

На правах рукописи

Тайех Джехад

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ОГРАЖДАЮЩИХ  
КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА  
(на примере Палестины)

Специальность:

05.23.01 - Строительные конструкции, здания и сооружения

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук



Москва – 2009

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования Московском государственном строительном университете (ГОУ ВПО МГСУ).

Научный руководитель: кандидат технических наук, профессор  
Соловьев Алексей Кириллович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Савин Владимир Константинович

кандидат технических наук, профессор  
Захаров Аркадий Васильевич

Ведущая организация: Центральный научно-исследовательский  
и проектно-экспериментальный институт  
промышленных зданий и сооружений ОАО  
«ЦНИИПромзданий» (г. Москва)

Защита состоится "15" апреля 2009 г. в 15-30 час. на заседании диссертационного совета Д 212.138.04 при ГОУ ВПО Московском государственном строительном университете по адресу: Москва, Ярославское шоссе, дом 26, зал заседаний Ученого совета (1 этаж административного здания).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО Московского государственного строительного университета по адресу: 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26.

Автореферат разослан "13" марта 2009 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
к.т.н., доц.



Каган П.Б.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность:** определяется необходимостью решения одной из важнейших задач гражданского строительства в современном Палестине – исследование и выбор наиболее эффективных решений ограждающих конструкций гражданских зданий, то есть стен и покрытий, обеспечивающих необходимые условия комфорта в помещениях при грамотном выборе толщины и типа стены и плиты покрытия, выборе теплозащитного слоя и взаимного расположения слоев в условиях жаркого климата Палестины, с учетом экономии энергии на отопление и охлаждение.

Палестина представляет собой территорию в восточном Средиземноморье. Сегодняшняя Палестина состоит из двух отдельных частей: Западного берега Реки Иордан и Сектора Газа.

Территория сегодняшней Палестины ограничена. В секторе Газа (375 км<sup>2</sup>) живет более 1,5 миллиона людей, и на западном берегу реки Иордан (5640 км<sup>2</sup>) живет более 2,4 миллиона людей.

Западный берег граничит на севере, западе и юге с Израилем (протяженность границы – 307 км.), на востоке – с Иорданией (протяженность границы – 97 км.). Газа омывается с запада Средиземным морем (протяженность береговой полосы – 40 км.), на юге граничит с Египтом (протяженность границы – 11 км.), на востоке – с Израилем (протяженность границы – 51 км.).

Западный берег Иордана представляет собой преимущественно сильно пересеченное плоскогорье, которое полого понижается на западе и круто обрывается на востоке к долине реки Иордан. Наиболее низкая точка – поверхность Мертвого моря (– 408 м.), наиболее высокая – гора Таль-Асур (1022 м.). Полоса Газа – ровная или холмистая прибрежная равнина, покрытая песками и дюнами; высшая точка – Абу-Ауда (105 м.).

Крупнейшие города Палестины – Восточный Иерусалим (прим. 370 тыс. жителей, включая израильских поселенцев), Газа (свыше 350 тыс. жителей), Хан-Юнус (свыше 120 тыс. жителей), Аль-Халиль (Хеврон, около 120 тыс. жителей), Джабалья (около 114 тыс. жителей), Наблус (свыше 100 тыс. жителей), Туль-Карм (около 34 тыс. жителей). Палестинская администрация размещена в Рамаллахе.

Традиционное жилищное строительство в Палестине простое и ограничено стихийной застройкой.

Проектирование и строительство жилых зданий развивается, но развивается произвольно и не базируется на современных научных методических основах.

В целом, Палестина представляет собой небольшое государство, экономика которого только начинает развиваться. Основой экономики Западного берега и Газы является сельское хозяйство.

Промышленность представлена, преимущественно, небольшими предприятиями.

Особую остроту ситуации придают бедность энергетических ресурсов, необходимость использования местных строительных материалов и слабое развитие индустриальной базы строительства во всех регионах страны.

Экономия энергии на отопление и охлаждение является актуальной и ее нужно учитывать при строительстве уже сегодня.

**Научная гипотеза** состоит в возможности улучшения состояний ограждающих конструкции жилых зданий Палестины с использованием эффективного утеплителя и местных строительных материалов для достижения максимального комфорта внутри зданий.

**Цель работы:** предложить методiku и граничные условия для теплотехнического расчета ограждающих конструкций для условий Палестины, предложить мероприятия по повышению энергоэффективности жилых зданий в условиях Палестины и предложить наиболее рациональные ограждающие конструкции для условий Палестины (с учетом местных климатических условий).

Для достижения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

1. Проанализировать климатические особенности различных районов Палестины.
2. Провести анализ современного и традиционного состояния проектирования и строительства жилых зданий в Палестине и в арабских странах.
3. Сделать обзор жилищного строительства в жарких районах бывшего СССР с анализом ограждающих конструкций
4. Исследовать и предложить наиболее рациональные ограждающие конструкции стен и покрытий, обеспечивающие минимальные затраты энергии на отопление и на охлаждение зданий.

**Объект исследования:** теплозащита ограждающих конструкций в условиях жаркого климата Палестины.

**Предмет исследования:** ограждающие конструкции в условиях жаркого климата Палестины.

**Методология исследования:** анализ теории и практики теплозащиты ограждающих конструкций в условиях жаркого климата, научные исследования в области проектирования ограждающих конструкций здания с использованием эффективного утеплителя, работ и опыта российских и зарубежных ученых и специалистов (например, Шевцов К.К., Богословский В.Н., Фокин К. Ф., Фирсанов В. М., Оболенский Н.В., Малявина Е. Г., Маклакова Т.Г. , Лицкевич В.К. Зоколей С.В., Соловьев А. К., Харкнесс Е., Мехта М. и другие).

**Научная новизна** выполненной работы заключается:

1. В систематизации климатических факторов Палестины и их обобщении с целью создания системы справочных данных для теплотехнических расчетов и расчетов энергической эффективности зданий. Эта система может быть положена в основу создания нормативного документа для Палестины по строительной климатологии, или по теплозащите зданий.
2. В обобщении современной практики проектирования ограждающих конструкций жилых зданий в условиях жаркого климата и в создании методики обоснования предложений по таким конструкциям для Палестины.
3. В проектировании ограждающих конструкций жилых зданий в условиях Палестины с учетом особенностей климата.

