиями, к которым относится Республика Узбекистан, особенно актуальна проблема улучшения микроклимата помещений гражданских зданий. Правительство Узбекистана уделяет особое внимание данной проблеме. В связи с этим были изданы Указы «Об усилении государственной поддержки жилищного строительства в городе Ташкенте» от 31 января 1996 г., «О мерах по дальнейшему совершенствованию архитектуры и градостроительства в Узбекистане» от 26 апреля 2000 г., а также приняты Закон «О рациональном использовании энергии» в 1997 г. и Постановление Президента № ПП-847 от 29 апреля 2008 г. «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности проектных организаций».

Выше указанные правительственные документы приняты в целях дальнейшего усиления экономических реформ в капитальном строительстве, повышения качества и уровня проектной, архитектурной и строительной деятельности. Они направлены на построение и реализацию концепции и программы единой научно-технической политики, государственных стандартов и норм, а также ориентируют на проектирование энергосберегающих жилищ с комфортной средой и оптимизацию тепловой защиты зданий. Сокращение энергоёмкости продукции и бережное

использование энергоресурсов, по мнению Президента РУз, является одним из комплексных мероприятий программы по преодолению Мирового финансово-экономического кризиса в условиях Узбекистана [8].

На формирование внутренней среды помещений гражданских зданий существенное влияние оказывает климат местности и теплозащитные свойства наружных ограждающих конструкций. При этом в условиях летней эксплуатации на территории Республики Узбекистан, находящейся в зоне сухого жаркого климата, особая роль отводится конструктивному решению покрытия, испытывающему наибольшее тепловое воздействие от солнечной радиации [13,28].

Значительное распространение в массовом гражданском строительстве получили совмещенные невентилируемые покрытия. Они сооружались при строительстве гражданских зданий в шестидесятые – восьмидесятые годы прошлого столетия. Обладая высокой долговечностью, по своим теплозащитным свойствам такие покрытия не соответствуют современным требованиям по теплозащите и требуют термообновления. В связи с этим, актуальной является задача разработки эффективного совмещенного покрытия с высоким уровнем тепловой защиты.

Степень изученности проблемы.

В настоящее время разработчики преимущественно уделяют внимание совершенствованием тепловой защиты наружных стен и светопрозрачных ограждений. А главные рекомендации по совершенствованию покрытий заключаются в необходимости устройства мансардного этажа. Однако это решение не всегда является приемлемым как по эстетическим, так и техническим соображениям. Выполненные в 70-х годах прошлого столетия исследования в ТашЗНИИЭП не в полной мере учитывают особенности формирования микроклимата помещений под влиянием предлагаемых конструктивных решений покрытий.

Изучение современных способов повышения теплозащиты совмещенных покрытий гражданских зданий в условиях летнего перегрева позволило определить возможный путь их совершенствования – это устройство в составе покрытия интенсивно вентилируемых пространств [28].

Цель настоящей работы – разработка эффективной конструкции совмещенного вентилируемого покрытия гражданского здания, обладающего повышенными теплозащитными свойствами в условиях летнего перегрева.

Методы исследований. В качестве основных методов исследований были приняты теоретические расчетные, экспериментальные, математического планирования эксперимента и математической статистики для обработки результатов.

Научная новизна работы состоит в выявлении влияния разработанной конструкции совмещенного покрытия здания на его теплотехнические и эксплуатационные свойства, а также микроклимат помещений гражданских зданий в климатических условиях Республики Узбекистан.

Практическая значимость работы заключается в разработке экономически целесообразного технического решения совмещенного вентилируемого покрытия, позволяющего значительно повысить энергоэффективность гражданских зданий в период летнего перегрева.

Объект и предмет исследования: разработка и оптимизация формы покрытия и его конструктивного решения, включая расположение слоев и воздушных прослоек, исходя из требований создания комфортных условий для людей при экономном расходовании энергии с учетом климатических особенностей Республики Узбекистан.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения, библиографического списка из 38 наименований и приложения, изложена на 80 стр. печатного текста, содержит 16 таблиц и 27 рис.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ТЕПЛОЗАЩИТЫ СОВМЕЩЕННЫХ ПОКРЫТИЙ

1.1. Формирование микроклимата помещений гражданских зданий в перегревный летний период

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

Микроклимат помещений – совокупность метеорологических процессов, создающих определенные условия теплообмена человека со средой. Данное определение связывает две его стороны: метеорологическую, представляющую собой объективную характеристику среды, окружающей человека в доме, и физиологическую, то есть действие данной среды на организм человека. Основные элементы микроклимата – температура, влажность и скорость движения воздуха, температура поверхностей ограждений и находящихся внутри помещений предметов. Качество микроклимата может быть охарактеризовано уровнем физиологических реакций организма. Несмотря на относительно широкую биологическую приспособляемость человека к условиям среды, терморегуляционные его возможности ограничены сравнительно небольшим диапазоном колебаний метеорологических условий. Дискомфортные условия микроклимата жилища могут вызвать простудные заболевания, заболевания периферической нервной системы, перегревы, нарушения сердечно-сосудистой деятельности и др [5]. Под зоной теплового комфорта понимается такой комплекс метеорологических условий, при котором терморегуляторная система организма находится в состоянии наименьшего напряжения, а протекание всех остальных физиологических функций проходит на уровне наиболее благоприятном для отдыха и восстановления сил организма. На

формирование внутренней среды помещений, в первую очередь, оказывает влияние климат местности.

Для Узбекистана характерен благоприятный солярный климат. Благодаря незначительной облачности величина ультрафиолетовой радиации на территории значительно больше, чем в других районах СНГ, а спектральная граница короче. Отрицательные стороны климата Узбекистана проявляются в теплый период года и заключаются в перегреве внешней среды. Из факторов, вызывающих этот перегрев, в первую очередь следует отметить солнечную радиацию. Солнечная радиация является основной составляющей тепловых воздействий на здание. Интенсивность облучения ограждающих конструкций зависит от географического положения местности, степени прозрачности атмосферы, ориентации по странам света, времени года и суток. В часы максимального облучения на горизонтальную поверхность в Ташкенте в полдень в июле приходится 890 Вт/м^2 , на вертикальную – 610 Вт/м^2 [1]. Еще выше действие солнечной радиации в Бухаре и Термезе. Помимо перегрева и сухости воздуха, дискомфортные условия усугубляют ветра, песчаные и пылевые бури, высокая запыленность воздуха, кислородная недостаточность. Такие условия обычны для 80...110 дней в году [26]. Особо неблагоприятными ветровыми условиями отличаются Кашкадарьинская область, район г. Термеза. Летом на месяц приходится три дня с пыльной бурей.

Значительная радиация и неблагоприятные ветровые условия приводят к формированию тяжелого термического режима, который характеризуется высокой температурой воздуха и поверхностей. Абсолютные максимумы температуры воздуха достигают на юге республики $47 - 49^\circ\text{C}$ (Ташкенте $43,6^\circ\text{C}$). Резкие колебания в течение суток создают существенное напряжение всего организма человека, ведут к заметной деградации и ослаблению сердечной деятельности.

Улучшение микроклимата жилищ в летнее время является важнейшей проблемой для южных городов, где различия внутреннего микроклимата и климата города могут быть весьма велики.

Как известно, суточная динамика микроклимата жилищ в летнее время в южных районах имеет характерную особенность: вечером внутренняя температура комнат остается еще долгое время высокой после того, как наружная температура снизилась. В дневные часы, когда под воздействием солнечной радиации здания прогреваются, температура в помещении иногда на $(8 - 10)^{\circ}\text{C}$ превышает комфортную [26]. Длительное пребывание в таком помещении тяжело сказывается на общем состоянии человека.

Рекомендуемые гигиенические параметры в жилище в летний период года в Республике Узбекистан составляют: температура воздуха $26-27^{\circ}\text{C}$, относительная влажность воздуха 30 - 45 % , подвижность воздуха 0,20 м/с [5,20].

Повышение температуры воздуха в жилище до 28°C , даже при увеличении его подвижности до 0,25 м/сек, с гигиенической точки зрения, не может считаться благоприятным для организма и может быть допущено лишь в качестве временного расчетного норматива при радиационном охлаждении [20].

Для снижения перегрева жилой среды в Узбекистане необходим комплекс мероприятий по регулированию радиационного, аэрационного и температурно-влажного режимов. Защищать здания от перегрева, как правило, сложнее, чем от холода, и в 3 – 10 раз дороже [13]. Важнейший принцип улучшения микроклимата жилой среды – комплексная солнцезащита: использование отражающих свойств отделочных материалов наружных поверхностей ограждений и зеленых насаждений, применение солнцезащитных средств для светопроемов, несветопрозрачных конструкций и элементов территории.

В жарких районах озеленение прилегающих к зданию территорий приобретает особое значение как мера снижения температуры окружающего здание воздуха. Защищая здания от солнечных лучей, зеленые насаждения поглощают солнечную энергию и, выделяя влагу, охлаждают воздух, очищают и фильтруют его. Используя зеленые насаждения, можно снизить температуру воздуха на участке на $1,5...2,5^{\circ}\text{C}$, интенсивность солнечной радиации – до $40...50\%$, загрязнение воздуха – на $25 \dots 40\%$. Озеленение территории повышает влажность воздуха (по сравнению с открытой местностью) на $7...12\%$. Травяной покров существенно (на $18...30\%$) снижает влияние отраженной радиации. Также зеленые насаждения влияют на условия вентиляции участка и здания [26].

На создание микроклимата в помещении оказывает влияние режим проветривания – аэрация. Однако влияние ветра может быть как позитивным, так и негативным. Это определяется скоростью ветра и температурой воздуха. Так при температуре $(28 - 33)^{\circ}\text{C}$ и скорости $(1 - 4)$ м/с ветер снижает неблагоприятное воздействие температуры, проветривание улучшает микроклимат. При более высоких температурах, особенно при относительной влажности воздуха менее 25% и скорости более 4 м/с, ветер не дает облегчения и вызывает раздражение. Поэтому эффективным проветривание становится в прохладное время суток (ночное проветривание), в этом случае ускоряется охлаждение внутренних поверхностей ограждающих конструкций и предметов, также одновременно снижается средняя лучистая температура помещения. Удовлетворительной вентиляцией считается воздухообмен со скоростью $0,5$ м/с [21].

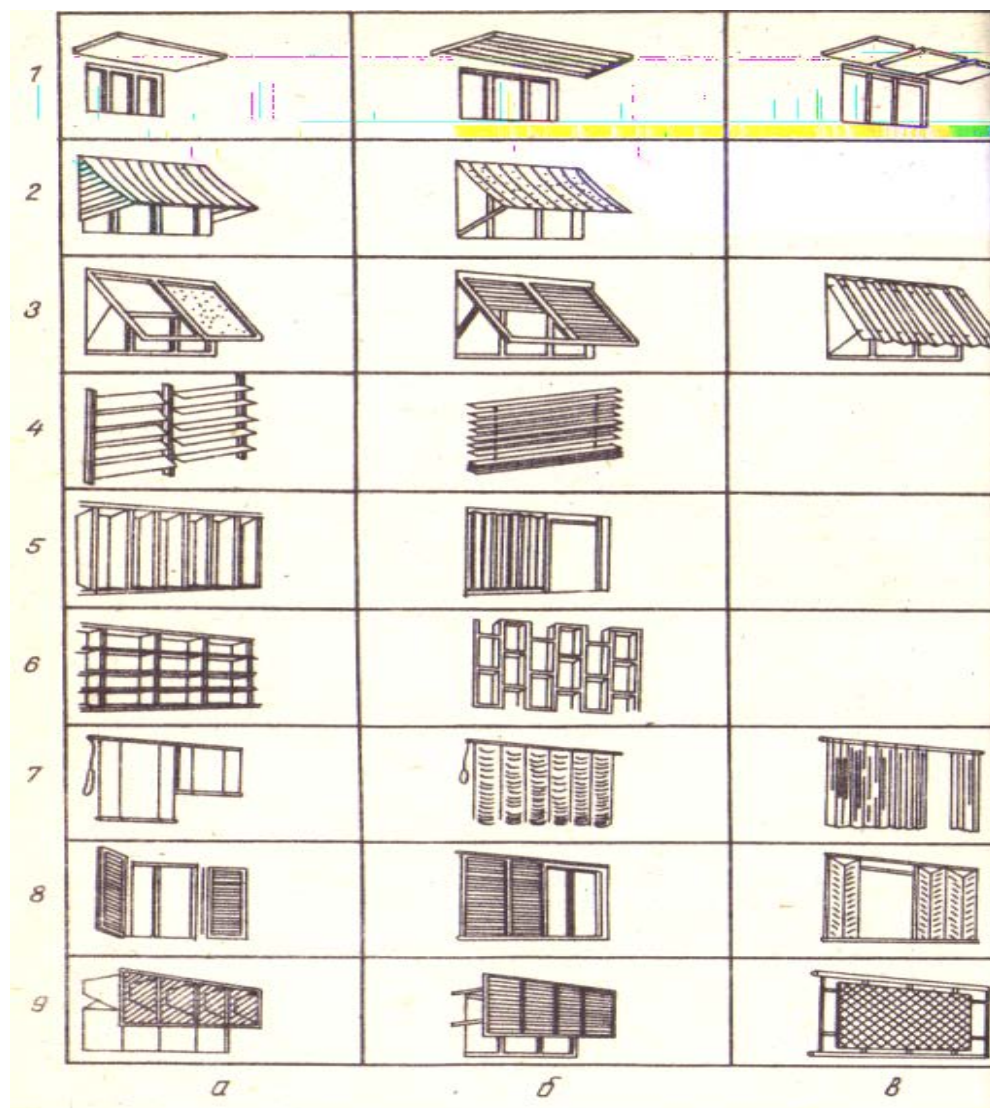
Летний микроклимат помещений формируется при непосредственном воздействии внешней среды и зависит от различных конструктивных, планировочных и градостроительных факторов. В жарких сухих районах целесообразны ограждающие конструкции из материалов, обладающих малой теплопроводностью и высокой теплоустойчивостью [24].

Наибольшая доля теплопотерь и теплопоступлений приходится на прозрачные участки ограждений. Среди технических приемов снижения теплопотерь и теплопоступлений жилых и общественных зданий на одном из первых мест находится совершенствование заполнений оконных проемов. Минимальное отношение площади светопроемов к площади пола помещения должно быть не ниже 1 : 8. При уменьшении площади оконного проема к площади пола комнаты от 1 : 4 до 1 : 7 удельный расход тепла сокращается на 8-10% [1]. Потери тепла через остекление достигают 40-50% общих потерь тепла через остальные наружные ограждающие конструкции, поскольку через 1м² окна с двойным остеклением уходит почти в 2 раза, а через одинарное стекло – в 3 раза больше тепла, чем через стену [17]. Современные технические решения позволяют заметно повысить энергоэкономичность светопроемов гражданских зданий [4].

Выбор типов солнцезащитных устройств зависит от степени регулировки солнцезащитного устройства, ориентации светопроема и положения солнцезащиты по отношению к остеклению. Чаще всего применяются различные варианты солнцезащитных устройств: козырьки, итальянские шторы со скручивающимся заполнением, откидные или сдвигающиеся ставни с регулируемым жалюзийным заполнением, жалюзи, раздвижные и складывающиеся экраны ставного типа, вертикальные регулируемые ребра, ячеистые регулируемые устройства, специальные устройства для вьющейся зелени (рис. 1.1). В Узбекистане рекомендуется применять наружные солнцезащитные конструкции, обладающие наибольшей эффективностью по сравнению с внутренними и межстекольными [1]. Использование солнцезащитных конструкций эффективно не только для светопрозрачных участков ограждений, но и для стен и покрытий зданий.

В жарком сухом климате стены должны надежно защищать помещение от горячих потоков воздуха, пыли, песка, яркого дневного света и, самое

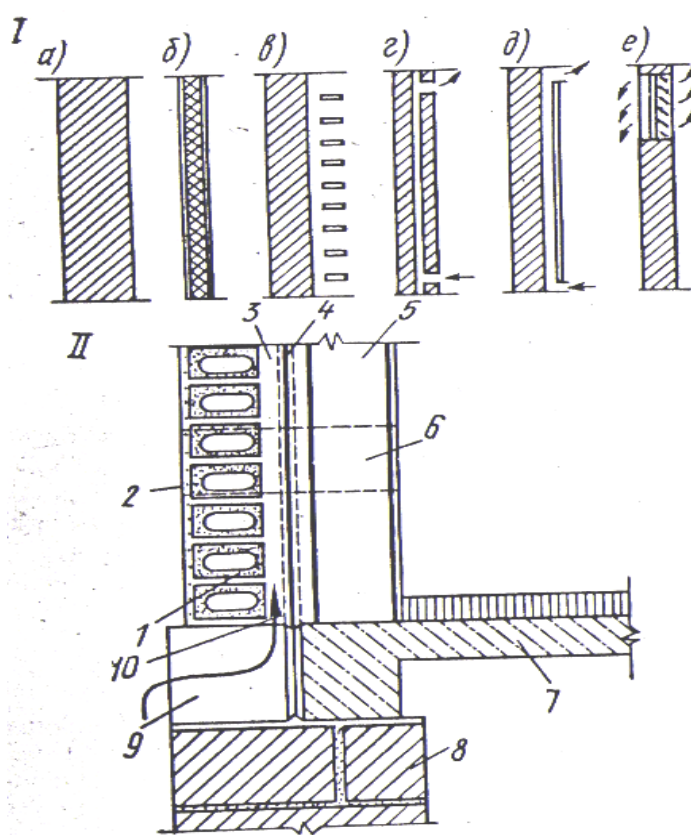
главное, от теплового воздействия солнца – высоких температур и их резких колебаний. Этому соответствуют сплошные массивные стены, обладающие большой теплоустойчивостью.



