

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСЧЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

АО “ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ”

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ
ЖЕЛЕЗНОДОРЖНОГО ТРАНСПОРТА**

На правах рукописи

УДК 728.1.011:699.866

ВАФАЕВ ФАХРИДДИН ФУРКАТОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНОГО
РЕШЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЖИЛОГО ДОМА С ЦЕЛЬЮ
ПОВЫШЕНИЯ ЕГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ**

5А340201- Строительство зданий и сооружений
(здания и сооружения транспорта)

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание академической степени магистра

Научный консультант:

д.т.н., проф. Щипачева Е.В.

Ташкент 2018

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ

ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ

“ЎЗБЕКИСТОН ТЕМИР ЙЎЛЛАРИ” АЖ

ТОШКЕНТ ТЕМИР ЙЎЛ МУҲАНДИСЛАРИ ИНСТИТУТИ

Қўлёзма ҳуқуқида

УДК 728.1.011:699.866

Вафаев Фахриддин Фуркат угли.

**SHAXSIY UY-JOYNING KUNDUZGI REJALASHTIRISH QARORINI
UNING ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH MAQSADLARI
BILAN TA'MINLASH**

5А340201-Бино ва иншоотлар қурилиши

(транспорт бино ва иншоотлари)

Диссертация

Магистрлик академик даражасини олиш учун ёзилган

Илмий раҳбар: т.ф.д., проф.


Щипачева Е.В.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Современное состояние вопроса повышения энергоэффективности жилых зданий	6
1.1. Пути повышения энергоэффективности жилых зданий.....	12
1.2. Энергосберегающие проектные решения жилых зданий для условий жаркого климата в отечественной и зарубежной практике.....	20
1.3. Современные энергосберегающие системы теплоизоляции наружных ограждений	30
1.4. Энергосберегающие инженерные системы.....	36
1.5. Цели и задачи исследования.....	37
1.6. Выводы по главе.....	37
2. Объект и методика исследований.....	38
2.1. Объект исследований. Характеристика материалов.	
2.1.1. Климатический паспорт г. Ташкента.....	38
2.1.2. Климатический паспорт г. Самарканда.....	44
2.1.3. Климатический паспорт г. Бухара.....	50
2.1.4. Требуемые сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.....	56
2.2.1. Гигиенические параметры микроклимата.....	57
2.2.2. Методика исследований.....	57
3. Разработка проектных решений энергоэффективных индивидуальных жилых зданий для климатических условий Узбекистана	
3.1. Состав основных помещений.....	63
3.2. Разработка проектного решения энергоэффективного индивидуального жилого дома для г. Самарканда.....	63

3.3. Разработка проектного решения энергоэффективного индивидуального жилого дома для г. Бухара.....	77
3.4. Разработка проектного решения энергоэффективного индивидуального жилого дома для г. Ташкент.....	91
3.5. Рекомендации по проектированию энергоэффективного индивидуального жилого дома для условий сухого жаркого климата Республики Узбекистан.....	103
Выводы по главе 3	
Общие выводы	
Библиографический список	
Приложение	

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертационной работы.

В условиях естественного сокращения запасов углеводородного сырья и соответствующего роста цен на традиционные энергоресурсы, обеспечение эффективного энергопотребления является важной задачей повышения конкурентоспособности экономики страны. Учитывая, что объем расходуемой энергии в Узбекистане к 2030 году, с учетом роста населения, ВВП, ускорения процессов урбанизации, при прочих равных условиях может увеличиться с 60 млн.т.н.э. до 150 млн. т.н.э, требуются комплексные меры по повышению энергоэффективности. Узбекистан имеет большие резервы для радикального снижения энергопотребления и экономии энергоресурсов, в первую очередь, в сфере проектирования и строительства жилых зданий, а также при их эксплуатации. Целесообразным является организовать проектирование и строительство жилых зданий с использованием новых энергосберегающих технологий и с соблюдением энергоэффективных норм.