4. В определении номенклатуры и состава ограждающих конструкций с учетом теплоустойчивости и запаздывания амплитуды температурных колебаний, в условиях жаркого климата.
5. В определении параметров, которые оказывают основное влияние на энергоэффективность здания в условиях Палестины, и в определении эффективности предлагаемых решений.

**Практическая значимость:** состоит в:

1. В разработке методики проектирования энергоэффективных ограждающих конструкций гражданских зданий.
2. В том, что в результате работы показана энергетическая эффективность использования утеплителя в ограждающих конструкциях в условиях климата Палестины.
3. В том, что доказана энергетическая эффективность перехода к двухслойному остеклению и стеклопакетам в странах с жарким климатом.
4. В рекомендациях по правильному использованию местных строительных материалов.

Полученные результаты теплозащитных свойств различных конструктивных решений ограждающих конструкций могут быть использованы при проектировании жилых домов в условиях Палестины.

**Внедрение результатов:** результаты могут быть использованы в учебном процессе подготовки специалистов в университетах Палестины.

**Достоверность полученных научных результатов:**

Расчеты ограждающих конструкции на зимние условия и на теплоустойчивость и затраты условного топлива на отопление и охлаждение выполнены на основе существующих методов, апробированных в России и СССР.

**Апробация работы:** Содержание и результаты представленной диссертации многократно докладывались, обсуждались и одобрены на заседаниях кафедры Архитектура гражданских и промышленных зданий (2006–2008гг.) МГСУ, а также доложены на III международной студенческой конференции «Образование, наука и производство» в г. Белгороде, 2006 г. (награждение дипломом за лучший доклад и активное участие), и на Всероссийском смотре научных и творческих работ иностранных студентов и аспирантов» в г. Томске, 2007 г. (награждение дипломом за актуальность и практическую значимость в сфере технических наук).

**Публикации:** Основные результаты диссертации опубликованы в трех научных работах, одна работа опубликована в ведущем рецензируемом научном журнале, определенном ВАК России.

**Структура и объем работы:** Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов и приложений. Объем работы составляет 223 листов машинописного текста, в том числе 63 таблиц и 66 рисунков, список литературы включает 80 наименований.

**На защиту выносятся:**

- Анализ климата Палестины и комплекс климатических данных для расчета теплозащиты зданий.
- Результаты исследования теплоустойчивости конструкций стен и покрытия.
- Системный подход к учету климатических особенностей Палестины при

проектировании ограждающих конструкций гражданских зданий по критерию минимума энергозатрат.

- Рекомендации по выбору конструктивных решений ограждающих конструкций, обеспечивающих комфортный режим в помещениях гражданских зданий.

- Результаты анализа традиционных и предлагаемых конструкций с точки зрения экономии энергии на отопление и охлаждение.

Они включают:

- Таблицы климатических данных для теплотехнических расчетов ограждающих конструкций для различных районов Палестины.

- Конструкции стен и покрытия, используемые в практике строительства Палестины.

- Предложения по расчету ограждающих конструкций в условиях Палестины. Расчет на зимние и на летние условия.

- Материалы и конструкции стен и покрытий и их расчеты.

- Таблицы и графики расчета экономии энергии в результате применения предлагаемых конструкций по сравнению с конструкциями, применяемыми в настоящее время.

- Целесообразные конструкции стен и покрытий, рекомендуемые для современного строительства Палестины с определенной массивностью и временем задержки амплитуды колебаний температуры на основе местных строительных материалов.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе диссертации рассмотрены природно-климатические условия строительства в Палестине и проведена систематизация данных о температурах, ветрах, солнечной радиации, влажности и других климатических параметрах, необходимых для теплотехнических расчетов.

Температурный режим: Палестина расположена в климатическом поясе, который определяется как средиземноморский климат. Это значит, что зимой здесь начинается сезон дождей, а летом усиливается засуха.

Статистические данные за длительный промежуток времени указывают, что абсолютный максимум температуры наружного воздуха составляет +44 °С, а абсолютный минимум -3 °С.

Январь является самым холодным месяцем года, в котором самое низкое записанное среднемесячное значение температуры было +7,7 °С в городе Аль-Халил. Июль в Палестине является самым жарким месяцем года, в котором самое высокое записанное значение среднемесячной температуры составляет +31,4 °С в Иерихоне, (Рис.1).

Радиационный режим: В сухом жарком климате годовая суммарная радиация (прямая и рассеянная) составляет за год  $6,7 \times 10^6 - 8,3 \times 10^6$  кДж/м<sup>2</sup> (160-200 ккал/см<sup>2</sup>), Территория Палестины характеризуется значительными величинами годовой солнечной радиации. Мощная солнечная радиация создает условия для прогревания воздушных масс и подстилающих поверхностей, особенно в летний сезон.

**Влажностный режим:** Перепад среднемесячных значений относительной влажности в течение года небольшой. Минимальная влажность воздуха наблюдается в центральных районах Палестины с апреля по август, а максимальная – с декабря по февраль.

Для определения вида климата разных районов Палестины и для уточнения типов проветривания квартир при комфортной, теплой и жаркой погоде рекомендуется учитывать температурно-влажностный режим.

Результаты полученных графиков температурно-влажностного режима всех районах Палестины показывают, что недостаточной влажности в районах Палестины не бывает. С другой стороны, высокая влажность наблюдается в городах вблизи моря (Тул-Карм и сектор Газа) летом.

В остальных районах Палестины влажность находится в пределах оптимальных значений почти круглый год, что обеспечивает к значительный влажностный комфорт летом и зимой (Рис.2, 3).

По природно-климатическим условиям Палестина разделена на четыре основных климатических района: (Рис.4).

- I- Средиземноморская береговая равнина.
- II- Регион холмов северной и центральной Палестины.
- III- Большая Долина Реки Иордан.
- IV- Пустыня Негев.