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

Рис. 1.1. Типы солнцезащитных устройств

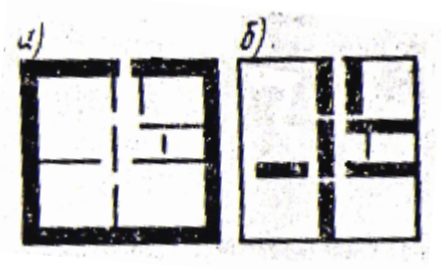
Массивная стена днем нагревается, аккумулируя теплоту, а в ночное время, когда наружные температуры резко снижаются, отдает его более прохладной воздушной среде. Однако сооружение массивных конструкций связано с большими затратами. Снижение этих затрат может быть достигнуто применением многослойных стен и стен с воздушными прослойками [26]. Современная конструкция стены может обеспечить существенное снижение толщины ограждений за счет использования воздушных прослоек и применения пустотелого кирпича (рис. 1.2).



I. Основные варианты решений; а – массивная стена; б – стена из эффективных материалов; в – то же, с солнцезащитными устройствами; г – полая стена; д – стена с экраном; е – то же, с регулируемыми жалюзи в верхней части. II. Деталь стены; 1 – кладка из пустотного кирпича; 2 – штукатурка; 3 – пустое пространство; 4 – прокладка из алюминия и битумокартона; 5 – кладка из сплошного кирпича; 6 – элемент связи; 7 – железобетонная плита перекрытия; 8 – фундамент; 9 – камень, обеспечивающий перевязку; 10 – нижний воздухозабор

Рис. 1.2. Конструктивные решения наружных стен в жарких сухих районах

Ученые Г. Куба и М. Данби, в противоположность традиционному решению здания с наружными массивными стенами, предлагают размещать массивные стены внутри здания (рис. 1.3). Такие стены не будут источником тепловыделений в помещения, так как не подвергаются солнечному облучению и охлаждаются при ночном проветривании. Окрашивать стены необходимо в светлые тона. Как известно белый цвет обладает высоким коэффициентом отражения: 79% солнечных лучей он отражает и только 21% поглощает [26].



а - традиционная конструкция стены; б – по конструкции ученых Г. Куба и М. Данби.

Рис. 1.3. Расположение массивных стен

Для защиты от солнечного облучения могут быть применены горизонтальные козырьки, вертикальные ребра, щиты-экраны и др. Особенно эффективны щиты-экраны; ими можно полностью затенить наружные стеновые конструкции здания. Они являются составной частью наружной стены и не допускают аккумуляции солнечного тепла в толще ограждения. Свободная циркуляция воздуха в образованной воздушной прослойке между щитом-экраном и стеной удаляет избыточное тепло и снижает тепlopоступления через стеновые конструкции в летнее время. В результате температура стены снижается до температуры, какая должна быть у стены в тени или у стены северной ориентации. Солнцезащитные экран уменьшают максимальную температуру поверхности стены белого цвета на 9 – 10 °С [1]. Особенно эффективны дюралевые щиты-экраны, поскольку они имеют

низкую поглощательную способность и высокий коэффициент температуроводности. Оптимальная толщина вентилируемой воздушной прослойки между щитом-экраном и стеновой панелью должна составлять 5–10 см. Отношение площади отверстий к площади панели рекомендуется принимать не менее 1:20 [23]. Применение солнцезащитного экрана с вентилируемой воздушной прослойкой значительно повышает теплоустойчивость указанных конструкций, которые могут применяться в любых климатических районах Узбекистана.

По сравнению с остальными элементами зданий, покрытие получает максимальное количество солнечной радиации – всего на 26% меньше, чем все четыре стены, вместе взятые [1]. Основная задача покрытий, кроме защиты от атмосферных осадков, обеспечить защиту помещений от перегрева сверху, снизить температурный перепад между нижней поверхностью покрытия и внутренним воздухом. Конструкции покрытий играют большую роль в создании оптимального микроклимата помещений.

Известны два основных способа защиты зданий от перегрева посредством конструктивного решения покрытия.

I. Повышение тепловой инерции. Применение легких теплоизоляционных материалов, то есть конструкции с эффективными утеплителями малой толщины (с малой коэффициентом теплопроводности) не дает значительного теплозащитного эффекта и требует дополнительных конструктивных мероприятий для снижения теплопоступлений в помещение, в связи с чем необходимо применение массивных ограждений.

II. Солнцезащитные устройства. Для защиты кровли от солнечной радиации применяются следующие мероприятия: а) светлая окраска; б) охлаждение водой (водонаполнение и орошение); охлаждение воздухом (вентиляция и затемнение).

Кровли светлых тонов, отшлифованные и рифленые поверхности, а также поверхности, покрытые алюминием, белом лаком, фольгой обладают

высокой отражающей способностью, обеспечивают снижение температур поверхности кровли на 15°C и более, а также уменьшают величину тепловых потоков в 1,5 – 2 раза. Однако быстрое их загрязнение и пыль снижают отражательный эффект и долговечность кровли [13].

В водонаполненных покрытиях слой воды снижает максимальную температуру кровельного материала летом до 40 – 50%, защищает от влияния атмосферных воздействий и резкой смены температуры [19]. Его эффективность зависит от интенсивности испарения с водной поверхности. Установлено, что чем ниже относительная влажность воздуха, тем выше величина испарения. При падении относительной влажности с 60 до 20% при одной и той же температуре испарение увеличивается в 2 раза [6]. Температура поверхности кровли зависит от толщины слоя воды [19]. Для государств Центральной Азии расход воды при толщине слоя 5 – 7 см равен 10 – 11 л/м², при небольшом сливе через патрубки (от зеленения воды) – не менее 15 л/м² за часы облучения [9]. Вместе с тем, для водонаполненных покрытий требуются нулевые уклоны, материалы высокого качества и точность работ. Вода – хороший аккумулятор пыли, различных примесей, хорошая среда для развития бактерий, микроорганизмов и водорослей. Поддержание на кровле определенного уровня воды требует специальных регулирующих устройств и оборудования.

Разновидность водонаполненных покрытий – орошение – системы обрызгивания кровельного ковра, включаемая в часы максимальных наружных температур.

Известны три способа орошения: непрерывное распыление, прерывистое и кратковременное. Все они дают примерно одинаковый теплозащитный эффект (среднесуточная и максимальная температуры наружной поверхности соответственно на $9,5^{\circ}\text{C}$ и до 30°C ниже, чем покрытия без орошения). Если недостатком первых двух является значительный расход воды (250 – 140 л/м²), то кратковременное распыление позволяет снизить его до 15 – 25 л/м²

за часы облучения. Основной недостаток этого способа солнцезащиты – значительный расход воды и необходимость устройства разбрызгивающих установок.

Охлаждение кровли воздухом – одно из перспективных солнцезащитных решений покрытий зданий. Определенный эффект дают крыши–теневые устройства, выполненные в виде второй кровли [13]. Кровли с теневыми устройствами более дорогие из-за высокой стоимости солнцезащиты. Однако, при комплексной оценке недостатков водонаполненных покрытий, дефицитности воды для государств Центральной Азии, сравнительно большом сроке службы и долговечности покрытия с теневыми устройствами могут оказаться более экономичными. Для выбора солнцезащитных устройств нет твердых рекомендаций.

В сухом жарком климате применяются преимущественно следующие виды крыш - скатные (имеющие уклон более 10°) и плоские (с уклонами до 10°), а также купольные и сводчатые, позволяющие резко снизить эффект солнечного облучения и повысить эффект охлаждения при омывании воздухом за счет развитой поверхности покрытий. Устраивают также двойные покрытия с вентилируемым пространством. Не исключено применение тяжелых покрытий из теплоемких материалов, а также крыш – ванн и орошаемых крыш [26].

Скатные покрытия устраивают как в жарком влажном, так и в жарком сухом климате. Они могут быть односкатные и двускатные, с чердаком и с воздушной прослойкой. Односкатных покрытия, по сравнению с двускатными, имеют ряд преимуществ. Вентиляция в них осуществляется проще, отсутствует такой сложный элемент, как конек, сток воды идет в одну сторону, то есть необходимо устройство только одного карниза.

Бесчердачный вариант скатных покрытий удовлетворителен лишь при крыше из алюминия. Обладая большой отражательной способностью, он резко снижает теплоступления через крышу. Однако необходимость

тепловой защиты чердачного перекрытия сохраняется, поэтому поверх его несущей конструкции укладывают теплоизоляцию. Устройство проветриваемого чердачного пространства с естественной или побудительной вентиляцией значительно улучшает работу покрытия. Эффективная вентиляция чердака обеспечивает почти полную защиту от воздействия солнечной радиации.

В Бухаре и Ташкенте аналогичные по теплофизическим свойствам разные типы покрытий исследовались при максимальной температуре наружного воздуха 35°C , при этом амплитуда температуры на потолке составляла $0,6^{\circ}\text{C}$, а на наружной поверхности покрытия – от $17,1$ до $37,4^{\circ}\text{C}$ [1]. Крыша надежно защищала помещения верхнего этажа от тепlopоступлений, о чем свидетельствуют и данные температурных измерений по этажам (табл. 1.1 и 1.2) [1].

Таблица 1.1

Среднедневная температура воздуха по этажам с разными типами покрытий, $^{\circ}\text{C}$

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

Таблица 1.2

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

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

Совмещенные покрытия наиболее распространены в сухом климате и чаще всего являются эксплуатируемыми. Их конструктивные решения и пути совершенствования, с точки зрения повышения энергоэффективности, рассмотрены в разделе 1.3.

1.2. Теплофизические процессы, протекающие в крышах

Крыша – верхняя венчающая часть здания – служит для защиты его от вредного воздействия атмосферных осадков (дождя, снега), резких колебаний наружной температуры, а также от действия солнца и ветра. Крыша должна обладать достаточной прочностью для восприятия различных нагрузок [29].

В крыше протекает множество сложнейших теплофизических процессов. Основной составляющей, которого является неоднородное солнечное облучение на поверхности крыши. Крыши зданий испытывают больше тепловых воздействий, чем стены. Объясняется это более интенсивным действием солнечной радиации на горизонтальную поверхность. Эксплуатационные качества покрытия крыши оказывают

значительное влияние на условия проживания людей в верхних этажах жилого дома, а также сохранность наружных стен, чердачных перекрытий, балконов верхних этажей. Функция предохранения здания от воздействия солнца, атмосферных осадков возлагается на самый верхний элемент крыши - кровлю. Очень важным является содержание кровель. Различные кровельные материалы обладают разной чувствительностью к солнечной радиации. Асбошиферная крыша может нагреваться до $55 - 60^{\circ}\text{C}$, а рубероидная запыленная - до 70°C . В результате происходит перегрев верхних этажей многоэтажных зданий, и ухудшаются параметры микроклимата помещений [1]. Солнечное излучение практически не оказывает влияние на керамическую и цементно-песчаную черепицу, а также на кровли из металлов без нанесенных на них полимерных покрытий. Весьма чувствительны к солнечной радиации материалы на основе битума: от воздействия ультрафиолетового излучения у них ускоряется процесс старения. Поэтому, выбирая кровельный материал для применения, следует удостовериться, что он обладает достаточной теплостойкостью [29]. Чем больше (но не более 90°) угол падения солнечных лучей к поверхности, тем большее количество солнечной радиации будет воздействовать на нее. Наибольшее количество солнечной радиации приходится на поверхность, перпендикулярную направлению солнечных лучей, наименьшее количество - на вертикальные поверхности, ориентированные на север [25].

Крыша функционирует в довольно жестком температурном режиме, испытывая как пространственные, так и временные температурные колебания. Как правило, ее нижняя поверхность (потолок) имеет температуру, близкую к температуре воздуха в помещении. Колебания температуры воздуха в помещениях в зимнее время не должны превышать санитарной нормы: для жилых и общественных зданий это величина не должно превышать при наличии центрального отопления $+1,5^{\circ}$ в течение суток [24]. Температура наружной поверхности крыши может быть

неоднородной из-за неодинаковой освещенности солнцем разных ее поверхностей. Поэтому, во избежание деформаций и разрушения, очень важно, чтобы материалы, «работающие» в единой конструкции, имели близкие коэффициенты температурного расширения.

При суточных и сезонных колебаниях температуры на некоторых частях кровли может образовываться конденсат. Особенно активно это происходит в холодное время года, когда разность между температурой в середине постройки и снаружи очень большая. При этом главной целью «атаки» атмосферных воздействий выступает утеплитель, когда его верхние и нижние поверхности «ощущают» температуру, которая отличается десятками градусов. В то же время, чем ниже температура, тем больше давление водяного пара из помещения в подкровельное пространство, а холодный воздух способен удерживать меньше пара. Как следствие, утеплитель, вобрав в себя большое количество влаги, перестает выполнять свое целевое назначение. Чтобы теплоизоляционный материал выполнял свою функцию, он должен быть как можно более сухим. При увеличении влажности всего на 5% теплоизоляционная способность материала уменьшается почти в два раза [28].

Источником водяного пара, образующегося в помещениях зданий и который негативно влияет на кровельную конструкцию, может выступать приготовление пищи, стирка, купание и т.п. В процессе диффузии и конвективного переноса водяной пар поднимается вверх и, охлаждаясь до температуры ниже точки росы, конденсируется в подкровельном пространстве (рис. 1.4).

Количество образующейся влаги тем выше, чем больше разница температур воздуха снаружи и в помещениях здания, поэтому в зимнее время влага довольно интенсивно накапливается в подкровельном пространстве.

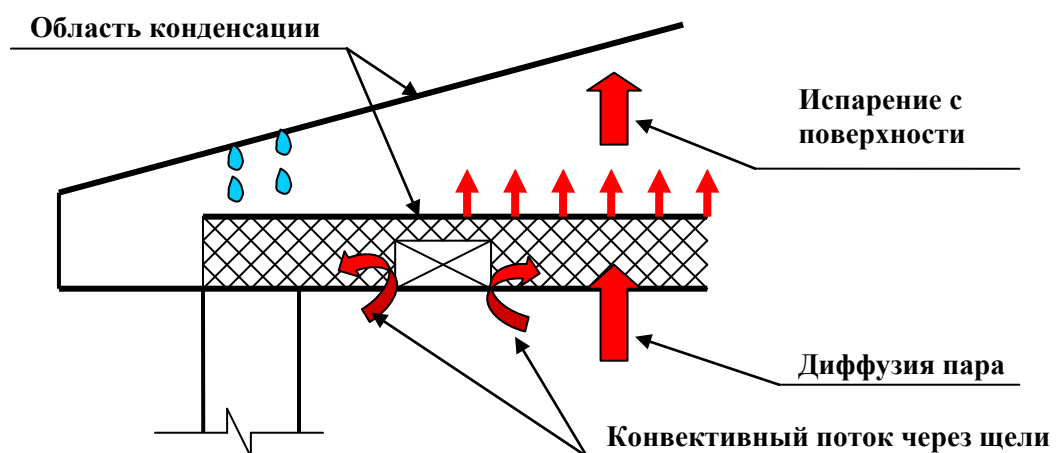


Рис. 1.4. Схема движения водяного пара в под кровельном пространстве [28].

Существенным барьером на пути проникновения пара в подкровельное пространство является специальная пленка с низкой паропроницаемостью, которую в конструкции крыши помещают непосредственно под теплоизоляцией [29]. Одна пароизоляция не в состоянии полностью исключить поток пара изнутри в подкровельное пространство. Поэтому необходимо, чтобы вся влага, накопившаяся в теплоизоляционном слое зимой, летом выходила наружу. Эта задача решается конструктивными мерами. Так для плоских крыш рекомендуется не сплошная, а частичная приклейка кровельных материалов к основанию, а в скатных крышах устраивают специальные вентиляционные зазоры – верхний и нижний. Вентиляционный зазор в основном зависит от длины ската и угла наклона кровли. В большинстве случаев высота вентиляционной камеры – 5 см (рис. 1.5).

Для скатной конструкции необходимы три основных элемента вентиляции: каналы для притока воздуха, каналы над теплоизоляцией (для циркуляции воздуха), вытяжные каналы (в верхней части кровли).

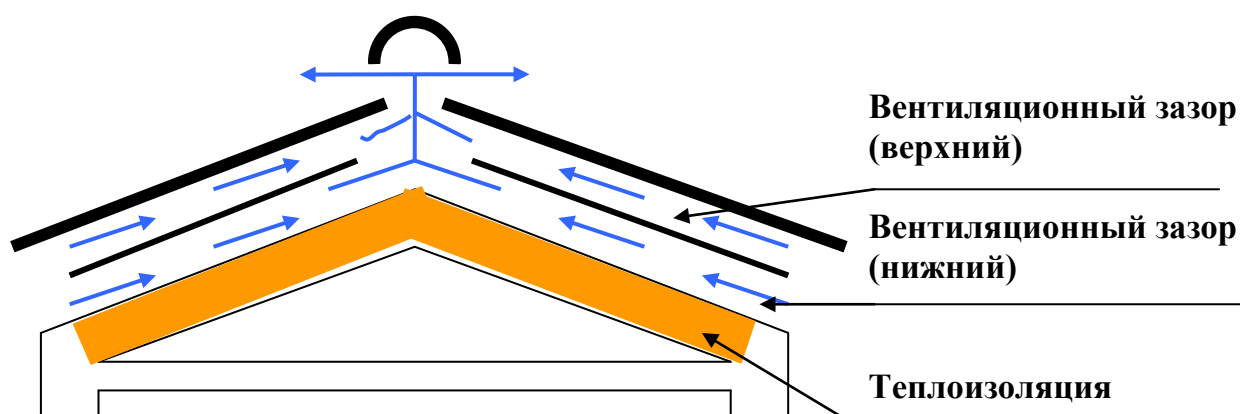


Рис. 1.5 Устройство вентиляционных зазоров в скатных крышах [28].