Наряду с совершенствованием подходов к проектированию и строительству жилых зданий это также позволит формировать спрос на установку энергосберегающих источников электроэнергии и тепла, а также теплоизоляционные материалы.

Повышение энергоэффективности жилых зданий также имеет значительные социальные эффекты. Внедрение энергоэффективных зданий будет способствовать созданию продуктивной занятости как в рамках секторов строительства, производства теплоизоляционной продукции и энергоэффективного оборудования, так и в смежных отраслях. Экономия и снижение затрат населения на коммунальные услуги по отоплению и обеспечению электроэнергией на 25-30%³, могут способствовать направлению сэкономленных средств на дальнейшее улучшение энергоэффективности жилищ.

Имеются также экологические выгоды: более высокая энергоэффективность снизит объем выбросов в атмосферу на 25-30% .

Кроме того, повышение энергоэффективности в жилищном секторе представляет собой меру по адаптации к изменению климата за счет улучшения защиты домов от неблагоприятных погодных условий

В связи с вышеизложенным, переход на проектирование энергоэффективных и энергосберегающих зданий в Республике Узбекистан является чрезвычайно актуальным.

Степень изученности проблемы.

Степень изученности проблемы.

Вопросами проектирования энергоэффективных зданий занимаются многочисленные специалисты, практически, во всех развитых странах мира: Грудзинский М. М., Борджес Дж. Ф., Равара А., Городецкий А.С., Батрак Л.Г., Городецкий Д.А., Лазнюк М.В., Юсипенко С.В., Мартемьянов А.И., Поляков С.В., Ханджи В. В., Абдурашидов К.С., Айзенберг Я.М., Жунусов Т.Ж., Енделе М., Шейнога И., Кодыш Э.Н., Трекин Н.Н., Никитин И.К., Арнольд К., Рейтерман Р., Щипачева Е.В. и др. Однако нет однозначного ответа, какой принцип должен быть заложен в разработку объемно-планировочного решения жилого здания, гарантирующий наименьшее воздействие наружного климата на внутреннюю среду помещений. Кроме того, использование известных проектных решений в условиях РУз не гарантирует эффективности, так как территория государства имеет специфические климатические характеристики, а экономика не предполагает значительных затрат на возведение объектов, что ограничивает применение эффективных импортных теплоизоляционных материалов.

Следовательно, целесообразно пересмотреть существующие проектные решения индивидуальных жилых зданий, опираясь на исторические национальные традиции Узбекистана и передовой зарубежный опыт проектирования и строительства энергоэффективных и энергосберегающих объектов.

Целью диссертационной работы является разработка рекомендаций по совершенствованию объемно-планировочных решений индивидуальных

жилых зданий для различных климатических условий Республики Узбекистан с целью повышения уровня их энергоэффективности.

Методы исследований. В качестве основного метода исследований был принят теоретический расчетный.

Научная новизна работы состоит:

- в установлении основных планировочных приемов для индивидуального жилищного строительства Республики Узбекистан, направленных на повышение энергоэффективности строений.

Практическая значимость работы заключается в разработке экономически целесообразных проектных решений индивидуальных жилых домов для трех климатических районов Республики Узбекистан, позволяющих повысить уровень их энергоэффективности.

Объект и предмет исследования.

Объектом исследования является индивидуальный жилой дом, его объемно-планировочное решение и конструктивное решение его наружных ограждающих конструкций.

Предметом исследования являются теоретические основы проектирования индивидуальных жилых домов и их наружных ограждающих конструкций зданий, направленные на разработку их экономически целесообразных решений, 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 ... наименований, изложена на ...стр. печатного текста, содержит ...таблиц и ...рис.

1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

1.1. Основные пути повышения энергоэффективности гражданских зданий

Повышение энергоэффективности зданий в последние десятилетия стало одним из основных направлений развития строительной индустрии. За рубежом начало разработок по улучшению теплозащиты эксплуатируемых зданий явилось следствием энергетического кризиса 70-х годов, и с 1976 года в большинстве зарубежных стран уровень теплозащиты зданий увеличился в 2 - 3,5 раза. Постоянно повышаются требования к используемым теплоизоляционным материалам, ужесточаются нормативы по теплопроводности наружных ограждающих конструкций [8].