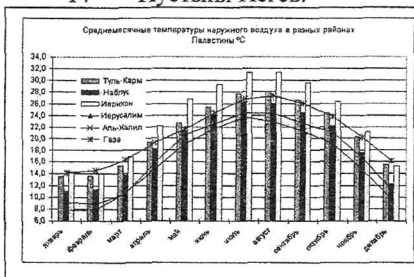


Рис. 1



Рис. 2



Рис. 3

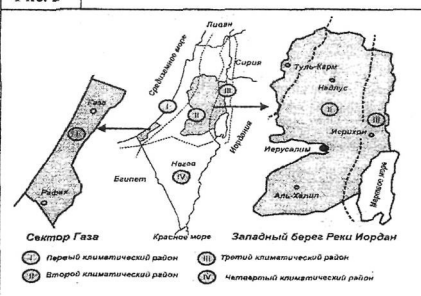


Рис. 4

**- Первый климатический район.**

В прибрежной низменности господствует типичный для Средиземноморья климат с обильными осадками в зимнее время и жаркой

температурой и относительно высокой влажностью летом, в этом районе находятся город Туль-Карм и Сектор Газа.

**- Второй климатический район.**

В этом районе наблюдается в среднем умеренная температура, горные районы характеризуются сухим летом с умеренными температурами и относительно холодными зимами, более сухими, чем в первом климатическом районе.

К этому району относятся города Иерусалим, Наблус, Аль-Халил.

**-Третий климатический район**

В Иорданской долине наблюдается жаркое сухое лето и мягкая влажная зима, в этом районе находится город Иерихон.

**-Четвертый климатический район**

В Негеве типичный климат полупустынь, температурный диапазон широк, длинное жаркое и сухое лето, и холодная сухая зима.

Во второй главе обобщаются социально-экономические особенности Палестины, особенности культуры населения Палестины, и опыт традиционного и современного жилищного строительства в Палестине, в арабских странах, в жарких районах бывшего СССР со сходными климатическими условиями.

Народные жилища Палестины: Первоначально, исторически в этом районе сложился малоэтажный тип застройки. В связи с возрастанием плотности населения и развитием промышленности, в том числе и строительной, в дальнейшем получил распространение и средне-этажный (3-5) тип жилища городского типа из камня или блоков.

В горных районах с характерным сложным рельефом жилища возводились из местных материалов, в основном, из камня. Обычно в каждом доме проживало несколько поколений одной семьи. Жилище разделялось на две половины – мужскую и женскую. Нижний подвальный или цокольный этаж служил для хозяйственных целей.

На территории пустынного района издавна распространены, в основном, малоэтажные дома из местных материалов, в основном, из камня. Комнаты выполнялись большими по объему и имели высокие потолки.

Для народного жилища Палестины характерно наличие домового двора (внутренний или преддомовой огороженный дворик). Воздух в дворике вечером быстрее охлаждается, чем в комнатах. Поэтому после спада жары, отдых, прием пищи, беседы и хозяйственные процессы переносились во дворик, который соединялся лестницей с эксплуатируемой плоской крышей, использовавшейся, как и дворик, для сна и отдыха в вечернее и ночное время.

Современные жилища Палестины: Существующее жилище в Палестине можно разделить на следующие типы:

- **Дома частного местного сектора:** Собственные дома строятся на средства владельцев, которые непосредственно и руководят строительством, опираясь иногда на местные проекты. В большинстве же случаев дома эти строятся без проектов и без всяких чертежей по желанию и вкусу владельца.

Эти дома строятся двух типов – из цементно-песчаных блоков и каменные.



- **Дома, строящиеся строительными компаниями:** Это современные здания, которые возводят по проектам, разрабатываемым в стране или импортируемым из-за рубежа. При их реализации используется сравнительно новая строительная техника.

Строятся дома трех типов - дома каркасные из монолитного железобетона с стеновым заполнением из цементно-песчаных блоков, каменные дома и монолитные здания стеновой конструкции.

**Народные жилища арабских стран:** традиционное арабское жилище характеризует замкнутость и изолированность от внешней среды, наличие внутреннего двора. Особо выделяются две формы жилища – малоэтажные дома атриумного типа и башенные дома (для обеспечения условий естественной вентиляции и освещения).

Покрытие в той части, где оно эксплуатируется – плоское, устроено в разных уровнях (для обеспечения затенения).

**Современное жилище арабских стран.** Основной удельный вес в застройке города арабских стран занимают дома средней этажности и многоэтажные с внутренними галереями или шахтами.

Планировочные решения квартир содержат две зоны – мужскую и женско-детскую. Обе зоны объединяет общая комната или столовая. Спальная с гостиной соединены через лоджии, используемые для отдыха в вечернее время.

**Народное жилище жарких районов СССР:** В народном жилище южных районов бывшего СССР использованы дворики, полукрытые пространства, открытые помещения и трансформирующиеся ограждения в целях создания "буферной" зоны между жилищем и его окружением. Почти все традиционные дома Средней Азии имеют дворики с айванами (айван является функциональным центром достаточно развитого дворового пространства). Жилые комнаты и подсобные помещения жилища, сгруппированные вокруг дворика, затеняют его, защищая от зноя и пыли.

По мнению В. Л. Ворониной, айван являлся основным средством регулирования ветрового режима в дворовом пространстве, а следовательно, и в помещениях.

### **Современное жилищное строительство жарких районов бывшего СССР**

В современном строительстве получают развитие принципы и приемы регулирования микроклимата внутри зданий естественным путем за счет архитектурно-планировочных средств.

Как известно, разнообразие климатических условий южных районов бывшего СССР влияет на применение разных объемно-планировочных решений жилых зданий (высота помещения, этажность здания, тип инженерного оборудования жилых домов).

Планировочные приемы решения многоэтажных жилых домов направлены на преодоление перегрева и застоя воздуха, особенно в квартирах верхних этажей. Основной вид жилых зданий массового строительства в городах жаркого климата бывшего СССР – многоквартирные дома средней этажности и многоэтажные до 9 этажей. В настоящее время внедрены в застройку крупных городов жилые дома большей этажности (12-17 этажей).

**Рекомендуемые меры регулирования микроклимата помещений в условиях жаркого климата Палестины:** Приводится анализ факторов, влияющих на формирование жилищ, и меры по регулированию микроклимата помещений в Палестине: выбор участка строительства и условий размещения зданий; ориентация зданий, озеленение, обводнение и благоустройство территорий, прилегающих к зданию, соответствующие объемно - планировочные решения зданий.