Необходимо защищать крыши от снега, дождя, направление которых под влиянием ветра может быть горизонтальным. Большое влияние на влажностный режим бесчердачных покрытий оказывает гидроизоляционный ковер, назначение которого предохранять покрытие от увлажнения его дождевой или талой водой. Гидроизоляционный ковер является, в то же время, и хорошим пароизоляционным слоем, а расположение его с наружной поверхности покрытия – это причина конденсации влаги под ковром. Особенно опасной будет конденсация влаги в покрытиях деревянных или утепленных органическими материалами, так как она может привести к загниванию их [25].

Устройство в таком случае второго пароизоляционного слоя у внутренней поверхности покрытия не вполне достигает цели, так как этот слой всегда будет более паропроницаем, чем рулонный ковер, и уменьшение интенсивности конденсации, совсем ее не устранил.

Прекрасно справляются с вышеперечисленными негативными явлениями вентилируемые покрытия, имеющие много преимуществ. Зимой такая крыша позволяет оптимизировать затраты на отопление помещений и предупреждает теплопотери. Летом кровельная конструкция прекрасно

противостоит жаре благодаря тому, что свежий воздух, поступающий в вентилируемое пространство, нагреваясь, поднимается вверх и выходит, унося с собой тепло, полученное от кровельного покрытия, и влагу, взятую от утеплителя [25].

Вентилирование покрытия наружным воздухом гарантирует от конденсации влаги (рис. 1.6). Если воздушная прослойка невентилируемая, в покрытии происходит конденсация влаги, несмотря на то, что у внутренней поверхности его уложена железобетонная плита.

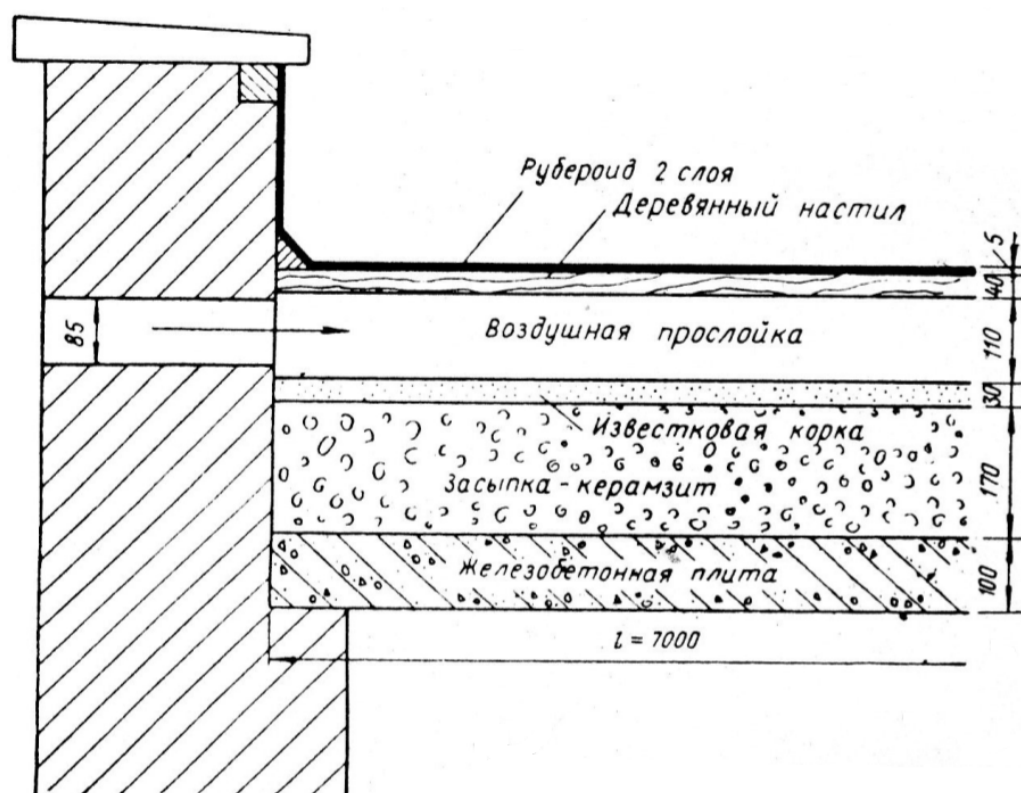


Рис. 1.6. Совмещенное покрытие с вентилируемой воздушной прослойкой.

Конденсация влаги в покрытии будет значительно большей при вентилировании воздушной прослойки внутренним воздухом здания. Поэтому воздушная прослойка с внутренним воздухом недопустима [16].

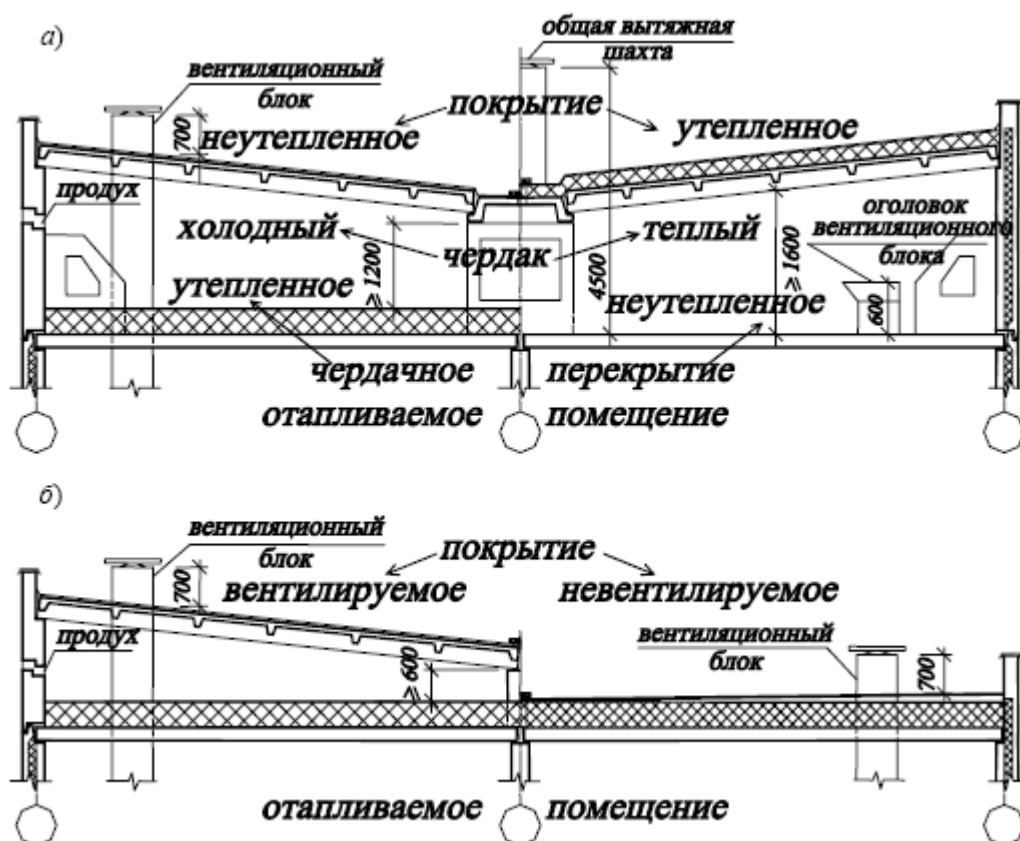
Наиболее полно теплофизические преимущества вентилируемой крыши проявлялись в период принудительной вентиляции. Постоянный поток воздуха в прослойке со скоростью 0,8 – 1,0 м/с улучшает температурный режим крыши. Температура поверхности утеплителя приближается к температуре наружного воздуха, превышая ее лишь на $(1 - 2)^{\circ}\text{C}$ [25]. Таким образом, действие принудительной вентиляции позволяет снять значительную долю тепла с покрытия, а это, в свою очередь, улучшает микроклимат в здании. Вентилируемые конструкции являются наиболее эффективным типом покрытия для жилищ в условиях Республики Узбекистан.

Совмещенные невентилируемые покрытия – бесперспективные с теплофизической точки зрения, так как этот тип крыш снижает суточную амплитуду и соответственно максимальную температуру, но не уменьшает среднесуточную. Для совершенствования данного типа крыши следует применять более легкие ячеистые бетоны, совмещающие в одном конструктивном слое несущие и теплоизолирующие функции [1].

1.3. Существующие конструктивные решения совмещенных покрытий.

В настоящее время крыши многоэтажных гражданских зданий проектируются из сборных железобетонных элементов. Это обусловлено прежде всего высокой надежностью по сравнению с традиционными крышами. Такие крыши выполняются, как правило, малоуклонными с внутренним водоотводом. Применяются три типа конструкций крыш: чердачные, бесчердачные (совмещенные) и эксплуатируемые (рис.1.7).

Рекомендации по типу конструкции крыши, метода гидроизоляции покрытия и системы водоотвода осуществляется с учетом назначения здания, его этажности, климатических условий района строительства представлены табл. 1.3 [12].



а – чердачные; *б* – бесчердачные.

Рис. 1.7. Принципиальные схемы крыш из железобетонных элементов

Совмещенные крыши – это пологие бесчердачные покрытия, в которых крыша совмещена с конструкцией чердачного перекрытия, а нижняя поверхность является потолком помещений верхнего этажа. Совмещенные крыши рекомендуется устраивать пологими, с уклоном 2,5% в виде гидроизоляционного ковра, выполненного из рубероида в три слоя [2]. По сравнению с чердачными, такие крыши стоят дешевле, требуют при возведении меньших затрат труда и поэтому широко распространены в современном строительстве [1].

Таблица 1.3

Выбор конструкций крыш и их уклонов в зависимости от
типа зданий и климатических условий района строительства [25].

Тип зданий и их этажность	Конструкция крыши	Климатический район				Минимальный уклон, %	
		I	II	III	IV	кровли	лотка
Жилые и общественные высотой 5 и более этажей	Чердачные с внутренним водоотводом:					для рулонных кровель	
	– с холодным чердаком						
	• рулонной кровлей					3	1
	• безрулонной кровлей						
	– с теплым чердаком					для безрулонных кровель	
	• рулонной кровлей						
Жилые и общественные высотой до 4 этажей включительно	• безрулонной кровлей						
	– с открытым чердаком						
	• рулонной кровлей					5	3
	• безрулонной кровлей						
Жилые и общественные высотой до 4 этажей включительно	Бесчердачная с наружным или внутренним водоотводом:						
	– совмещенная вентилируемая						
	• с рулонной кровлей					3	1
	• с безрулонной кровлей					5	3
	– совмещенная невентилируемая из одно- или многослойных панелей с утеплителем					3	2

Условные обозначения: С – следует применить; С* – то же, с защитным слоем гравия; Д – допускается применить; Д* – то же, с защитным слоем гравия; Н – не допускается применять.

Обозначение климатических районов в таблице дано в соответствии с СНиП 2.01.01-82.

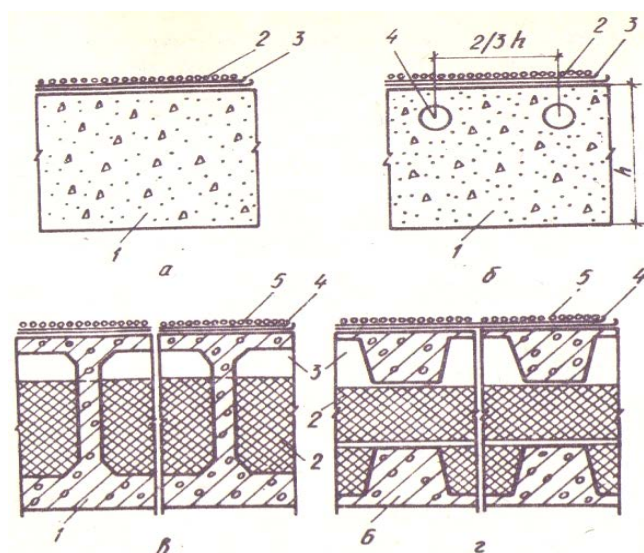
При устройстве совмещенной крыши весьма целесообразно в одном монтажном элементе сочетать несущие тепло-, гидроизоляционные и вентиляционные функции, создавая крупноразмерную панель большой заводской готовности [2].

По конструктивным признакам совмещенные покрытия делятся на три группы:

1. Покрытия из крупных панелей заводского изготовления, монтируемые в один прием:

- однослойны из легких и ячеистых бетонов (керамзитобетон, пенобетон, газобетон, газосиликат и др.);

- коробчатого сечения с заполнением полости теплоизолирующим материалом;
- двумя железобетонными плитами, между которыми заложен утеплитель (рис. 1.8)

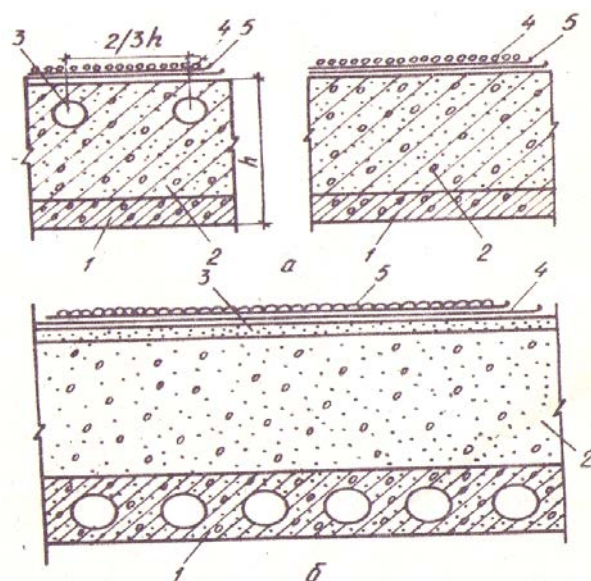


а, б – однослойные панели (1 – несущий утеплитель из легкого бетона, керамзитобетон, пенобетон, газобетон, газосиликат; 2 – гравий светлых тонов, втопленный в битумную мастику; 3 – гидроизоляционный ковер из рубероида; 4 – каналы осушающей вентиляции); в – панели коробчатого типа, г – панели из двух ребристых плит (1 – коробчатая панель из железобетона или армоцемента; 2 – жесткий или гибкий утеплитель: пеностекло, минераловатная плита; 3 – прослойка осушающей вентиляции; 4 – гидроизоляционный ковер из рубероида; 5 – гравий светлых тонов, втопленный в битумную мастику; 6 – железобетонная ребристая плита).

Рис. 1.8. Конструкции совмещенных покрытий

2. Покрытия из крупных панелей заводского изготовления, монтируемые в два приема (рис. 1.9 а)

3. Покрытия, устраиваемые на месте строительства с расположением утеплителя поверх несущих плит и обязательной стяжкой (рис. 1.9 б)



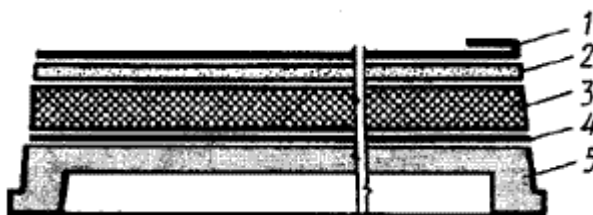
а – с несущим утеплителем (1 - несущая железобетонная плита; 2 – несущий утеплитель из легкого бетона: керамзитобетон, пенобетон, газобетон; 3 – каналы осушающей вентиляции; 4 – гравий светлых тонов, втопленный в битумную мастику; 5 - гидроизоляционный ковер из рубероида); б – с засыпанным утеплителем (1 - несущая многослойная или сплошная плита; 2 – утеплитель - керамзит, доменный шлак; 3 –цементная или асфальтовая стяжка; 4 –четыре слоя рубероида на горячей битумной мастике; 5 - светлый гравий в битуме);

Рис. 1.9. Конструкции совмещенных покрытий

Комплексные панели покрытий повышенной заводской готовности (рис.1.10) совмещают несущие, паро- и теплоизоляционные функции. Они состоят из двухслойных плит, нижний слой (несущая основа) которых – из тяжелого железобетона, верхний — из ячеистого бетона или керамзитобетона, пенопласта, фибролита. Комплексные панели могут быть различных конструкций. В качестве несущей основы иногда применяют сборную предварительно напряженную плиту. Пароизоляцией служит рубероид марок РПП-300А (Б; В) и РПЭ-300. Комплексные панели покрытий повышенной заводской готовности позволяют исключить в построечных

условиях операции по устройству паро- и теплоизоляции, цементно-песчаной стяжки, грунтовки основания и выполнения гидроизоляционных слоев [1].

В качестве несущей основы иногда применяют сборную предварительно напряженную плиту. Пароизоляцией служит рубероид марок РПП-300А (Б; В) и РПЭ-300.



1 - кровельный ковер; 2 - стяжка; 3 - теплоизоляция; 4 - пароизоляция; 5 - несущая плита

Рис. 1.10. Комплексная панель покрытия повышенной заводской готовности

Совмещенные крыши бывают:

- невентилируемые, отличающиеся простотой устройства, но требующие в построечных условиях защиты утеплителя от увлажнения;
- частично вентилируемые через поры или каналы в толще панели;
- вентилируемые, имеющие каналы (прослойки), предназначенные для сушки утеплителя и предупреждения вздутий рулонного ковра кровли.

Невентилируемые крыши (называемые ранее теплыми) - это однослойные крыши, в которых утеплитель и кровля лежат на несущей конструкции [34].

Невентилируемые совмещенные покрытия могут иметь два конструктивных решения — с теплоизоляцией, отдельной от несущей конструкции и совмещенной с ней.