Энергия в зданиях расходуется на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, газоснабжение, на освещение и другие нужды и запросы человека. Сопоставление затрат целесообразно выполнять с использованием понятия «первичной энергии» [2]. Так, затраты первичной энергии на единицу энергии, поставляемой потребителю составляют:

- уголь – 1,02...1,03;
- природный газ – 1,06...1,15;
- электроэнергия – 3,45...3,75.

Основываясь на этих коэффициентах, долевые энергетические затраты, например, в многоэтажных жилых домах Узбекистана составляют:

- отопление и вентиляция – 33,5%;
- горячее водоснабжение – 40,3%;
- газоснабжение – 12,2%;
- электропотребление – 14,0%

Как видно, на долю отопления и вентиляции приходится треть всего энергопотребления. Это обстоятельство подчеркивает важность поиска путей

повышения энергоэффективности гражданских зданий в совершенствовании систем отопления.

Представляет интерес и распределение потерь тепла через наружные ограждения. Для условий Узбекистана, согласно отчету ГЭФ ПРООН, имеет место следующее процентное распределение трансмиссионных тепловых потерь по видам наружных ограждений (для многоэтажных жилых домов):

- стены – 45%;
- окна – 35%;
- наружные двери – 4%;
- крыша – 8%;
- перекрытие над подпольем – 8%;

Очевидно, что структура тепловых потерь зданиями должна приниматься во внимание при выборе путей повышения энергоэффективности зданий. Представляется целесообразным уделять основное внимание улучшению теплозащитных свойств наружных стен и окон, а также разумному ограничению инфильтрации наружного воздуха. Последнее обусловлено тем, что в общем расходе тепла на отопление и вентиляцию расход тепла на вентиляцию достигает 29%.

В Узбекистане энергоэффективность проектных решений с 2001 года должна оцениваться по степени их соответствия нормативным удельным показателям расхода тепла на единицу общей площади здания [13]. Однако эти показатели были рассчитаны на реализацию минимально допустимого первого уровня теплозащиты зданий, отвечающего всего лишь санитарно-гигиеническим требованиям [7]. Сравнение нормируемых значений сопротивлений теплопередаче наружных ограждений, принятых в европейских странах, с аналогичными, принятыми в Узбекистане до октября 2004 года, указывало на значительное занижение последних. В 2011 году была осуществлена переработка строительных норм [7], которая была направлена на дальнейшее ужесточение требований к уровню теплозащиты зданий.

Энергосбережение – это комплексная задача. Поэтому в концепцию энергоэффективного дома должны входить не только изоляция конструкций, но и специфические инженерные решения системы вентиляции и теплоснабжения. Снизить теплопотребление зданием возможно только при комплексном подходе к энергосбережению.

Кроме влияния теплозащитных свойств наружных ограждающих конструкций на энергопотребление зданий имеет место взаимосвязь объемно-планировочных решений зданий и расходов тепловой энергии на цели отопления и вентиляции. В частности, на потребление энергии оказывают влияние этажность, ширина корпуса, высота этажа, конфигурация здания, наличие цокольного этажа (технического подполья) и чердака [3, 12].

Энергоэффективность здания может быть повышена за счёт:

- сокращения площади застройки;
- совершенствования объёмно-планировочных решений зданий;
- совершенствования ограждающих конструкций.

Существенное влияние на удельные теплопотери в жилых и общественных зданиях оказывают их объемно-планировочные решения и, в частности, соотношение площади ограждающих конструкций к общей площади зданий, соотношение площади оконных проемов к площади наружных стен, конфигурация зданий в плане, размещение их на рельефе и относительно сторон света.