В различных районах Палестины необходимо широко использовать средства естественного регулирования микроклимата помещений.

В условиях Палестины участок для строительства следует, если это возможно, выбирать вблизи открытых водных поверхностей рек, озер, морей.

Ориентация зданий - это с одной стороны, возможность защиты помещений здания от прямых солнечных лучей, а с другой - создание необходимого режима для проветривания, (таблица 1).

В районах жаркого влажного климата размещение зданий на участке и их взаимное расположение должны исходить из необходимости удовлетворения требования наибольшей свободы сквозного проветривания помещений.

В районах жаркого сухого климата здания следует располагать так, чтобы использовать благоприятные прохладные воздушные течения наиболее полно, защищая в то же время помещения от сухих жарких ветров.

Предлагаемые меры по ориентации здания

Таблица 1

Район	Отметка над или ниже уровня моря	Ориентация участков	Ориентация зданий	Ветры
1. Западная часть Палестины и равнины Аллор	+250 м -300 м	Северо-запад Запад	Северо-запад Запад	- со Средиземного моря. - с гор и с Тивернского озера и Мертвого моря.
2. Средняя часть Палестины	+1208 м	Запад Юго-восток	Запад Северо-восток	- со Средиземного моря. - с гор и с Тивернского озера и Мертвого моря.
3. Южная часть Палестины	+300 м	Север Северо-запад	Север Северо-запад	- с гор. - с гор и со Средиземного моря

**В третьей главе** рассмотрено состояние вопроса проектирования ограждающих конструкций в Палестине.

Бетон, прессованный пустотный кирпич и природный камень - главные строительные материалы, используемые при возведении зданий.

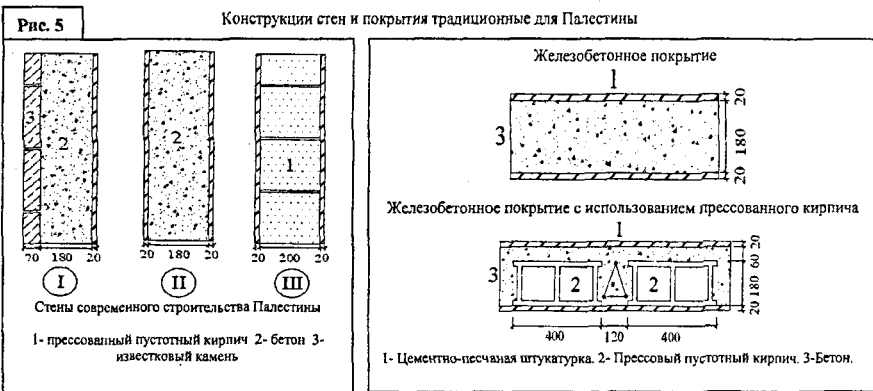
**Стены традиционных зданий:** Традиционные стены, построенные из одного слоя или из двух слоев природного камня, используются для строительства всех типов зданий. Строительные материалы, используемые для этого типа стен: камень, цемент, песок, гравий как заполнитель, известняк, и каменные глыбы различных размеров. Они укладываются или в фундамент или во внутреннюю часть стены.

Эти стены имеют достаточно хорошие теплотехнические качества. Кроме того, они имеют хорошие акустические свойства. Они служат хорошей изоляцией от внешних воздействий.

**Стены современных зданий.**

- **Каменные стены:** Камень используется для облицовки наружных стен и отделки фасадов зданий. Высота камня составляет 25 см и толщина 7см, бетонный слой толщиной 18-22 см, располагается позади камня.

- **Бетонные стены:** Наружные стены построены из бетонного слоя 18-22 см толщиной и облицованы цементом с обеих сторон.
- **Стены из прессованного пустотного кирпича:** В каркасных зданиях из монолитного железобетона возводятся колонны и перекрытия, затем на перекрытия между колоннами кладется прессованный пустотный кирпич 15 - 20 см толщиной, который образует внешние стены, (Рис. 5).
- **Крыши традиционных и современных зданий:** Здания в Палестине обычно имели крыши из железобетонной плиты, цементно-песчаный раствор по уклону. В настоящее время, крыши часто возводят из железобетона и пустотных блоков заполнения (хорды). В ночное время эти плоские крыши служат террасами для отдыха, (Рис. 5).



В третьей главе рассмотрен метод теплотехнического расчета конструкций на зимние условия, а также на теплоустойчивость и определение задержки амплитуды колебаний температуры в конструкции.

Теплотехнические расчеты ограждающих конструкций в условиях Палестины должны проводиться как на зимние, так и на летние условия.

Исходя из гигиенических соображений (предотвращение холодной радиации и выпадения конденсата на внутренней поверхности стены), можно определить требуемое общее сопротивление теплоотдаче стены и покрытия по формуле:

$$R_0^{TP} = \frac{(t_B - t_H)}{\Delta \tau_B \alpha_B} \quad \text{Где:}$$

-  $\Delta \tau_H$  взято согласно СНиП II-3-79\* (98).  $\Delta \tau_H = 4^\circ\text{C}$ .

-  $\alpha_B = 8.7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  (таблица 4\* II-3-79\* (98)).

-  $t_B = +25^\circ\text{C}$ .

-  $t_H$  расчетная зимняя температура наружного воздуха  $^\circ\text{C}$ .

Расчет фактического сопротивления теплопередаче конструкций при  $\alpha_B = 8.7$  и  $\alpha_H = 23$ , проводится по формуле:

$$R_0^\phi = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H}$$

Где:

$\alpha_n$  - коэффициент теплоотдачи (для зимних условий) наружной поверхности ограждающих конструкции, Вт/(м·°С), принимаемый по (таблица 6\* П-3-79\* (98)).

$\delta$  - Толщина слоя, м;

$\lambda$  - Расчетной коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м·°С), принимаемый по (прил. 3\* П-3-79\* (98)).