В конструкцию невентилируемого совмещенного покрытия входит:

- несущая плита;

- пароизоляция – битумная мастика или рулонные материалы;
- утеплитель – 2-х слойный (шлак, а по верху – плитный утеплитель). Толщина принимается по расчету;
- выравнивающая стяжка из цементно-песчаного раствора или асфальтобетона толщиной 15-20 мм, если утеплитель сыпучий – стяжка 25-30 мм с армирующей сеткой;
- рулонная кровля.

Невентилируемые крыши применяют в тех случаях, когда исключается накопление влаги в покрытии в период эксплуатации. Такие покрытия могут выполняться с теплоизоляцией, совмещенной с несущей конструкцией (рис.1.11).

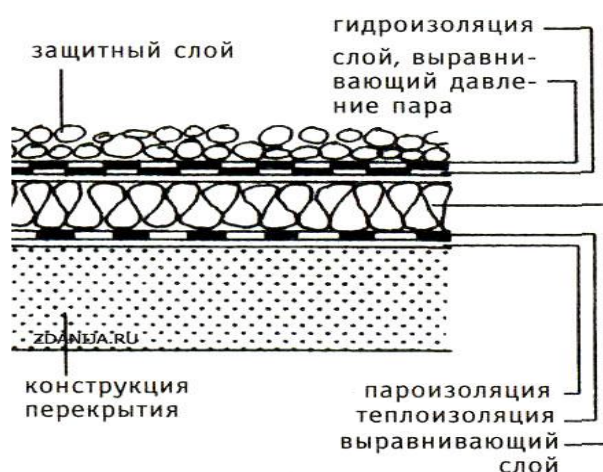


Рис. 1.11. Невентилируемая крыша

Пароизоляционный слой в виде одного или двух слоев рубероида или пергамина на мастике предусматривают для защиты теплоизоляции от увлажнения водяными парами, проникающими со стороны внутренних помещений. В качестве утеплителя применяют плитные или сыпучие теплоизоляционные материалы. При выборе теплоизоляционных материалов учитывают их прочность и деформационные свойства под действием эксплуатационных нагрузок. Поверх теплоизоляции делают выравнивающий

слой (стяжку) из цементного раствора. По стяжке устраивают кровлю. Ее выполняют из рулонных кровельных материалов в несколько слоев. Наклеивают их на холодную или горячую мастику. Для защиты гидроизоляционного ковра от повреждений делают защитный слой в виде насыпок из песка или мелкозернистого гравия, втопленного в верхний слой мастики, или слоя рубероида.

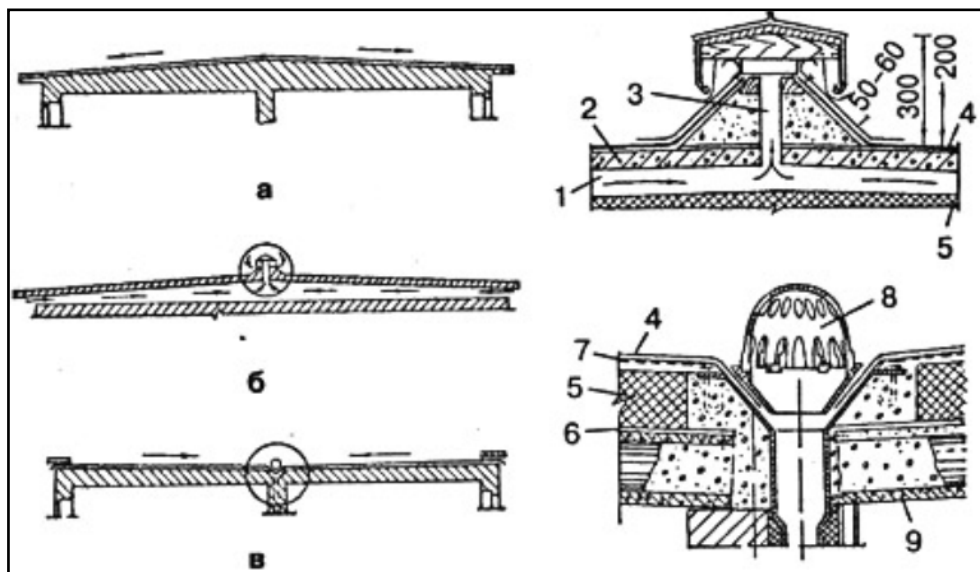
Утеплителем для невентилируемых совмещенных крыш служат доменные и котельные шлаки средней плотностью $500 - 1000 \text{ кг/м}^3$, керамзит, пенокерамзит, пеностекло, пенобетон и др.

Невентилируемые крыши строчечного изготовления всегда имеют пониженные эксплуатационные свойства относительно вентилируемых [34].

Теплые покрытия устраивают над отапливаемыми помещениями с нормальной и повышенной (более 70-75%) влажностью воздуха [36]. Отвод талой воды с покрытия делают наружным: организованным или неорганизованным (рис.1.12).

Другим особым типом плоской невентилируемой крыши является инверсионная крыша. Гидроизоляция в ней находится под слоем теплоизоляции для защиты от неблагоприятных погодных воздействий. Конструктивное решение покрытия с кровлей в инверсионном варианте включает: железобетонные сборные или монолитные плиты; кровельный ковер; теплоизоляцию; разделительный (фильтрующий) слой — холст из синтетических волокон; пригруз из гравия или бетонных плиток из расчета $5,0 \text{ МПа}$ (рис.1.13).

В конструкции «инверсионной» кровли гидроизоляционная мембрана защищена от температурных воздействий (перепады температуры, предельные значения, циклическое замораживание-оттаивание), от разрушающего воздействия УФ - облучения и механических повреждений, а к преимуществам можно отнести: возможность быстрого монтажа при любой погоде, отсутствие необходимости в пароизоляционном слое [33].



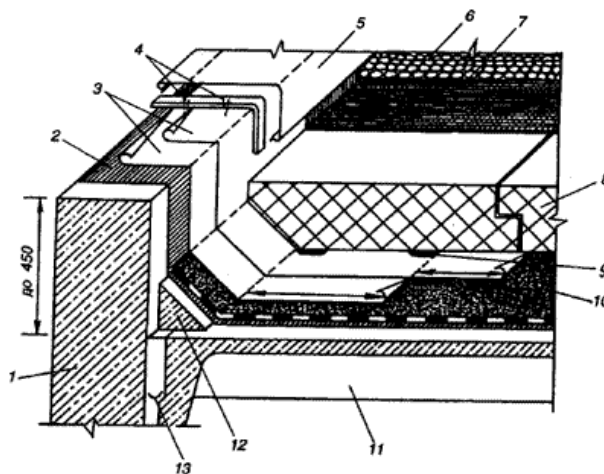
а — неветилируемая крыша с наружным неорганизованным водосбросом; б — ветилируемая крыша с наружным неорганизованным водосбросом; в — неветилируемая крыша с внутренним отводом воды; 1 — приточное ветилиционное отверстие; 2 — основание под гидроизоляционный ковер; 3 — вытяжное ветилиционное отверстие; 4 — гидроизоляционное ветилиционное отверстие; 5 — утеплитель; 6 — пароизоляция; 7 — арматурная сетка в слое цементного раствора; 8 — воронка внутреннего водостока; 9 — несущие конструкции крыши.

Рис.1.12. Схемы и детали совмещенных крыш

При реализации концепции «инверсионной» кровли возможно создание «зеленых» крыш, эксплуатируемых террасных конструкций вплоть до организации автостоянок путем использования теплоизоляционных плит (экструдированного пенополистирола) различной прочности на сжатие (возможные нагрузки до 70 тонн на квадратный метр) [33].

В жарких климатических районах при строительстве зданий находят применение озелененные крыши (рис.1.14). В этом случае поверх теплоизоляционного покрытия укладываются по очереди фильтрующий слой из геотекстиля, дренирующий слой из гравия или вспененного перлита, противокорневой слой из геотекстиля и слой почвенного субстрата.

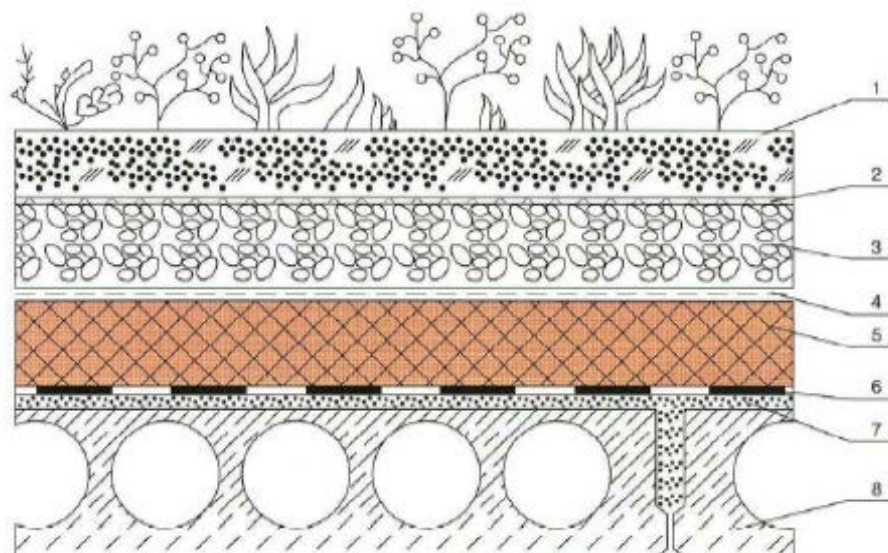
Высаживать на такую кровлю можно только специально предназначенные для этого растения [37].



1-стена; 2-грунтовка; 3-дополнительный кровельный ковер; 4-дюбели; 5-оцинкованная кровельная сталь; 6-пригруз из гравия; 7-предохранительный (фильтрующий) слой из синтетического холста; 8-теплоизоляция из экструдированного пенополистирола; 9-точечная приклейка теплоизоляции; 10-основной кровельный ковер; 11-сборная железобетонная плита покрытия; 12-легкий бетон; 13-гидроизоляционная прокладка.

Рис.1.13. Инверсионная кровля с теплоизоляцией из экструдированного пенополистирола

Обычным недостатком почти всех крыш является их перегрев под непосредственным воздействием солнечных лучей. Озелененная крыша от этого недостатка избавлена благодаря воздушной подушке, которая образуется травой, достигающей высоты 30 см и дающей дополнительную теплоизоляцию [1]. Кроме того, в травяной крыше происходит частичное саморегулирование теплового режима за счет испарения: чем выше температура, тем интенсивнее испарение и, соответственно, теплотраты на него. Также снижается температура воздуха в летнее время (в среднем, до 10⁰С) и исключается выделение опасных для здоровья человека летучих веществ и соединений из битумных кровельных материалов.



1 – растительный слой; 2 – противокорневой слой; 3 – дренажный слой; 4 – фильтрующий слой; 5 – теплоизоляционные плиты «ПЕНОПЛЭКС»; 6 – гидроизоляционный слой; 7 – уклонообразующая цементно-песчаная стяжка; 8 – железобетонная плита покрытия.

Рис.1.14. Устройство инверсионной кровли с озеленением

Однако постоянно поддерживать жизнеспособность озелененной крыши очень трудно. Поэтому более органичными выглядят предложения по организации озелененных крыш в жилых зданиях переменной этажности, в которых крыша пространственно расчленяется на ряд расположенных на различных уровнях относительно небольших по площади частей, что позволяет превратить их в индивидуальные озелененные участки [1].

Основной проблемой инверсионных кровель является влага, которая практически всегда присутствует между тепло- и гидроизоляцией. Она способствует образованию растительного слоя, зачастую нарушающего герметичность кровли, создавая разрывы, через которые происходит инфильтрация воды. К тому же даже очень тонкая прослойка воды между тепло- и гидроизоляцией приводит к уменьшению термического сопротивления конструкции, которое может оказаться весьма существенным [34].

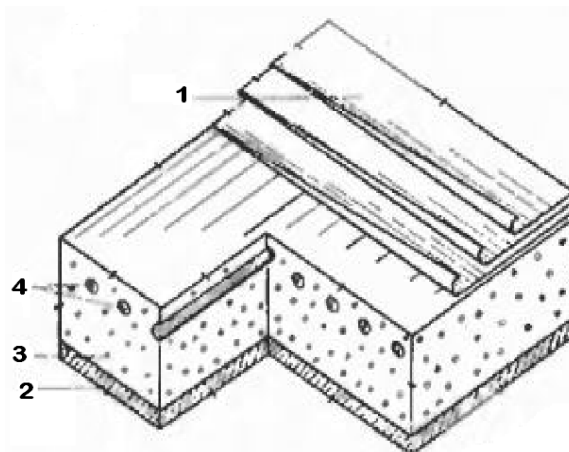
Невентилируемые совмещенные покрытия, несмотря на ряд производственных преимуществ и высокие технико-экономические показатели, в отапливаемых зданиях применяются ограниченно. Причиной являются неудовлетворительный температурно-влажностный режим таких покрытий, а также возможность образования наледей и постепенного разрушения верхних слоев кровли при попеременном перегреве и охлаждении ее. Эти недостатки в меньшей мере проявляются в покрытиях, где несущими конструкциями служат настилы и панели с круглыми, овальными, вертикальными и другой формы пустотами.

Невентилируемые совмещенные покрытия рекомендуются в тех случаях, когда благодаря применению конструктивных мероприятий исключается прогрессирующее в процессе эксплуатации накопление в покрытиях влаги.

Как было упомянуто выше, совмещенные покрытия бывают также вентилируемые и частично вентилируемые. Вентилируемые совмещенные покрытия рекомендуется применять в районах с расчетными температурами ниже минус 30° (для удаления водяных паров), а также в жарком климате (для проветривания и охлаждения). Вентилируемая крыша на 30 – 35% дороже бесчердачной глухой и является более трудоемкой. Однако устройство ее в условиях, указанных выше, а также над влажными помещениями является необходимым [3].

Вентилируемые совмещенные покрытия проветриваются через воздушные прослойки, щели или каналы, предусматриваемые в толще покрытия и вентилируемые наружным воздухом, который поступает через специально устраиваемые продухи.

Частично вентилируемые покрытия имеют в материале панели поры или каналы, расположенные в верхней толще панели (рис. 1.15).



1 — гидроизоляционный 3 - 5 слойный рулонный ковер с защитным слоем из мелкого гравия, вбитого в битум; 2 — плоская несущая железобетонная плита; 3 — мопс из легкого бетона; 4 — цилиндрические каналы диаметром 30 — 40 мм.

Рис. 1.15. Конструкции частично вентилируемой крыши

Воздушная прослойка уменьшает влияние солнечной радиации в летний период и снижает влагонакопление в теплоизоляционных слоях покрытия в зимний.

В конструкцию покрытия с вентилируемой воздушной прослойкой входят следующие слои, считая от нижней поверхности: несущая плита, теплоизоляционный слой, вентилируемая прослойка, наружный экран, гидроизоляция, верхний защитный слой (рис. 1.16). В зависимости от климатических условий района строительства, назначения здания и его температурно-влажностного режима, вида используемых материалов и т. п. некоторые слои могут отсутствовать или совмещаться в одном слое [32].

Воздушные прослойки устраивают с выводом приточных отверстий в карнизной части крыши, а вытяжных — в коньковой либо карнизной на минераловатных, фибролитовых, камышитовых и других плитах и матах, а также в виде самонесущих армированных плит из ячеистого бетона. Практикуются покрытия из ребристых железобетонных панелей, к которым подвешены щиты из листов сухой штукатурки с уложенным поверх них минеральным заполнителем. Потолок может быть подвешен с помощью

брусков, забетонированных в ребра плит, или выпусков арматуры, к которым прибивают (привязывают) щиты [32].

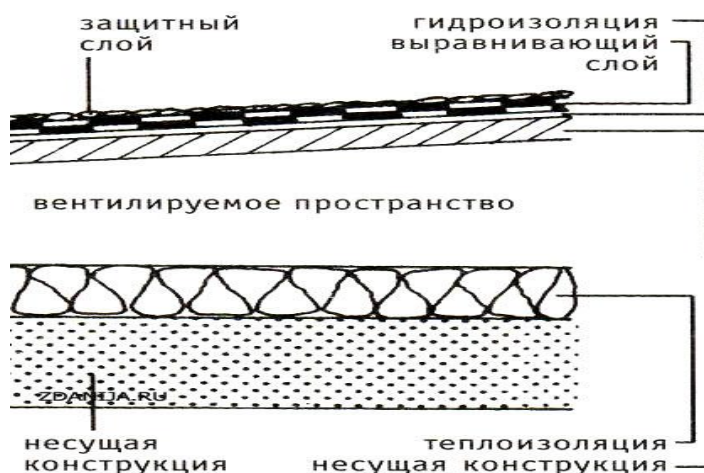


Рис. 1.16. Конструктивное решение вентилируемой крыши

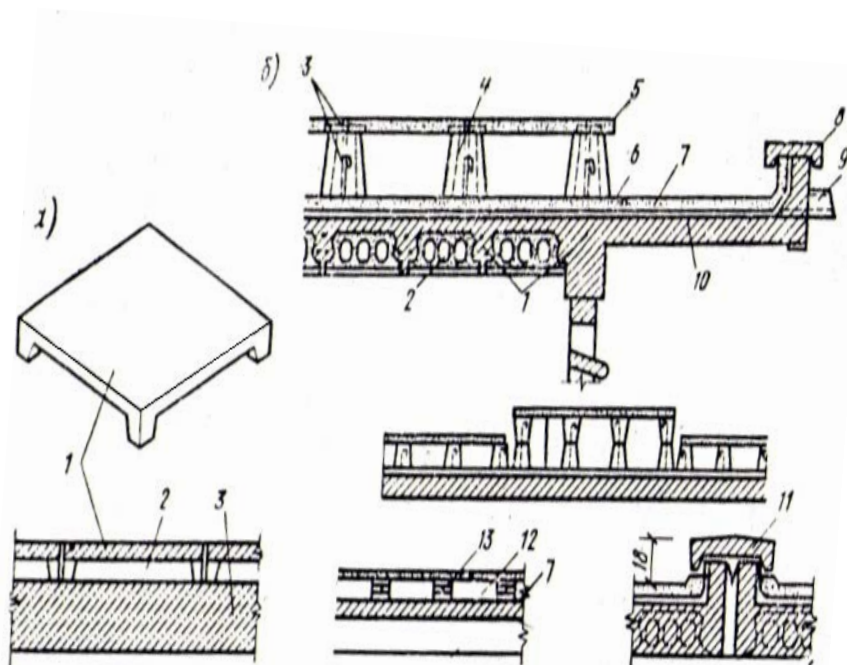
Вентилируемые покрытия могут выполняться по нескольким конструктивным схемам: составными из нескольких отдельных слоев с расположением теплоизоляционного слоя и воздушной прослойки над несущими элементами или под ними, сплошными с внутренними вентиляционными каналами [35].

Теплотехнический эффект вентилируемого покрытия достигается при расходе воздуха через прослойку 300 – 350 кг/ч. В связи с этим вентилируемые покрытия следует проектировать для районов, где скорость ветра в дневные часы не ниже 3 м/с. Высота воздушной прослойки крыши в этом случае может быть равна 10 – 15 см. При скорости ветра ниже 3 м/с, но не менее 1,5 м/с, она должна быть увеличена до 30 – 35 см.

Вентиляционные отверстия необходимо закрывать решеткой или сеткой. В вентилируемых покрытиях зданий шириной более 20 м рекомендуется вытяжные шахты. При искусственной вентиляции помещений

под вентилируемыми крышами должно быть пониженное давление. В противном случае тепло из помещений будет выдавлено в воздушную прослойку крыши [1].

Наиболее удачным решением является железобетонная монолитная плита толщиной более 10 см, по которой уложен гидроизоляционный ковер с армоцементным защитным слоем. В качестве противорадиационной защиты могут быть использованы бетонные плитки, укладываемые на угловые утолщения самих плиток (рис.1.17а) или на специально установленные для этих целей бетонные столбики (рис. 1.17б).



а – устройство крыши с покрытием из противосолнечных плиток; 1–солнцезащитная плитка; 2 – воздушная прослойка; 3 – железобетонная плита покрытия; б – двойные вентилируемые крыши; 1 - железобетонная монолитная плита; 2 – керамические блоки; 3 – выпуски арматуры; 4 – бетонные пустотелые столбики; 5 – плитки из легкого бетона; 6 – армированная цементная стяжка; 7 – гидроизоляция; 8 – бетонный бортик; 9 - керамический или цементный лоток; 10 - цементная стяжка; 11 – латунный компенсатор; 12 - керамические блоки; 13 – кирпичные столбики.

Рис. 1. 17. Пример конструктивного решения устройства вентилируемой воздушной прослойки

Вентилируемая воздушная прослойка между железобетонной плитой и бетонными плитками резко снижает тепловое напряжение и температуру нижней поверхности покрытия, а также повышает теплозащитные свойства.

Ограждение не должно осложнять конструкцию кровли и мешать вентиляции пространства покрытия (рис.1.18).

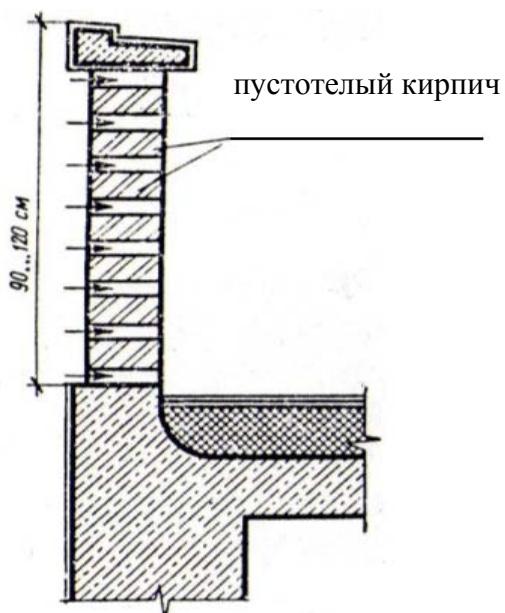


Рис.1.18. Ограждение плоского покрытия, обеспечивающее беспрепятственное движение воздуха по его поверхности

Особенностью вентилируемой совмещенной крыши является постоянно проветриваемая полость, высотой не менее 5 см, над теплоизоляционным слоем. Для устройства этой полости предусматривают еще одно легкое покрытие. Характерно, что такая крыша не требует пароизоляционного слоя.

Утеплителем для вентилируемых крыш, в которых отсутствует уплотнение их вышележащими слоями, могут быть, например, минераловатные плиты или фибролит цементный [3].

Вентилируемое совмещенное покрытие также применяется над зданиями с избыточной влажностью (баня, прачечная, бассейн). В гражданских зданиях рекомендуется применять вентиляруемые, частично вентиляруемые или с полупроходным чердаком крыши [35].

В последнее время широкое распространение получили, так называемые, двойные покрытия (рис.1.19), пригодные для строительства в жарком сухом климате, выполненные в виде второй кровли, расположенной над основной.

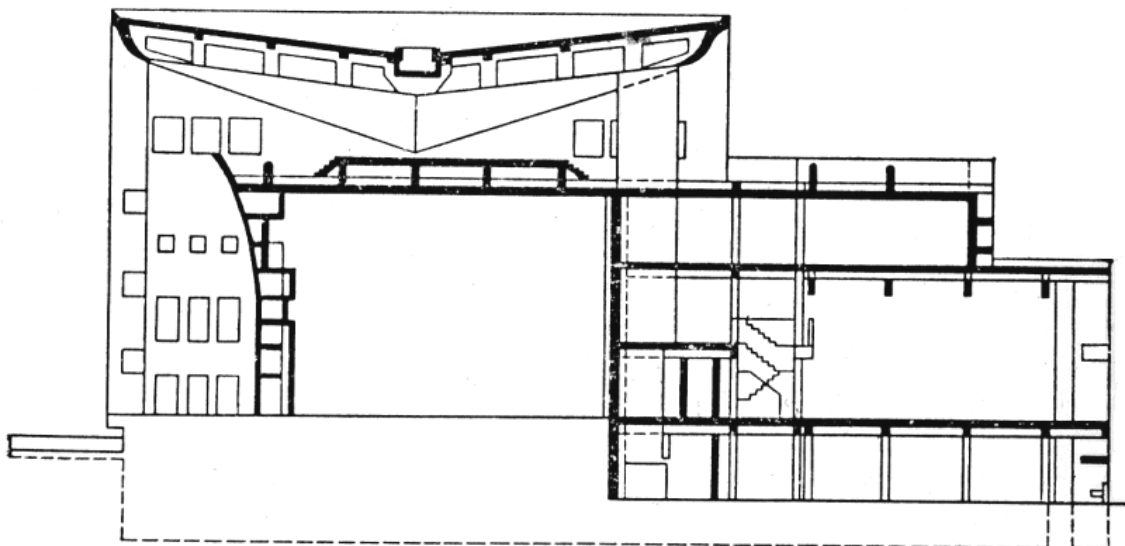


Рис. 1.19. «Кровля- бабочка» над зданием Верховного суда в Чандигархе (Индия)

Верхняя оболочка двойного покрытия затеняет нижнюю и воспринимает радиационную теплоту. Пространство между двумя оболочками, омываемое потоками свободно циркулирующего воздуха и уносящего с собой избыток теплоты, защищает оболочку от перегрева.

Определенный эффект дают также крыши – козырьки в виде наклонных экранов из листовых материалов. Их уклон и ориентация еще значительно ослабляют тепловое действие на кровлю. Наиболее интенсивное

проветривание обеспечивается при угле 10^0 . В этом случае получается максимальное вихреобразование. При иных углах возникают застойные зоны, в которых скорость воздуха падает [13].

1.4. Цели и задачи исследований

В основу диссертационной работы положена следующая **рабочая гипотеза**: повышение теплозащитных свойств совмещенных покрытий гражданских зданий может быть достигнуто за счет создания интенсивно вентилируемых пространств под воздействием господствующего ветра.

В связи с изложенным предположением, определена **цель исследований**: научное обоснование эффективности применения интенсивно вентилируемых пространств под воздействием господствующего ветра в составе совмещенного покрытия гражданских зданий для создания благоприятного микроклимата помещений в летний период.

Исходя из цели исследований, анализа литературных данных были поставлены **следующие задачи**:

- 1) установить форму покрытия здания, обеспечивающую режим интенсивной вентиляции воздушного пространства крыши;
- 2) определить толщины утеплителя в покрытии, обеспечивающие выполнение требований по каждому из установленных нормами уровней теплозащиты;
- 3) разработать конструктивное решение совмещенного покрытия гражданского здания, обеспечивающего требуемый уровень теплозащиты по зимним и летним условиям эксплуатации.

1.5. Выводы по главе

1. На формирование внутренней среды помещений гражданских зданий существенное влияние оказывает климат местности и теплозащитные свойства наружных ограждающих конструкций. При этом в условиях летней эксплуатации на территории Республики Узбекистан, находящейся в зоне сухого жаркого климата, особая роль отводится конструктивному решению покрытия (крыши), испытывающему наибольшее тепловое воздействие от солнечной радиации.

2. В объеме крыши протекают сложные теплофизические процессы, обусловленные резкими пространственными и временными колебаниями температуры, неоднородной солнечной облученностью ее поверхностей, диффузией и конвективным переносом водяного пара. В связи с этим, при разработке энергоэффективных покрытий необходим учет особенностей формирования эксплуатационной среды для всех составляющих их элементов.

3. Наибольшее распространение в массовом гражданском строительстве получили совмещенные вентилируемые и невентилируемые покрытия, обладающие в основном недостаточными теплозащитными свойствами, особенно в летних условиях эксплуатации.

4. В результате анализа современных способов повышения теплозащиты совмещенных покрытий гражданских зданий в условиях летнего перегрева выявлен возможный путь их совершенствования – устройство в составе покрытия интенсивно вентилируемых пространств.

2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Объекты исследований. Материалы и конструкции

В качестве предмета исследований выбрана конструкция совмещенных покрытий гражданских зданий, расположенных на территории Республики Узбекистан.

Совмещенная крыша представляет собой конструкцию, объединяющую вместе чердачное перекрытие и кровлю. Основными элементами совмещенной крыши являются настил, утеплитель, пароизоляция и кровля.

Теплотехнические характеристики используемых в исследованиях материалов представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Теплотехнические характеристики строительных материалов

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации А)		
	плотность γ_0 , кг/м ³	удельная теплоем- кость C_0 , кДж/(кгх х ⁰ С)	коэфф. теплопро- водности λ_0 , Вт/(мх ⁰ С)	теплопро- водности λ , Вт/(мх ⁰ С)	теплоус- воения S , Вт/(м ² х ⁰ С)	паропро- ницае- мости μ , мг/(м х х ч х Па)
Железобетонная плита	2500	0,84	1,69	0,92	17,98	0,03
Цементно- песчаный плита с использованием керамзитового песка	1800	0,84	0,66	0,80	10,50	0,09
Пенополистирол	150	1,34	0,05	0,052	0,89	0,05

продолжение

Маты из стекловолокна	150	0,84	0,061	0,064	0,80	0,53
Минераловата на базальтовым волокне	24	0,84	0,84	0,058	1,32	0,41
Выравнивающая стяжка из асфальтобетона	2100	1,68	1,05	1,05	16,43	0,008
Рубероид	600	1,68	0,17	0,17	3,53	1,1

А – параметр для сухого и нормального режима помещений.

2.2. Принятые методы исследований

2.2.1. Методика модельного эксперимента

Любое экспериментальное исследование может выполняться либо на натурном объекте, либо на модели, разработанной в соответствии с требованиями теории подобия. Натурные опыты, как правило, очень сложны и требуют большой затраты труда, время и средств. Кроме того, эксперимент в натуральных условиях всегда «затемнен» второстепенными деталями, что существенно мешает установлению основных закономерностей.

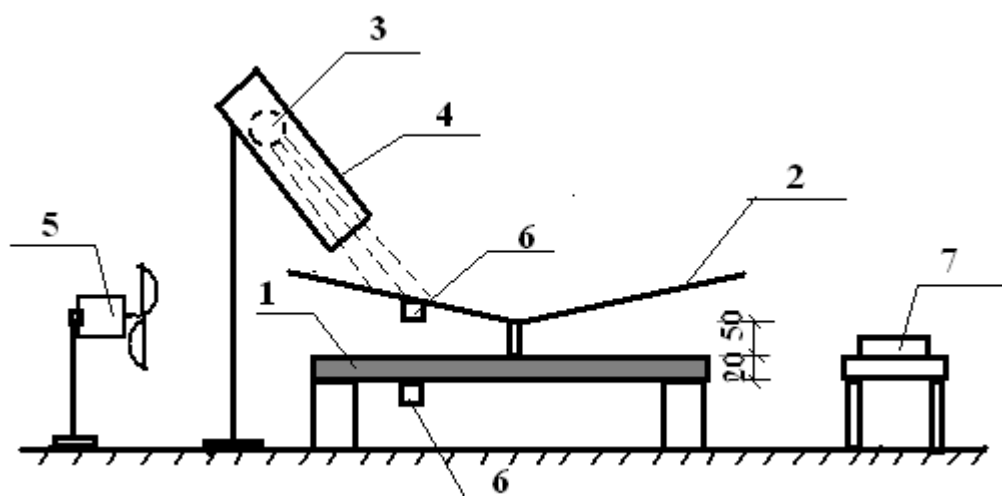
Таким образом, для проведения экспериментальных исследований была сконструирована и изготовлена установка, включающая макет совмещенного покрытия с кровлей – бабочкой размером в плане (60 x 35)см; имитатор солнечного освещения в виде лампы накаливания мощностью 1000 Вт, размещенной в трубе диаметром 160 мм с внутренней поверхностью черного цвета, обеспечивающей направленное воздействие света; имитатора

действия ветра в виде вентилятора; датчиков температуры для замеров поверхностной температуры частей конструкции покрытия; крыльчатого анемометра для определения скорости движения воздуха, создаваемого вентилятором (рис.2.1).

При разработке макета конструкции покрытия условно (для упрощения эксперимента) было принято:

- совмещенное покрытие – однослойное, состоит из цементно-песчаной плиты с использованием керамзитового песка толщиной 20 мм;
- кровля – бабочка изготовлена из стального листа толщиной 2 мм.

Для обеспечения свободного изменения угла наклона «крыльев бабочки» кровли к поверхности покрытия в центре кровли предусмотрен шарнир. Между покрытием и кровлей (в месте шарнира) предусмотрен зазор высотой 50 мм.



1 – цементно-песчаная плита; 2 – кровля-бабочка из стального листа; 3 – лампа мощностью 1000 Вт; 4 – стальная труба Ø 160 мм; 5 – вентилятор; 6 - датчики температуры; 7 – крыльчатый анемометр

Рис. 2.1. Экспериментальная установка

Скорость воздушного потока, создаваемая вентилятором, регулировалась изменением расстояния от макета до вентилятора, а контроль над ее значением осуществлялся анемометром.

Для обеспечения угла падения лучей света, имитирующих солнечное воздействие в период полуденного летнего солнцестояния (72^0), на макет были определены расстояние от лампы накаливания до макета и высота крепления лампы, которые составили соответственно 60 см и 185 см.

При проведении экспериментов одновременно снимались показания с двух поверхностных термометров, один из которых был закреплен на нижней поверхности «кровли-бабочки», а второй – на нижней поверхности плиты покрытия. Различная степень нагрева достигалась путем варьирования длительностью воздействия лампы накаливания. При этом фиксировалось время воздействия, которое затем использовалось при проведении «эталонного» эксперимента, проводимого на совмещенном покрытии без установленной на нем кровли-бабочки. По времени воздействия лампы накаливания оценивали идентичность нагрева поверхности.

Для проведения исследований был применен метод математического планирования эксперимента.

В качестве трех изменяемых факторов приняты:

- угол наклона «крыльев бабочки» (от 0 до 30^0);
- ориентация покрытия по отношению к господствующему ветру (от 0 до 90^0);
- высота центра «бабочки» над кровлей (от 1 до 5 см);

Методика планирования эксперимента представлена в следующем разделе данной главы.

Результаты экспериментальных исследований обработаны методами математической статистики. Были определены числовые характеристики случайной величины, оценки математического ожидания, оценки дисперсности, среднее квадратичное отклонение, коэффициент вариации и показатель точности [3].

Оценка для математического ожидания случайной величины определяется по формуле:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2.1)$$

где x_i – температура на внутренней поверхности покрытия при i -ом замеры,

n – количество замеров.

Оценка дисперсии случайной величины:

$$D_x = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n-1} \quad (2.2)$$

Среднее квадратичное отклонение, называемое также среднеквадратичной ошибкой, является производной от дисперсии и определяется по формуле:

$$\delta_x = \sqrt{D_x} \quad (2.3)$$

Выражая среднеквадратичное отклонение в % от величины математического ожидания, получим коэффициент вариации:

$$C_v = \frac{\delta_x}{\bar{X}} \cdot 100\% \quad (2.4)$$

Среднее квадратичное отклонение оценки математического ожидания:

$$\delta = \sqrt{\frac{D_x}{n}} \quad (2.5)$$

Показатель точности испытаний:

$$P = \frac{\delta}{\bar{X}} \cdot 100\% \quad (2.6)$$

2.2.2. Математическое планирование эксперимента

Главным условием оптимального проектирования является создание необходимых количественных зависимостей, позволяющих прогнозировать необходимые результаты для конечного итога. Критерии оптимизации при использовании активного планирования эксперимента могут быть

различными. В нашем случае наиболее предпочтительны теплотехнические параметры из-за возможности осуществления эффективного контроля. Планирование эксперимента производилось в соответствии с [14, 15].