Сопротивление теплопередачи ограждающих конструкций должны превышать требования, предъявляемые СНиП П-3-79 (строительная теплотехника) и СНиП 23-02-2003 (тепловая защита зданий) по гигиеническим условиям, для зимнего периода т.е.

$$R_0^{\Phi} \geq R_0^{TP} (M^2 \cdot ^\circ C) / BT$$

Расчет конструкций на теплоустойчивость проводим согласно п.3 СНиП П-3-79\* (1998) или п.7 СНиП 23-02-2003.

Основное требование расчета - ограничение амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций.

В районах со среднемесячной температурой июля 21°С и выше, амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности ограждающих конструкций жилых зданий  $A_{\tau B}$ , не должна быть более требуемой амплитуды  $A_{\tau B}^{TP}$ , °С, определяемой по формуле:

$$A_{\tau B}^{TP} = 2,5 - 0,1(t_n - 21)$$

где  $t_n$  - среднемесячная температура воздуха за июль °С.

$$A_{\tau B} \leq A_{\tau B}^{TP}$$

$$A_{\tau B} = \frac{A_{t,H}^{расч}}{V}$$

здесь:

$A_{t,H}^{расч} = 0,5 A_{t,H} + \frac{\rho(I_{max} - I_{cp})}{\bar{\alpha}_n}$  расчетная амплитуда колебаний наружного воздуха с учетом нагрева конструкции солнечной радиацией °С.

$A_{t,H}$  - максимальная амплитуда суточных колебаний наружного воздуха в июле, °С.

$\rho$  - коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции, СНиП П-3-79\* (1998), прил.7.

Величины  $I_{max}$  и  $I_{cp}$  - соответственно максимальное и среднее значения суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), Вт/м<sup>2</sup>.

$\bar{\alpha}_n$  - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности по летним условиям, Вт/(м<sup>2</sup>·°С), с учетом отбора тепла движением воздуха определяется по формуле:

$$\bar{\alpha}_n = 1,16(5 + 10\sqrt{g})$$

$g$  - минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16% и более, но не менее 1м/с.

Величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха  $V$  в ограждающей конструкции следует определять по формуле:

$$V = 0.9 e^{\frac{\rho}{\sqrt{2}}} \frac{(S_1 + \alpha_B)(S_2 + y_1) \dots (S_n + y_{n-1})(\bar{\alpha}_n + y_n)}{(S_1 + y_1)(S_2 + y_2) \dots (S_n + y_n) \bar{\alpha}_n}$$

здесь  $e = 2,718$  - основание натуральных логарифмов.

$$D = \sum_1^n \left[ \frac{\delta_i}{\lambda_i} S_i \right] - \text{тепловая инерция ограждающей конструкции.}$$

Где:  $\delta_i$ ,  $\lambda_i$ , и  $S_i$  - соответственно толщина (м), коэффициент теплопроводности, Вт/м<sup>2</sup>°С, и коэффициент теплоусвоения Вт/(м<sup>2</sup>·°С)  $i$ -того слоя.

$S_1, S_2, \dots, S_n$  - расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

$y_1, y_2, \dots, y_n$  - коэффициенты теплоусвоения наружных поверхностей слоев ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Для слоев с тепловой инерцией  $D_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i} S_i \geq 1$ ,  $y_i = S_i$ ; при  $D_i < 1$ ,

$$\text{Для первого слоя: } y_1 = \frac{R_1 S_1^2 + \alpha_B}{1 + R_1 \alpha_B}$$

здесь  $R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1}$  - термическое сопротивление первого слоя.

$$\text{Для } i\text{-ого слоя: } y_i = \frac{R_i S_i^2 + y_{i-1}}{1 + R_i y_{i-1}}$$

Запаздывание температурных колебаний на внутренней поверхности ограждающей конструкции по сравнению с колебаниями наружной расчетной температуры (сдвиг фаз в часах), вычисляется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{1}{15} \left\{ 40.5 \sum D - \arctg \frac{\alpha_B}{\alpha_B + S_{B,П} \sqrt{2}} + \arctg \frac{S_{H,П}}{S_{H,П} + \bar{\alpha}_n \sqrt{2}} \right\}, \text{ час}$$

По величине  $\varepsilon$  можно установить время максимального тепlopоступления в помещение  $Z_Q^{\max}$ , если известно время максимального тепlopоступления на наружную поверхность стены ( $Z_{t, усл}^{\max}$ ).

$$Z_Q^{\max} = Z_{t, усл}^{\max} + \varepsilon, \text{ час.}$$

Для предварительной оценки запаздывания наружных температурных колебаний на внутренней поверхности ограждающей конструкции можно использовать следующую простую формулу:

$$\varepsilon = 2,7 \sum D - 0,4$$

где  $\sum D$  - суммарная характеристика тепловой инерции конструкции.

Исходя из приведенной методики расчета, нами была предложена таблица расчетных климатических параметров для условий Палестины.

Таким образом, мы приводим расчеты ограждающих конструкций на зимние и летние условия к условиям климата Палестины, в различных ее климатических районах.

В такой небольшой стране, как Палестина целесообразно ввести граничные условия для расчета стен и покрытий. Это могут быть наихудшие климатические условия для зимнего и летнего периода: из таблиц видно, что

для зимы – это  $t_1 = 3\text{ }^\circ\text{C}$ ; для лета – это  $t_{\text{ср.июль}} = 31,3\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $A_{1,\text{июль}} = 24,1\text{ }^\circ\text{C}$ , средняя месячная скорость ветра – 1,194 м/с и солнечная радиация для широты 32° (таблица 2 и 3).

Проводя расчеты по этим условиям, получим требуемые сопротивления теплопередаче для стен и покрытия:

$$R_0^{TP}(\text{стен}) = 0,8, R_0^{TP}(\text{покрытия}) = 1,07 \text{ м}^2 \cdot \text{с} / \text{Вт}$$

Расчетные температурно-климатические параметры, необходимые для проведения строительно-физических расчетов и расчетов энергозатрат в зданиях

Таблица 2

Город	температура самых холодных суток $t_1$ , $^\circ\text{C}$	Средняя температура июля $^\circ\text{C}$	Максимальная амплитуда колебаний наружного воздуха в июле $A_{1,\text{июль}}$	Средние месячные скорости ветра за июль (м/с) по румбам.
Тул-Карм	3	27,7	19	1,03
Наблус	0	26,3	16	1,94
Иерихон	3,4	31,3	24,1	1,194
Иерусалим	-3	24,4	21,8	1,0
Ал-Халил	-2,5	23,7	20,2	1,16
Газа	5	26,7	10,5	1,94

Количество тепла, поступающего в июле от суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность и на вертикальные поверхности различной ориентации в Вт/м<sup>2</sup>.