Выбор факторов, определяющих изменение оптимизируемых параметров, осуществляется на основании конкретной задачи. В этом случае необходимо перейти к планированию эксперимента второго порядка, описываемого в общем случае полиномом второй степени:

$$y(x) = \vartheta_0 + \sum_{1 \leq i \leq n} \vartheta_i x_i + \sum_{1 \leq i \leq j \leq n} \vartheta_{ij} x_i x_j \quad (2.7)$$

где ϑ_0 , ϑ_i , ϑ_{ij} – статистические оценки истинных коэффициентов регрессии.

В нашем случае (3-х факторный эксперимент):

$$y = \vartheta_0 + \vartheta_1 x_1 + \vartheta_2 x_2 + \vartheta_3 x_3 + \vartheta_{11} x_1^2 + \vartheta_{22} x_2^2 + \vartheta_{33} x_3^2 + \vartheta_{12} x_1 x_2 + \vartheta_{13} x_1 x_3 + \vartheta_{23} x_2 x_3 \quad (2.8)$$

Для постановки эксперимента был применен близкий к Д – оптимальный план второго порядка В₃, требующий сравнительно небольшого количества опытов при удовлетворительных статистических характеристиках [15]. Матрица плана приведена в табл. 2.2.

Вычисление коэффициентов уравнения регрессии произведено по формуле:

$$\vartheta_i = \sum_{1 \leq u \leq l} l_{ui} y_u \quad (2.9)$$

где l_{ui} – элемент матрицы L, соответствующий u – ому опыту и i – ому фактору, его квадрату или взаимодействию факторов. Значения l_{ui} представлены в табл. 2.3. y_u – значения выхода в u – ом опыте (экспериментальные данные).

Таблица 2.2

Матрица 3-факторного плана 2-го порядка

№ опыта		Матрица планирования (x_i)			Квадраты переменных (x_i) ²			Взаимодействие ($x_i x_j$)		
		X_1	X_2	X_3	X_1^2	X_2^2	X_3^2	$X_1 x_2$	$X_1 x_3$	$X_2 x_3$
N ₁	1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	2	-	+	+	+	+	+	-	-	+
	3	+	-	+	+	+	+	-	+	-
	4	-	-	+	+	+	+	+	-	-
	5	+	+	-	+	+	+	+	-	-
	6	-	+	-	+	+	+	-	+	-
	7	+	-	-	+	+	+	-	-	+
	8	-	-	-	+	+	+	+	+	+
N ₂	9	+	0	0	+	0	0	0	0	0
	10	-	0	0	+	0	0	0	0	0
	11	0	+	0	0	+	0	0	0	0
	12	0	-	0	0	+	0	0	0	0
	13	0	0	+	0	0	+	0	0	0
	14	0	0	-	0	0	+	0	0	0
h ₀	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Проверка равноточности измерений (однородности выборочных дисперсий) проведена по критерию Кохрена, для этого составляется G -статистика согласно рекомендациям [14, 15].

$$G_p = \frac{\max_{1 \leq u \leq N_i} \{S_{yu}^2\}}{\sum_{1 \leq u \leq N_1} S_{yu}^2} \quad (2.10)$$

Для каждого параметра $G_p < G_T$, следовательно, при выбранном уровне значимости гипотеза об однородности оценок дисперсий не отвергается.

Таблица 2.3

Матрица L для вычисления коэффициентов регрессии по плану B_3

№ пп	Матрица									
	0	1	2	3	11	12	13	22	23	33
1	-0,063	0,100	0,100	0,100	0,063	0,125	0,125	0,063	0,125	0,063
2	-0,063	0,100	0,100	0,100	0,063	0,125	0,125	0,063	0,125	0,063
3	-0,063	0,100	0,100	0,100	0,063	0,125	0,125	0,063	0,125	0,063
4	-0,063	0,100	0,100	0,100	0,063	0,125	0,125	0,063	0,125	0,063
5	-0,063	0,100	0,100	0,100	0,063	0,125	0,125	0,063	0,125	0,063
6	-0,063	0,100	0,100	0,100	0,063	0,125	0,125	0,063	0,125	0,063
7	-0,063	0,100	0,100	0,100	0,063	0,125	0,125	0,063	0,125	0,063
8	-0,063	0,100	0,100	0,100	0,063	0,125	0,125	0,063	0,125	0,063
9	0,250	-0,100	0	0	0,250	0	0	-0,250	0	-0,250
10	0,250	0,100	0	0	0,250	0	0	-0,250	0	-0,250
11	0,250	0	0,100	0	-0,250	0	0	0,250	0	-0,250
12	0,250	0	0,100	0	-0,250	0	0	0,250	0	-0,250
13	0,250	0	0	0,100	-0,250	0	0	-0,250	0	0,250
14	0,250	0	0	0,100	-0,250	0	0	-0,250	0	0,250

После вычисление параметров модели и получения уравнения регрессии проверяется гипотеза об их адекватности по дисперсионному отношению Фишера:

$$F_p = \frac{S_{ад}^2}{S_{воспр}^2}, \quad (2.11)$$

где:

$$S_{ад}^2 = \frac{K \sum_{1 \leq u \leq n} (y_{иср} - y_{up})^2}{N * K - m - N(K-1)} \quad S_{воспр}^2 = \frac{\sum S_{yu}^2}{N}$$

K - число повторных измерений в каждой точке плана,

m - число коэффициентов в уравнении регрессии.

При $F_p < F_{табл}$ гипотеза об адекватности полученного уравнения не отвергается.

Проверка коэффициентов регрессии на значимость произведена по t - критерию Стьюдента [14, 15]:

$$t_{ei} = \frac{|e_i|}{S_{ei}} \quad (2.12)$$

по группам коэффициентов, начиная с самого малого по абсолютной величине.

2.2.3. Методика теплотехнических расчетов

В диссертационной работе, помимо экспериментальных методов исследований, использовались и теоретические расчетные для определения сопротивления теплопередаче и теплоустойчивости ограждающих конструкций. Расчеты велись на основе действующих нормативных документов [10,11].

Требуемое сопротивление теплопередаче R_o^{TP} наружной ограждающей конструкции, исходя из санитарно-гигиенических требований, определялось по формуле

$$R_o^{TP} = n (t_b - t_n) / (\Delta t^H \alpha_b), \quad (2.13)$$

где n – коэффициент, определяемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху;

t_b – расчетная температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{C}$, определяемая в зависимости от назначения здания;

t_n – расчетная зимняя температура наружного воздуха, принимаемая в зависимости от района строительства и тепловой инерции ограждающей конструкции, $^{\circ}\text{C}$;

Δt^H – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, принимаемый в зависимости от местоположения ограждения и назначения здания, $^{\circ}\text{C}$;

α_b – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$.

Тепловая инерция D ограждения определялась по формуле

$$D = R_1 S_1 + R_2 S_2 + \dots + R_n S_n, \quad (2.14)$$

где $R_1, R_2, \dots, R_n$ – термические сопротивления отдельных слоев ограждения, $(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$;

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

Термическое сопротивление R , слоя многослойной ограждающей конструкции определяли по формуле

$$R = \delta / \lambda, \quad (2.15)$$

где δ – толщина слоя, м;

λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м·°C);

Сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции R_0 , определяли по формуле

$$R_0 = 1/\alpha_{\text{в}} + \sum (\delta_i / \lambda_i) + 1/\alpha_{\text{н}}, \quad (2.16)$$

где $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения, Вт/(м²·°C).

Требуемое сопротивление теплопередаче по условиям энергосбережения определялось в зависимости от градусо-суток отопительного периода (ГОСП) по следующей зависимости:

$$R_0 = 1/S_a^{1/2}, \quad \text{м}^{2.0}\text{C/Вт}, \quad (2.17)$$

где S_a – безразмерный критерий, имеющий глубокий теплофизический и экономический смысл. Он показывает, насколько теплотери 1 м² ограждающей конструкции, сопротивление теплопередаче которой R_0^* , больше или меньше тепловой энергии, затраченной на ее создание и монтаж за срок службы ограждения.

$$S_a = Q_k^* \cdot R_0^* / (24 \cdot \text{ГОСП} \cdot Z), \quad (2.18)$$

где Q_k^* – энергоемкость, Вт·ч / м² элемента наружного ограждения, сопротивление теплопередаче которого $R_0^* = 1 \text{ м}^{2.0}\text{C/Вт}$;

ГОСП определялись по формуле:

$$\text{ГОСП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер}}) Z_{\text{от.пер}}, \quad (2.19)$$

где $t_{\text{в}}$ – температура внутреннего воздуха, °C;

$t_{\text{от.пер}}$ – температура отопительного периода, определяемая по КМК [10];

$Z_{\text{от.пер}}$ – продолжительность отопительного периода, определяемая по КМК [10];

Z – безразмерная величина, численно равная сроку службы ограждения.

Расчет требуемого сопротивления теплопередаче по условиям энергосбережения выполнялся с использованием расчетной программы для персонального компьютера.

Для расчета на теплоустойчивость определялась:

-требуемая амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции $A_{\tau в}^{тр}$:

$$A_{\tau в}^{mp} = 2.5 - 0.1 \cdot (\bar{t}_н - 21), \quad (2.20)$$

где $\bar{t}_н$ - среднемесячная температура наружного воздуха за июль, $^{\circ}\text{C}$;

- величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха ν в ограждающей конструкции. Для ограждения, состоящего из однородных слоев, ν определялась по формуле:

$$\nu = 0.9 \cdot e^{D/\sqrt{2}} = \frac{(s_1 + a_{\hat{a}})(s_2 + Y_1) \cdots (S_n + Y_{n-1})(a_i + Y_n)}{(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2) \cdots (S_n + Y_n) a_i}, \quad (2.21)$$

где $D = R_1 s_1 + R_2 s_2 + \cdots + R_i s_i$ – тепловая инерция;

R_i – термическое сопротивление i -го слоя, $\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$,

s_i – коэффициент теплоусвоения материала i -го слоя, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$;

$a_{в}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$;

$a_{н}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$;

Y_i – коэффициент теплоусвоения наружной поверхности i -го слоя, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$.

- расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха в июле $A_{\tau н}^{расч}$:

$$A_{\tau н}^{расч} = 0.5 A_{\tau н} + \frac{\rho(I_{\max} - \bar{I})}{a_{н}}, \quad (2.22)$$

где $A_{\tau н}$ – максимальная амплитуда суточных колебаний наружного воздуха в июле, $^{\circ}\text{C}$;

$I_{\max}$ – максимальное значение суммарной прямой солнечной радиации (западная ориентации вертикальной стены), Вт/м²;

$\bar{I}$ – среднее значение рассеянной солнечной радиации, Вт/м²;

α_n – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, Вт/(м²·°C).

$\Delta t_{\text{вн}}$ – амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждения $A_{\text{тв}}$, °C:

$$A_{\text{тв}} = \frac{A_{\text{тн}}^{\text{расч}}}{\nu}, \quad (2.23)$$

Если $A_{\text{тв}} \leq A_{\text{тв}}^{\text{тр}}$, то ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям норм по теплоустойчивости.

Расчет на теплоустойчивость выполнялся с применением программного комплекса «BASE» (версия 7.3).

3. РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ СОВМЕЩЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

3.1. Исследование влияния формы покрытия на формирование тепловых потоков в подкровельном пространстве

В летний период, когда снаружи жарче, чем внутри, здание поглощает тепло. Этот процесс называется притоком тепла (это тепло добавляется к солнечному теплу). Попытки проектировщиков уменьшить уровень перетока тепла в здание или из него и преследуют цель экономии энергии в строительном проектировании [28]. Обычно основное внимание при этом в условиях сухого жаркого климата уделяется уменьшению притока тепла в летний период. Система охлаждения и кондиционирования воздуха для борьбы с солнечным перегревом покрытий экономически нецелесообразна, поэтому солнцезащитой зданий должно служить само покрытие. Совершенствование покрытий зданий повышает их эксплуатационные качества, зависящие от надежности, долговечности и способов защиты от перегрева. С этой целью было сконструировано совмещенное покрытие с кровлей – «бабочкой» (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Макет совмещенного покрытия с кровлей – бабочкой

На первом этапе необходимо было, установить: влияет ли форма покрытия на формирование тепловых потоков в подкровельном пространстве. На втором этапе определить угол, обеспечивающий наиболее интенсивное проветривание. Для этого были проведены экспериментальные исследования. Во время всех экспериментов температура нагрева крыльев достигала 45⁰С при воздействии лампы в течение 3 часов, а скорость ветра составляла 5 м/с, воздействие длилось 30 минут. Методика проведения эксперимента изложена в разделе 2.2.

Исходя из перечня нормируемых параметров, выходным параметром выбрана температура нагрева нижней поверхности покрытия. В качестве переменных факторов, определяющих изменение оптимизируемого параметра приняты: угол наклона крыльев, направление ветра и высота центра «бабочки» над кровлей.

Условия планирования эксперимента и интервалы варьирования факторов приведены в табл. 3.1. Выбор нулевых уровней произведен с учетом следующих требований:

- оптимизируемый параметр должен принимать наилучшие значения;
- координаты нулевых уровней должны лежать внутри областей определения на некотором расстоянии от их границ.

Таблица 3.1

Уровни и интервалы варьирования факторов

	Ед.	Код	Уровни варьирования	
--	-----	-----	---------------------	--

Факторы	изм.		–	0	+	Интервал варьирования
Высота центра «бабочки» над кровлей	см	X_1	1	3	5	2
Угол наклона крыльев	град	X_2	0	15	30	15
Направление ветра	град	X_3	0	45	90	45

Далее была проведена реализация активного эксперимента. Выходные данные приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Расчетные и экспериментальные данные активного эксперимента

№ пп	Экспериментальные значения переменных			Выходные данные, МПа				Расчетные величины, МПа	
	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_{cp}	Y_{p1}	Y_{p2}
1	5	30	90	30,9	32,6	32,8	32,1	32,04	32,76
2	1	30	90	33,7	31,6	31,6	32,3	32,23	32,45
3	5	0	90	31,0	30,6	33,2	31,6	31,65	31,78
4	1	0	90	31,4	32,0	30,8	31,4	31,44	31,47
5	5	30	0	32,8	31,2	31,4	31,8	31,74	32,24
6	1	30	0	31,8	31,9	32,0	31,9	31,83	31,93
7	5	0	0	30,9	32,3	30,4	31,2	31,25	31,25
8	1	0	0	30,4	30,9	31,5	30,9	30,94	31,94
9	5	15	45	31,4	31,3	30,6	31,1	31,11	31,44
10	1	15	45	30,5	31,2	31,3	31,0	31,05	31,13
11	3	30	45	30,2	30,8	31,3	30,7	30,95	31,33

12	3	0	45	31,1	30,4	30,0	30,5	30,31	30,34
13	3	15	90	29,9	29,7	29,6	29,7	29,73	30,00
14	3	15	0	29,0	29,4	29,5	29,3	29,33	29,47
15	3	15	45	29,0	29,8	30,9	29,9	29,79	30,01
16	3	15	45	29,9	30,2	28,7	29,6	29,79	30,01
17	3	15	45	29,2	29,6	30,6	29,8	29,79	30,01

Проверка равноточности измерений (однородности выборочных дисперсий) проведена по критерию Кохрена, для этого составлялась G – статистика. С вероятностью $P = 0,95$ измерения во всех точках равноточны, так как

$$G = 0,0719 < G^T = 0,2439$$

Следовательно, при выбранном уровне значимости гипотеза об однородности оценок дисперсий не отвергается с вероятностью 0,95.

В результате подсчета коэффициентов было получено уравнение регрессии:

$$Y = 32,47 - 1,848 X_1 - 0,078 X_2 + 0,0177 X_3 + 0,321 X_1^2 + 0,0037 X_2^2 - 0,00013 X_3^2 - 0,0034 X_1 X_2 - 0,00028 X_1 X_3 - 0,000037 X_2 X_3 \quad (3.1)$$

Расчетные значения Y по формуле (3.1) представлены в табл. 3.2.

Гипотеза об адекватности полученного уравнения проверена по дисперсионному отношению Фишера:

$$F_p = 1,7 < F_{\text{табл}} = 2,9$$

Таким образом, гипотеза об адекватности полученного уравнения не отвергается.

После статистического анализа коэффициентов регрессии на значимость по t – критерию Стьюдента и учитывая корреляцию между

коэффициентами, были исключены незначимые коэффициенты и получено следующее уравнение, описывающее исследуемую зависимость:

$$Y = 32,47 - 1,848 X_1 - 0,078 X_2 + 0,0177 X_3 + 0,321 X_1^2 + 0,0037 X_2^2 - 0,00013 X_3^2 \quad (3.2)$$

Расчетные значения Y по формуле (3.2) приведены в табл. 3.2.

Гипотеза об адекватности полученного уравнения (3.2) проверена по дисперсионному отношению Фишера:

$$F_p = 2,1 < F_{\text{табл}} = 2,9$$

Гипотеза об адекватности уравнения (3.2) с вероятностью $P = 0,95$ также не отвергается.

На основании полученного уравнения регрессии (3.2) были построены зависимости нагрева нижней поверхности покрытия от направления ветра (рис. 3.2), угла наклона крыльев (рис. 3.3) и высоты «бабочки» над кровлей (рис. 3.4).