Таблица 3

Широта, град	Солнечная радиация $J_{\text{ср}} / J_{\text{макс}}$					
	Горизонтальные поверхности	Вертикальные поверхности				
		Ю	С	З-В	СЗ-СВ	ЮВ-ЮЗ
28	359	67	81	157	135	122
	1029	214	223	694	653	523
32	352	85	76	160	132	129
	947	271	223	689	647	544
36	344	100	73	162	129	138
	1000	329	221	712	556	517

В третьей главе также приводится расчет затрат энергии на отопление и на охлаждение до и после применения новых предлагаемых ограждающих конструкций для условий Палестины.

**Расчет трансмиссионных теплопотерь:** Теплопотери за счет теплопередачи (трансмиссионные теплопотери)  $Q_{\text{опр}}, \text{Вт}$ , рассчитываются через каждое теплоотражающее ограждение (или его часть) отдельно по формуле:

$$Q_{\text{опр}} = KA(t_B - t_H)n(1 + \sum \beta), \text{Вт}.$$

Где:

$K = 1/R_c, R_c$  = сопротивление теплопередаче  $R, \text{M}^2 \cdot \text{C}^\circ / \text{Вт}$

$A$  = площадь ограждения,  $t_B$  = температура внутреннего воздуха  $^\circ\text{C}$ .

$t_H$  = расчетная температура наружного воздуха  $^{\circ}\text{C}$ , берется равной средней температуре наиболее холодной пятидневки. Для Палестины она не актуальна;  
 $t_H = t_{\text{мин}} = -3^{\circ}\text{C}$ .

$n$  = коэффициент положения ограждения относительно наружного воздуха, равен 1 для наружных стен и покрытий.

$\beta$  = коэффициент, учитывающий добавочные теплопотери, как для угловых помещений, так и для разных ориентации.

**Расчет поступления теплоты солнечной радиации в помещения через световые проемы:** Количество теплоты,  $\text{Вт}$ , поступающей в помещение каждый час расчетных суток через заполнение световых проемов площадью  $A$ .

$$Q = [Q_p + Q_T] \cdot A$$

Теплопоступления от солнечной радиации,  $\text{Вт}/\text{M}^2$ , для вертикального заполнения световых проемов.

$$Q_p = [q_n \cdot k_{\text{инс.}} + q_p \cdot k_{\text{обл.}}] \cdot k_{\text{отн.}} \cdot \tau$$

Где:

$q_n, q_p$ , количество теплоты, создаваемой соответственно прямой и рассеянной солнечной радиацией, поступающей в помещение в каждый час расчетных суток через световые проемы.

$k_{\text{инс.}}$ , коэффициент инсоляции для вертикального заполнения световых проемов,  $k_{\text{обл.}}$ , коэффициент облучения,  $k_{\text{отн.}}$ , коэффициент относительного проникания солнечной радиации через заполнение светового проема,  $\tau$ , коэффициент, учитывающий затенение светового проема переплетами.

Теплопоступления обусловленные теплопередачей  $Q_T$ ,  $\text{Вт}/\text{M}^2$ .

$$Q_T = (t_{\text{н. усл.}} - t_B) / R_{\text{ок}}$$

Где:

$R_{\text{ок}}$ , сопротивление теплопередаче заполнения световых проемов.

$t_{\text{н. усл.}}$ , условная температура наружной среды,  $^{\circ}\text{C}$ .

$$t_{\text{н. усл.}} = t_{\text{н. ср.}} + 0,5 \cdot A_{\text{н}} \cdot \beta + \frac{S \cdot k_{\text{инс.}} + D \cdot k_{\text{обл.}}}{\alpha_H} \cdot \rho_H \cdot \tau$$

Где:

$t_{\text{н. ср.}}$ , средняя температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца.

$A_{\text{н}}$ , максимальная суточная амплитуда температуры наружного воздуха.

$\beta$ , коэффициент учитывающий гармоническое изменение температуры наружного воздуха, равен 1 в час максимального поступления тепла.

$S, D$ , количество тепла соответственно от прямой и рассеянной солнечной радиации, поступающей в каждый час расчетных суток на вертикальную или горизонтальную поверхность.

$\rho_H$ , приведенный коэффициент поглощения солнечной радиации заполнением световых проемов.

**Поступление тепла через наружные ограждения (наружные стены, покрытия):** Тепловой поток,  $\text{Вт}$ , через ограждающую конструкцию

(наружную стену или покрытие),  $Q$ , для данного часа суток, следует определить по формуле:

$$Q = \left[ \frac{1}{R} (t_{н.} + \rho \frac{J_{ср}}{\alpha_{н}} - t_{в.}) + \frac{\beta_{к} \cdot \alpha_{в}}{\nu} (0,5 \cdot \Theta_1 \cdot A_{ит} + \frac{\rho}{\alpha_{н}} \cdot \Theta_2 \cdot A_J) \right] \cdot A$$

Где:

$J_{ср}$ , средние суточные количества теплоты (прямой и рассеянной) солнечной радиации, поступающей на поверхность стены и покрытия,  $BT/M^2$ .

$\beta_{к}$ , коэффициент, учитывающий наличие в конструкции воздушной прослойки (при отсутствии прослойки = 1, при наличии ее = 0,6).

$\Theta_1, \Theta_2$ , коэффициенты, учитывающий гармоническое изменение температуры наружного воздуха, равны один, что соответствует максимальному поступлению теплоты, для каждого часа суток соответственно при  $(\varepsilon + 15; \varepsilon + z)$  где:

$\varepsilon$  - запаздывание температурных колебаний в ограждении.

$z$  - время максимума суммарной (прямой и рассеянной) солнечной радиации.

$A$ , площадь ограждающей конструкции  $M^2$

$A_J$ , амплитуда суточных колебаний суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной),  $BT/M^2$ , определяется по формуле:

$$A_J = J_{\max} - J_{\text{сред}}$$

Где:

$J_{\max}, J_{\text{сред}}$ , максимальное и среднесуточное значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), поступающей на наружное ограждение.

Эта методика, принятая по СНиП 23-02-2003 и СНиП 2.04.05-91, вполне применима и для условий Палестины.

Расчеты произведены по методике профессора В.Н. Богословского.

**В четвертой главе** проведен анализ ограждающих конструкций стен и покрытий, традиционных для Палестины, и предложения по применению теплоизоляции в этих конструкциях.

Исследования рассмотренных - в главе 3 - вариантов традиционных ограждающих конструкций стен и покрытия, принимаемые в практике строительства Палестины, показывает, что все варианты не удовлетворяют требованиям, предъявляемым СНиП П-3-79\* (98) (строительная теплотехника) и СНиП 23-02-2003 (тепловая защита зданий), даже по гигиеническим условиям, для зимнего периода.

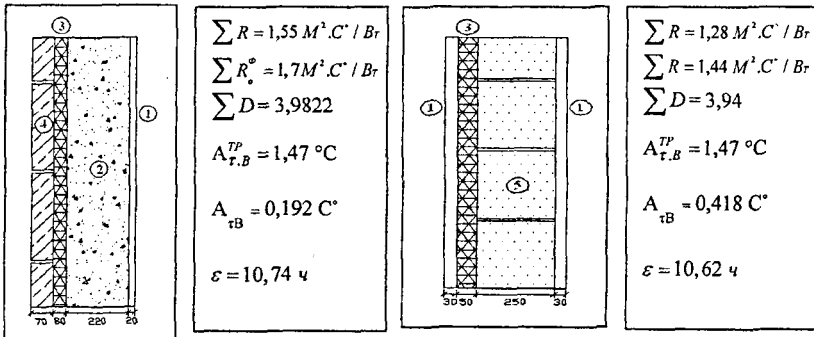
$$R_0^{\phi} < R_0^{TP} M^2 \cdot C / BT$$

Основываясь на опыте проектирования ограждающих конструкций в России, предлагаются следующие варианты конструктивных решений стен и покрытий с использованием эффективной теплоизоляции для условий Палестины, чтобы обеспечить требования, предъявляемые СНиП по гигиеническим условиям в зимний период и по теплоустойчивости в летний период, (Рис. 6).



Схемы конструкций стен и покрытий, рекомендуемые для современного строительства Палестины с использованием эффективного утеплителя

Рис. 6



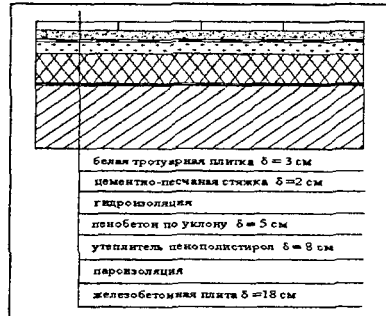
1-цементно-песчаная штукатурка 2-бетон 3-утеплитель (минеральный войлок типа ROCKWOOL) 4- известковый камень 5- прессованный пустотный кирпич



$$\sum R = 1,56 \text{ M}^2 \cdot \text{C}^\circ / \text{Br} \quad A_{\text{т.В}} = 0,338 \text{ C}^\circ$$

$$\sum R_o = 1,72 \text{ M}^2 \cdot \text{C}^\circ / \text{Br}$$

$$\sum D = 3,956, \quad \epsilon = 10,68 \text{ ч}$$



$$\sum R = 1,82 \text{ M}^2 \cdot \text{C}^\circ / \text{Br} \quad A_{\text{т.В}} = 0,266 \text{ C}^\circ$$

$$\sum R_o = 1,985 \text{ M}^2 \cdot \text{C}^\circ / \text{Br}$$

$$\sum D = 3,853, \quad \epsilon = 10,40 \text{ ч}$$

Все варианты рекомендуемых ограждающих конструкций для условий жаркого климата Палестины превышают требования, предъявляемые СНиП по гигиеническим условиям, для зимнего периода.

Расчет конструкций стен и покрытий на теплоустойчивость показал, что все конструкции, рассчитанные на зимние условия имеют амплитуду колебаний на внутренних поверхностях меньше, чем требуемая.

Требуемое значение амплитуды колебаний на внутренней поверхности согласно СНиП составляет:

$$A_{\text{т.В}}^{\text{TP}} = 2,5 - 0,1(t_n - 21) = 2,5 - 0,1(31,3 - 21) = 1,47 \text{ }^\circ\text{C}$$

Для того, чтобы максимальная температура внутренней поверхности стены имела бы место во время, когда снаружи имеет место минимальная температура воздуха надо, чтобы  $\varepsilon = 26 - 16 = 10$  часов.

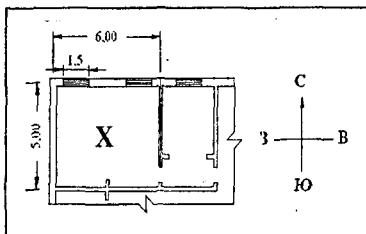
Для того, чтобы задержка  $\varepsilon$  составила бы 10 часов решим уравнение с использованием приближенной формулы:

$$\varepsilon = 2,7 \sum D - 0,4 = 10$$

$$\text{Отсюда } \sum D = 3,85.$$

Все конструкции, рекомендуемые для современного строительства зданий Палестины обеспечивают требуемые запаздывания амплитуды колебаний температуры на внутренней поверхности конструкции, что было связано с увеличением толщины утеплителя, которое позволило довести время сдвига фаз колебаний до требуемого.

**Расход энергии на отопление и на охлаждение:** Для более эффективной оценки применения предлагаемых ограждающих конструкций с использованием эффективного утеплителя в условиях жаркого климата Палестины, проведем теплотехнический расчет для определения расхода энергии на отопление и на охлаждение до и после применения новых ограждающих конструкций, расчет будем вести для части жилого здания (угловая комната), (Рис. 7).



**Рис. 7:** Фрагмент плана типового этажа для расчета расхода энергии для помещения [X]. Здания находится в г. Иерихон (широта 32° с.ш.).