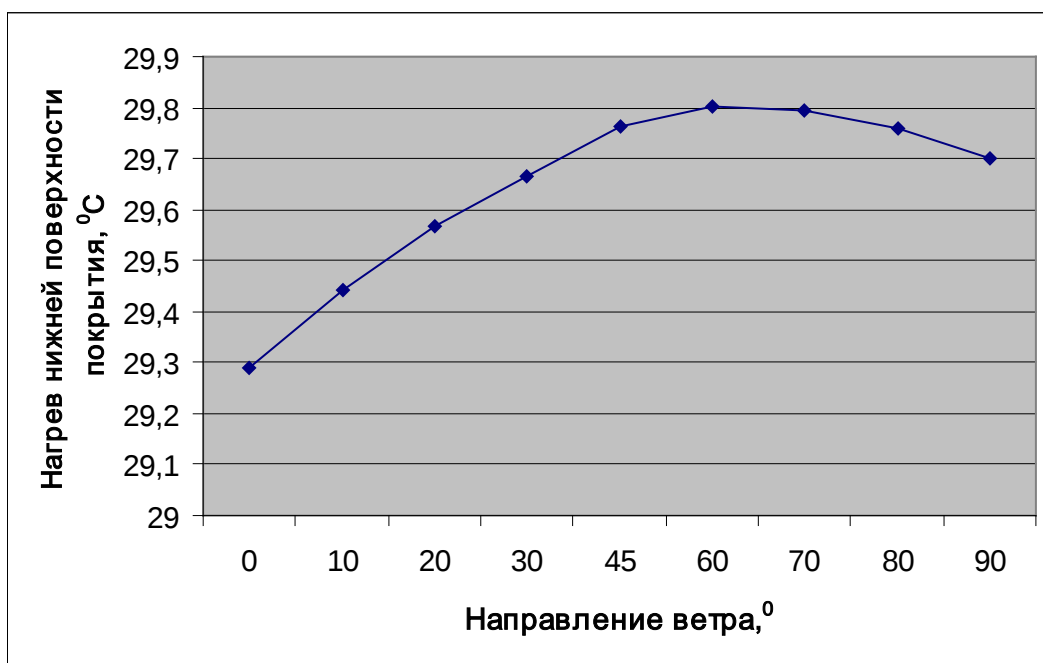


Рис. 3.2. Зависимость нагрева нижней поверхности покрытия от направления ветра

Анализ зависимости температуры нагрева на внутренней поверхности от направления ветра показал, что нагрев нижней поверхности покрытия при направлении ветра от 45° до 80° достигает наибольших значений, так как в этих углах самое низкое восприятие скоростного напора ветрового потока, приближаясь к 90° значение уменьшается, при направлении ветра 0° наблюдается наименьшее значение температуры нагрева, так как скоростной поток в данных областях воспринимается в полной мере.

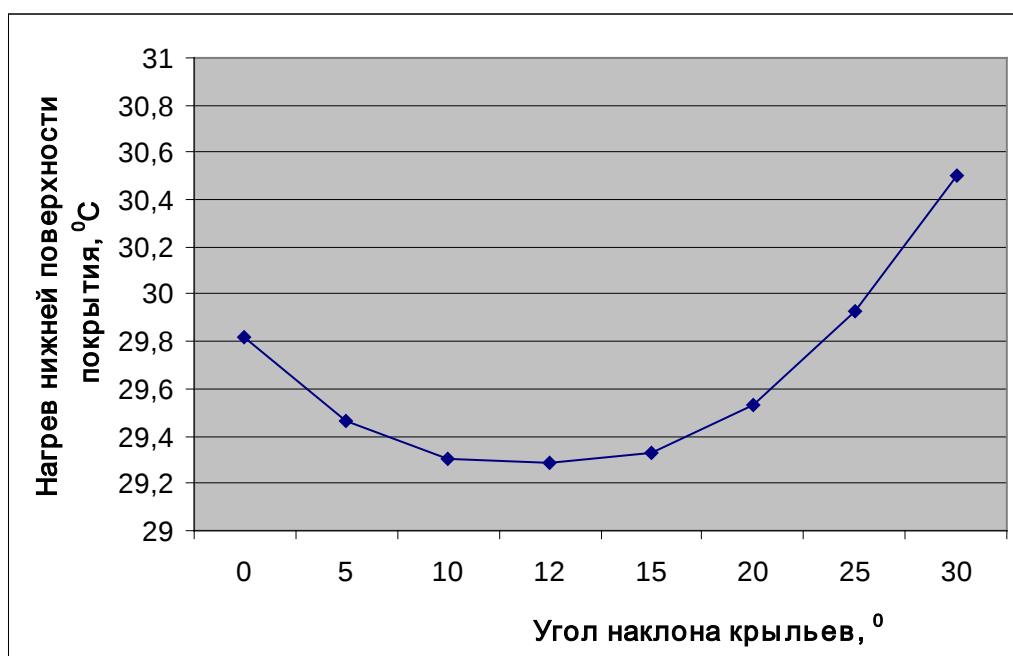


Рис. 3.3. Зависимость нагрева нижней поверхности покрытия от угла наклона крыльев «бабочки»

Исходя из анализа зависимости между температурой нагрева нижней поверхности покрытия и угла наклона «крыльев», можно определить, что наиболее интенсивное проветривание обеспечивается при угле 12° . При данном угле получается максимальное вихреобразование. При большем угле возникают застойные зоны, в которых скорость воздуха падает. При

меньшем угле снижается интенсивность вихрей и следовательно, средняя скорость воздуха.

Анализ зависимости температуры нагрева нижней поверхности покрытия от высоты центра «бабочки» над поверхностью (рис. 3.4) показал, что оптимальная высота центра «бабочки» над кровлей составляет 3см. При этой высоте температура нагрева нижней поверхности минимальна. Если высота более или менее 3см температура нагрева поверхности возрастает.

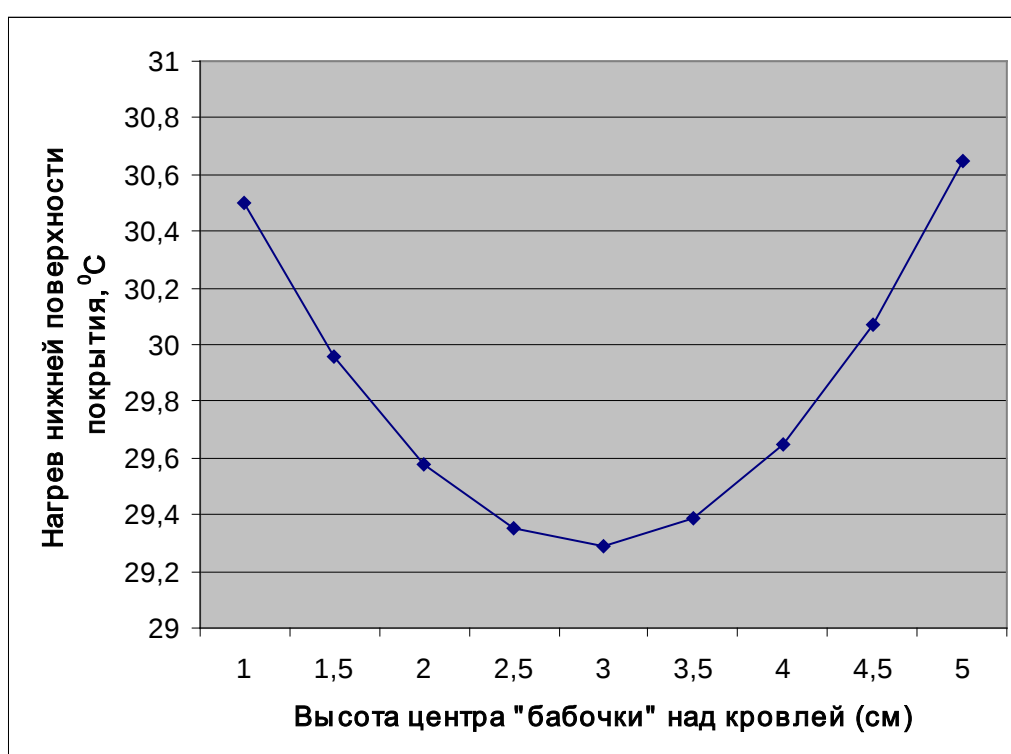


Рис. 3.4. Зависимость нагрева нижней поверхности покрытия от высоты центра «бабочки» над кровлей

Исходя из вышесказанного, наиболее эффективный вариант получается когда угол наклона «крыльев» 12^0 при высоте центра «бабочки» над кровлей $\frac{1}{20}l = 3\text{см}$ (l – длина здания), при направлении ветра 0^0 то есть ветер направлен вдоль здания. Таким образом, кровля – «бабочка» дает

возможность снизить летний перегрев помещений и, тем самым, способствовать улучшению микроклимата в жаркий период времени.

3.2. Теплотехнические расчеты совмещенных покрытий в климатических условиях Узбекистана

Для определения конструктивного решения покрытия, а именно, установления материала утеплителя и его толщины, соответствующих требуемым уровням теплозащиты по зимним условиям эксплуатации, требованиям теплоустойчивости по летним условиям эксплуатации, а также экономическим требованиям, были выполнены теоретические исследования – теплотехнические расчеты при помощи программного комплекса «BASE - 7» и технико-экономические расчеты. В качестве района строительства выбран г. Ташкент. Климатические характеристики Ташкента представлены в табл. 3.3.

Расчеты выполнялись на основе действующих нормативных документов Республики Узбекистан [10, 11].

Таблица 3.3.

Параметры наружного воздуха

Населенный пункт	Климатическая зона РУз	Средняя максимальная температура наиболее жаркого месяца, °С	Средняя минимальная температура наиболее холодного месяца, °С	Температура наиболее холодных, С°		Число дней с максимальной температурой $\geq 34^{\circ}\text{C}$
				суток с обеспеченностью 0,92	пятидневки с обеспеченностью 0,98	

г. Ташкент	II	35,4	-4,2	16	16	49
------------	----	------	------	----	----	----

При этом, кровля – «бабочка» не учитывалась, считая, что эффект от ее устройства будет направлен на улучшение микроклимата помещений.

На первом этапе необходимо было подобрать эффективный теплоизоляционный материал в качестве утеплителя. Для этого были рассмотрены:

- пенобетон с $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$;
- маты минераловатные с $\rho = 50 \text{ кг/м}^3$;
- Rockwool “ЛАЙТ БАТТС К” с $\rho = 31 \text{ кг/м}^3$.

Одним из важнейших условий расчета является то, что приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_0 должно быть не менее значения $R^{тр}_0$, определяемого по формуле 2.13, исходя из санитарно-гигиенических условий.

Расчеты выполнены для двух уровней теплозащиты – второго и третьего, согласно КМК [11].

Результаты расчетов приведены в таблицах 3.4. и 3.5., а также в приложении.

Таблица 3.4.

Определение толщины теплоизоляционного слоя для второго уровня
теплозащиты

Населенный пункт	Вид теплоизоляционного материала и его средняя плотность, кг/м ³	Температура внутреннего воздуха, °C	Средняя температура отопительного периода, °C	Продолжительность отопительного периода, дн.	ГСОП	$R_0^{тр.}, \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$	$R_0^{факт.}, \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$	Толщина утеплителя, м
г. Ташкент	Пенобетон, $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$	+20	2,7	129	2232	2,1	2,14	0,4
	Маты минераловатные, $\rho = 50 \text{ кг/м}^3$						2,83	0,13
	Rockwool “ЛАЙТ БАТТС К”, $\rho = 31 \text{ кг/м}^3$						2,94	0,11

Таблица 3.5.

Определение толщины теплоизоляционного слоя для третьего уровня
теплозащиты

Населенный пункт	Вид теплоизоляционного материала и его средняя плотность, кг/м ³	Температура внутреннего воздуха, °C	Средняя температура отопительного периода, °C	Продолжительность отопительного периода, дн.	ГСОП	$R_0^{тр.}, \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$	$R_0^{факт.}, \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$	Толщина утеплителя, м
Ташкент	Пенобетон, $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$	+20	2,7	129	2232	3,7	3,73	0,75

	Маты минераловатные, $\rho = 50 \text{ кг/м}^3$						3,79	0,18
	Rockwool “ЛАЙТ БАТТС К”, $\rho = 31 \text{ кг/м}^3$						3,9	0,15

Далее была произведена оценка теплоустойчивости ограждения. Результаты расчета на теплоустойчивость по летним условиям эксплуатации приведены в табл. 3.6 и 3.7.

Таблица 3.6.

Результаты расчетов на теплоустойчивость по летним условиям эксплуатации покрытия, соответствующего второму уровню теплозащиты

Населенный пункт	Вид теплоизоляционн ого материала, кг/м^3	Коэффициенты теплопроводности, λ , (ккал/мч град)	Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_0^{\text{тр}}$, м ² ·град/Вт	Толщина утеплителя, м	$A_{\text{ТВ}}^{\text{ТР}}$	$A_{\text{ТВ}}$
г. Ташкент	Пенобетон, $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$	0,22	2,1	0,4	1,89	0,3
	Маты минераловатные, $\rho = 50 \text{ кг/м}^3$	0,052		0,13	1,89	1,88

	Rockwool “ЛАЙТ БАТТС К”, $\rho = 31 \text{ кг/м}^3$	0,042		0,11	1,89	1,86
--	---	-------	--	------	------	------

Таблица 3.7.

Результаты расчетов на теплоустойчивость по летним условиям
эксплуатации покрытия, соответствующего третьему уровню теплозащиты

Населенный пункт	Вид теплоизоляционн ого материала, кг/м^3	Коэффициенты теплопроводности, λ , (ккал/мч град)	Сопrotивление теплопередаче ограждающих конструкций $R_0^{\text{тр}}$, R_0	Толщина утеплителя, м	$A_{\text{ТВ}}^{\text{тр}}$	$A_{\text{ТВ}}$
г. Ташкент	Пенобетон, $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$	0,22	3,7	0,75	1,89	0,01
	Маты минераловатные, $\rho = 50 \text{ кг/м}^3$	0,052		0,18	1,89	1,42

продолжение

	Rockwool “ЛАЙТ БАТТС К”, $\rho = 31 \text{ кг/м}^3$	0,042	3,7	0,15	1,89	1,34
--	---	-------	-----	------	------	------

Результаты расчетов на теплоустойчивость показали, что конструктивные решения покрытий, принятых по расчету на теплопередачу и соответствующие II и III уровню теплозащиты, удовлетворяют требованиям эксплуатации по летним условиям.

На втором этапе был произведен сравнительный расчет технико-экономической эффективности применения теплоизоляционных материалов в качестве утеплителя. Сравнение производилось по стоимости утеплителя, а также по величине нагрузки, приходящейся на плиту покрытия.

По результатам сравнения составлены сводные таблицы 3.8., 3.9. и 3.10.

Таблица 3.8.

Технико-экономическое сравнение по стоимости теплоизоляционного материала для II уровня

Наименование теплоизоляционного материала	Расход на 1м ² кровли, м ³	Цена 1 м ³ , сум	Стоимость 1м ² утепления, сум
Пенобетон	0,4	165000	66000
Минеральная вата рулонная	0,13	106570	13860
Rockwool “ЛАЙТ БАТТС К”	0,11	130017*	14300*

* значение цены с учетом НДС, но стоимость доставки не входит в цену.

Таблица 3.9.

Технико-экономическое сравнение по стоимости теплоизоляционного материала для III уровня

Наименование теплоизоляционного материала	Расход на 1м ² кровли, м ³	Цена 1 м ³ , сум	Стоимость 1м ² утепления, сум
Пенобетон	0,75	165000	124060

Минеральная вата рулонная	0,18	106570	19200
Rockwool “ЛАЙТ БАТТС К”	0,15	130017*	19530*

* значение цены с учетом НДС, но стоимость доставки не входит в цену.

Таблица 3.10.

Нагрузка, приходящаяся на 1м² покрытия

Наименование теплоизоляционно го материала	Расчетная толщина утеплителя, м		Строительная толщина покрытия, м		Величина нагрузки, кН/м ²	
	Второй уровень теплоза щиты	Третий уровень теплоза щиты	Второй уровень теплоза щиты	Третий уровень теплоза щиты	Второй уровень теплоза щиты	Третий уровень теплоза щиты
Пенобетон	0,4	0,75	0,6443	0,9943	827,58	1037,58
Минеральная вата рулонная	0,13	0,18	0,3743	0,4243	594,08	596,58
Rockwool “ЛАЙТ БАТТС К”	0,11	0,15	0,3543	0,3943	590,10	592,23

Анализ полученных результатов позволяет сделать выводы, что наиболее экономически выгодным теплоизоляционным материалом для покрытия являются маты минераловатные на основе базальтового волокна. С точки зрения величины нагрузки на плиту покрытия, этот утеплитель практически соответствует утеплителю с наилучшими показателями – Rockwool “ЛАЙТ БАТТС К”, уступая ему менее чем на 1%.

Учитывая, что Rockwool “ЛАЙТ БАТТС К” завозится из за границы, а минераловатные маты выпускаются в Республике Узбекистан, предпочтение следует отдавать именно последним.

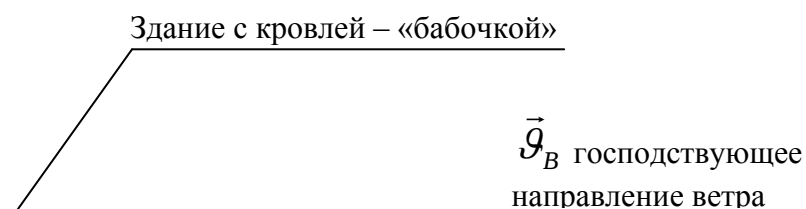
3.3. Рекомендации по проектированию тепловой защиты совмещенных покрытий гражданских зданий в условиях сухого жаркого климата

В районах с сухим жарким климатом для гражданских зданий целесообразно устройства совмещенных интенсивно вентилируемых покрытий.