Для проведения расчета мы будем использовать традиционные и рекомендуемые конструкции стен и покрытия.

#### Экономия расхода энергии на отопление при применении рекомендуемых конструкций

Таблица 4

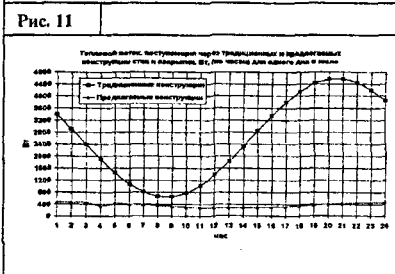
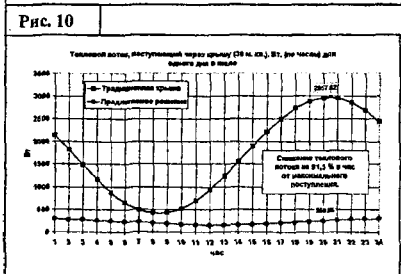
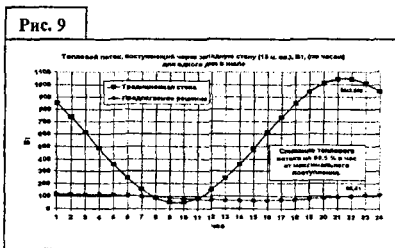
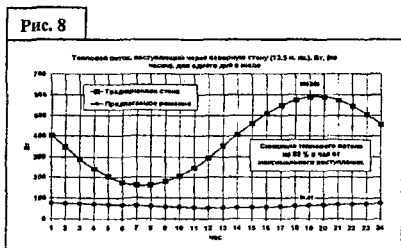
	Традиционные конструкции	Новые конструкции	% экономия	При использовании окна с двойном остеклением $R=0,34, Q=426,175$
окна	852,35	852,35	0%	50%
Наружная стена	1276,726	255,7	79,97 %	
Наружная стена	1519,736	271,176	82,156%	
покрытия	2763,15	423,17	84,68%	
	$\sum Q = 6411,962$	$\sum Q = 1802,396$	71,89%	78,53%

Экономия расхода энергии на охлаждение при применении рекомендуемых конструкций для рассмотренного примера можно оценить с помощью полученных результатов и графиков, (Рис. 8, 9, 10, 11).

Как показали расчеты, приведенные в диссертации, приближенно рассчитанная экономия электроэнергии на охлаждение (кондиционирование) воздуха в

помещении (без учета работы кондиционера в остальные месяцы года, например май, сентябрь и др.) и экономия электроэнергии на отопление (декабрь, январь и февраль) позволит окупить затраты на утепление стен и покрытия за 2-3 года.

Однако главным положительным результатом предлагаемых мероприятий является повышение комфорта в жилых помещениях как в зимний, так и в летний период.



## ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Климатическое районирование и анализ климатических параметров в различных районах Палестины позволили составить таблицы климатических данных, необходимых для расчета ограждающих конструкций по требуемому сопротивлению теплопередачи в зимних условиях, на теплоустойчивость. Эти таблицы могут быть положены в основу теплотехнического нормирования ограждающих конструкций в Палестине.

2. Анализ традиционного опыта строительства жилья в Палестине, арабских странах и в Средней Азии показал, что при современном многоэтажном строительстве, целесообразном в Палестине по демографическим, экономическим и другим условиям, наиболее перспективными для региона Сектора Газа являются планировки с большими открытыми помещениями и со сквозным проветриванием. В районах Западного берега реки Иордан целесообразна замкнутая система планировки с проветриванием через внутренние шахты и атриумы. Этого требует защита от пыльных и песчаных бурь и сухих ветров.

3. Проведенные исследования показали, что конструкции стен и покрытий, используемых в практике строительства в Палестине, не удовлетворяют требованиям, предъявляемых СНиП П-3-79\* (98) и СНиП 23-02-

2003 «Теплозащита зданий», по гигиеническим условиям, для зимнего периода и по теплоустойчивость.

4. Рекомендуемые решения ограждающих конструкций для условий жаркого климата Палестины удовлетворяют требованиям, предъявляемым СНиП П-3-79\* (98) по гигиеническим условиям, для зимнего периода и по теплоустойчивость в летний период.

5. Анализ уравнений для определения времени задержки амплитуды колебаний показал, что основное значение для такой задержки имеет показатель тепловой инерции или степень массивности конструкции D.

Для обеспечения требуемой задержки, равной 10 часам, величина D должна быть не менее 3,85.

6. Увеличение показателя тепловой инерции предлагаемых конструкций стен и крыш, позволил довести время сдвига фаз колебаний до требуемого.

7. Конструкции, предлагаемые для условий Палестины, основаны на материалах, имеющих широкое распространение в регионе. Предлагаемое решение улучшает традиционные конструкции. Как показали расчеты, приведенные в диссертации, такие конструкции обеспечивают отсутствие конденсата на внутренних поверхностях даже в самые холодные дни при максимальной влажности внутри помещений (кухни, санитарные узлы), и отсутствие впечатления сквозняка при нахождении вблизи этих конструкций.

8. Предложение использовать многослойные конструкции с применением современных теплоизоляционных материалов, является решением, основанным не только на физических качествах ограждающих конструкции, но и является отражением экономических и технологических требований современного строительства в Палестине.

9. Расчеты для оценки расхода энергии показали, что предлагаемое конструктивное решение для современного строительства Палестины экономит расход энергии на 70% и более на отопление и 80% и более на охлаждение.

Применение утепленных конструкций окупается за счет снижения затрат энергии на отопление и кондиционирование в течение 4 лет. Это значит, что после 4 лет для жителей будет чистая экономия в денежном выражении.

Подсчитать ее трудно из-за нестабильных цен. Однако в среднем она составит 75%.

**Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах автора:**

1. Тайех Джехад. Ограждающие конструкции современного строительства в условиях жаркого климата Палестины. // Вестник МГСУ. №3. М.: ГОУ ВПО МГСУ, 2008. С. 22-26.

**КОПИ-ЦЕНТР** св. 7:07:10429 Тираж 100 экз.  
г. Москва, ул. Енисейская, д.36  
тел.: 8-499-185-7954, 8-906-787-7086