Для создание повышенной естественной вентиляции подкровельного пространства рациональным является устройство над несущей частью покрытия кровли – «бабочки» - легкой металлической конструкции с кровельным ковром из стального листа, обладающего высокой отражательной способностью.

Перед началом проектирования покрытия с кровлей – «бабочкой» необходимо определить господствующее направление ветра для июля месяца.

При свободной площадке строительства здание длинной стороной должно быть ориентировано вдоль направления господствующего ветра (рис. 3.5), так как в этом случае обеспечивается наиболее интенсивное проветривание подкровельного пространства в связи с восприятием конструкцией покрытия максимального ветрового давления.



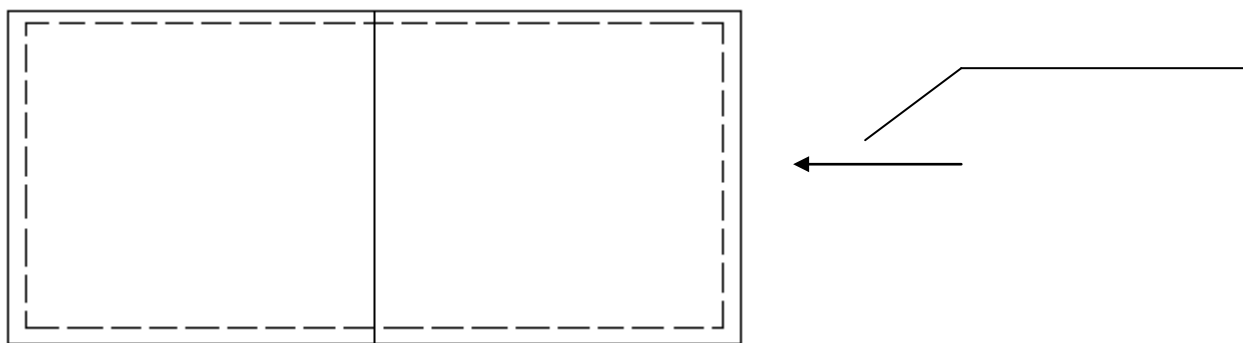


Рис. 3.5.

В том случае, если здание будет ориентировано длинной стороной под углом 90^0 к направлению господствующего ветра, интенсивность проветривания будет снижена в два раза (рис. 3.6).

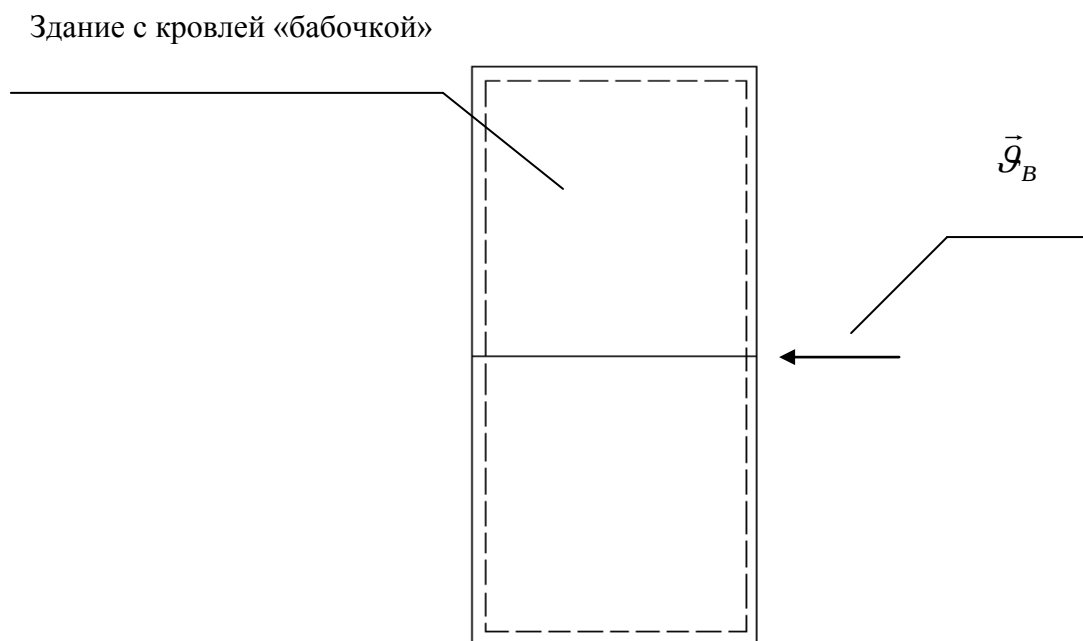


Рис. 3.6.

Угол наклона крыльев кровли – «бабочки» должен составлять 12^0 что обеспечивает нормальное вихреобразование в подкровельном пространстве и, следовательно, наиболее быстрый и эффективный отвод тепла с покрытия (рис. 3.7).

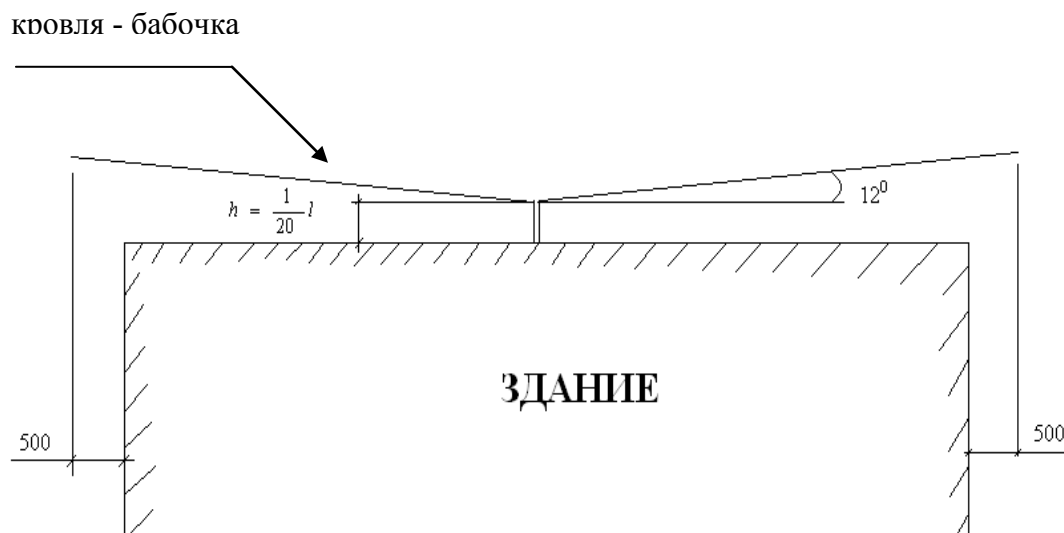


Рис. 3.7.

Центральная часть кровли – «бабочки» должна быть поднята над конструкцией покрытия на высоту $h = \frac{1}{20}l$, где l – длина здания (рис. 3.7).

Для предотвращения намокания парапетной части стены здания, габариты кровли – «бабочки» должны быть вынесены за край покрытия на 500мм (рис. 3.7).

Водоотвод должен осуществляться с кровли – «бабочки», исключая попадание воды на покрытие. Наиболее целесообразен наружный водоотвод, позволяющий уменьшить степень засоренности ендовы (рис. 3.8).

Однако и в этом случае необходимо наблюдение эксплуатации кровли – «бабочки» с точки зрения засоренности водоотводящих воронок и труб. В связи с чем целесообразно устройства одного – двух эксплуатационных люков для доступа работников ЖКХ к ендове и водосборным воронкам (рис. 3.8). Поднятие над поверхностью люка осуществляется по специальным металлическим лестницам, установленным в подкровельном пространстве.

водосборная воронка

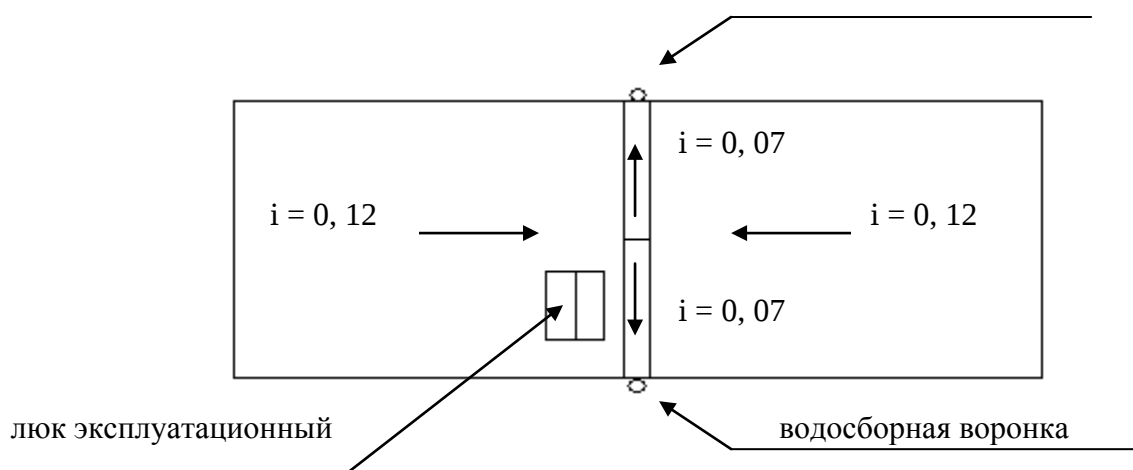


Рис. 3.8.

Расчет и конструктивное решение кровли – «бабочки» не являлось задачами данной магистерской диссертации. Вместе с тем, конструктивное решение может быть неоднозначным: от вантовых элементов и жестких нитей со стальной мембраной до структурных конструкций из стальных труб.

В качестве соединительных и крепежных элементов при устройстве кровли – бабочки рекомендуется применять:

винты и шурупы разных диаметров и длин;

односторонние открытые и закрытые заклепки разных диаметров из материалов: Al – Al, Al – Fe, Fe – Монель;

самонарезающие винты разных диаметров и длин;

специальные гвозди типа Хилти.

Крепежные и соединительные элементы не должны ухудшать внешнего вида покрытия. Прикрепление кровли к несущей конструкции должно быть запроектировано таким образом, чтобы неравномерные или чрезмерные осадки опор, а также деформации несущей конструкции не оказывали неблагоприятного влияния на технические и эксплуатационные свойства покрытия.

В качестве утеплителя целесообразно применении производимого в Узбекистане материала – базальтового супертонкого волокна со средней плотностью 18,0 - 23,0 кг/м³, являющимся экологически чистым.

Конструкция покрытия здания целесообразна традиционная: железобетонная плита, цементно – песчаная стяжка, пароизоляция, утеплитель, стяжка, гидроизоляционный ковер - достаточно двухслойный, так как роль основной кровли отводится стальной кровле – «бабочке».

3.4. Выводы по главе

1. Установлено, что на формирование тепловых потоков в подкровельном пространстве значительное влияние оказывает форма покрытия.

2. Выявлено, что построенное по методике моделирования совмещенное покрытие с кровлей – «бабочкой» способствует защите здания от перегрева.

3. Определены параметры совмещенного покрытия с кровлей – «бабочкой», позволяющие значительно улучшить микроклимат помещений, а именно:

-устанавливать центр «бабочки» рекомендуется на высоте $\frac{1}{20}$ длины здания;

-угол наклона крыльев кровли – «бабочки» должен составлять 12⁰, чтобы обеспечить оптимальный режим проветривания подкровельного пространства.

4. Выявлено, что здание должно быть ориентировано длиной стороной вдоль направления господствующего ветра.

5. Определена толщина утеплителя из минеральной ваты на основе базальтового волокна со средней плотностью 50кг/м³, обеспечивающая требуемые уровни теплозащиты совмещенных покрытий в г. Ташкенте.

Толщина слоя утеплителя для удовлетворения требований по теплозащите для 2 уровня составляет 0,13 м, а для 3 уровня 0,18 м.

6. Техничко – экономическими расчетами установлено, что наиболее выгодным материалом для утепления является выпускаемые в Узбекистане маты на основе минерального супертонкого базальтового волокна.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Установлена возможность улучшения микроклимата помещений эксплуатируемых в условиях Республики Узбекистан гражданских зданий за счет совершенствования конструкции покрытия, путем устройства в них интенсивно вентилируемых пространств.

2. Экспериментально установлены рациональные параметры кровли – «бабочки», размещаемой над совмещенными покрытием: высота над покрытием средней части кровли – «бабочки» составляет $\frac{1}{20}$ длины здания; угол наклона крыльев кровли – «бабочки» 12° .

3. Установлено, что господствующее направление ветра должно совпадать с продольной осью здания для обеспечения интенсивного проветривания.

4. Методом математического планирования эксперимента и его реализацией получена математическая зависимость температуры на внутренней стороне покрытия от направления ветра, высота центра кровли – «бабочки» над покрытием, углы наклона крыльев.

5. Установлено, что наиболее экономическим выгодным теплоизоляционным материалом для кровель являются маты из супертонкого базальтового волокна со средней плотностью 50 кг/м^3 , обеспечивающие II и III уровень теплозащиты.

6. Разработаны общие рекомендации для проектирования кровель гражданских зданий, расположенных в сухом жарком климате.

Библиографический список

1. Азизов П., Солдатов Е.А. Архитектурно-строительные средства повышения тепловой эффективности гражданских зданий. – Ташкент.: Узбекистан, - 1994. – 328 с.
2. Архитектура/ Под ред. Б.Я. Орловского, – М.: Высшая школа,- 1984.- 415 с
3. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1973. – 366 с.
4. Воронина В.Л. Опыт проектирования зданий в странах тропического климата. – М.: Стройиздат, 1966.- 324 с.
5. Горомосов М.С., Лицкевич В.К. Строительные санитарно-гигиенические нормативы жилища. – М.: Стройиздат, 1975. – 48с.
6. Гамбург П. Ю. Учет тепла, вносимого солнечной радиацией. – М.: Стройиздат, 1951.- 296 с.
7. Евсеев Л.Д. Внутренние и наружное утепление строительных ограждающих конструкции// Строительные материалы, оборудование, технологии XII века – Москва, 2006. - №10.- С. 66-67.
8. Каримов И.А. Мировой финансово-экономический кризис, пути и меры по его преодолению в условиях Узбекистана – Ташкент.: Узбекистан, 2009.- 48 с.
9. Кириллов Т.В. О влиянии орошения на радиационные характеристики деятельной поверхности// Труды ГТО. - 1952.- №37.-С. 18-25.
10. КМК 2.01.01-94 Климатические и физико-геологические данные для проектирования. - Ташкент: Госкомархитектстрой, 1994. – 27 с.
11. КМК 2.01.04-97 Строительная теплотехника. - Ташкент: Госкомархитектстрой, 1997. – 74 с.
12. Кузнецова Н.В. Проектирование крыш многоэтажных жилых зданий. – Тамбов.: Тамбгостехиздат, 2007.-380 с.

13. Маракаев Р.Ю. Проектирование теплозащиты зданий с учетом экономических оценок в условиях Узбекистана. – Ташкент: Фан, 1981.- 176 с.
14. Математические рекомендации по планированию эксперимента в технологии стройматериалов/ Урал НИИСтромпроект.- Челябинск, 1973. – 40 с.
15. Математические рекомендации по планированию эксперимента в технологии стройматериалов/ Урал НИИСтромпроект.- Челябинск, 1976. – 41 с.
16. Миранов С.А. Мероприятия по совершенствованию содержания кровель московских зданий// Энергосбережение.- 2004.-№3.- С. 8-12.
17. Минчук В.И., Солдатов Е.А. Сравнительная оценка теплоступлений в охлаждаемые помещения через стены и окна// Строительство и архитектура Узбекистана.- 1963.- № 3.- С. 5-14.
18. Пособие по проектированию ограждающих конструкций зданий. - М.: Стройиздат, 1979.- 51 с.
19. Поваляев М.И. Покрытия кровли промышленных зданий. М.: Стройиздат, 1969.- 182 с.
20. СанПиН РУз №0146-04 Санитарные правила и нормы проектирования жилых домов в климатических условиях Узбекистана.- Ташкент.- 2004.- 35 с.
21. Суханов И.С. Лучистая энергия солнца и архитектура. – Ташкент: «Фан», 1973. – 224 с.
22. Таиров В.Д., Вольвич Н.И., Медведев М.И. Совмещенные покрытия. – Киев.- 1961.- 175 с.
23. Умняков П.Н. Теплотехнические свойства навесных легких конструкций. - М.: Стройиздат, 1970.- 205 с.
24. Фирсанов В.М. Архитектура гражданских зданий в условиях жаркого климата. -М.: Стройиздат, 1982.- 560 с.

25. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий.- М.: Стройиздат, 1973.- 324 с.

26. Шевцов К.К. Проектирование зданий для районов с особыми природно-климатическими условиями. – М.: Высшая школа, 1986.- 123 с.

27. Щипачева Е.В., Саркисян Т.А. Проектирование генеральных планов гражданских и промышленных зданий/ Учебное пособие -Ташкент, ТашИИТ, 2007.- 196 с.

28. Щипачева Е.В., Проектирование энергоэффективных гражданских зданий в условиях сухого жаркого климата/ Учебное пособие - Ташкент, ТашИИТ, 2008. – 143 с.

29. www.know-house.ru.

30. www.paroc.ru

31. www.rockwool.ru

32. www.buildgroup.ru

33. www.mukhin.ru

34. www.manim.ru

35. www.zdaniga.ru

36. www.roof-roof.ru

37. www.crovlya.com

38. www.abok.ru

Приложение