В условиях зимы при выборе формы и размеров здания целесообразно стремиться к минимизации площади наружных ограждений здания. Существенно сократить площадь наружных стен можно за счет блокирования зданий. В результате таких мероприятий удастся сократить энергетические затраты на (5 – 10)%.

Рекомендуемые ЦНИИЭП (Москва, Россия) мероприятия, направленные на совершенствование объёмно-планировочных решений зданий заключаются в следующем:

- увеличение протяжённости здания (с четырёх до десяти секций даёт 5...7% экономии топлива);
- повышение этажности (с пяти до девяти этажей экономит 3...5% топлива);
- увеличение ширины корпуса (с 12 до 16 м даёт снижения расхода тепла на 8...9%).

Для жилых домов в условиях Республики Узбекистан в связи с жарким летом обязательно устройство сквозного или углового проветривания, что невозможно осуществить в ширококорпусных зданиях с двухрядным расположением квартир. Но и при однорядном расположении квартир необходимо стремиться к максимальному увеличению ширины корпуса дома.

Остекление лоджий, согласно литературным данным, увеличивает тепловую эффективность здания на 8%. Выполненные в научно-исследовательском проектном институте «УзЛИТТИ» расчёты показали, что тепловые потери фасада здания, образованного застеклёнными лоджиями, меньше тепловых потерь фасада без лоджий в 1,4 раза. Экономия теплоты, затрачиваемой на отопление дома с лоджиями, доходит до 22%. Однако при этом значительно ухудшается естественное проветривание помещений и возникает необходимость в искусственной вентиляции.

Целесообразно проектирование зданий с мансардными этажами, исключая, тем самым, сверхнормативные потери тепла через покрытие.

С точки зрения сбережения энергии в последние десятилетия проявляется большой интерес к проектированию зданий, которые хорошо улавливают, сохраняют и используют солнечную энергию и энергию от других естественных энергетических источников. Например, в зданиях широтной ориентации с отношением длины к ширине более 4-х общее поступление солнечной радиации в отопительный период на 5...11% больше, чем при меридиональной ориентации.

В целом, поиск зданий энергетически эффективной формы, степени остеклённости и ориентации, при которых энергозатраты минимальны, является важнейшей задачей архитектурно-строительного проектирования.

Степень остеклённости фасадов с энергетической точки зрения должна быть строго дифференцирована в зависимости от их ориентации. Так, например, весьма полезно увеличивать площадь окон на южных фасадах, а на северных румбах следует стремиться к минимальной площади световых проёмов. Однако следует иметь виду, что, например, австрийские нормы теплозащиты жилых зданий требуют при остеклённости выше 30% увеличивать сопротивление теплопередаче стен на 100% и перекрытий верхнего этажа на 50% по сравнению со зданием, остеклённость которого не превышает 30% [14].

Следует также учитывать, что тепловые потери через наружные световые проёмы, выполненные из современных стеклопакетов с теплозащитным стеклом, значительно ниже, чем через бетонные стены [15].

Как было показано выше, на наружные стены зданий приходится 45% тепловых потерь в отопительных период. Поэтому повышение теплозащитных свойств стен - важная задача.

В настоящее время в республике широкое распространение получили однослойные наружные стены, совмещающие несущие и теплоизолирующие функции.

Однослойные стены из кирпича следует возводить только толщиной в 2 и 2,5 кирпича, что повысит их термическое сопротивление, соответственно, в 1,24 и 1,5 раза по сравнению со стеной в 1,5 кирпича [16].

Желательно применение глиняного обыкновенного кирпича, имеющего меньший коэффициент теплопроводности, или керамического пустотного кирпича (в тех случаях, когда его применение допустимо по сейсмическим нормам). По сравнению с обыкновенным глиняным кирпичом теплоизоляционные свойства стен из пустотного кирпича возрастают на 15...17%.

Для более существенного увеличения теплозащитных свойств наружных стен необходимо применение двухслойных стен с несущей конструкционной частью и наружным слоем эффективной теплоизоляции. Такое решения в настоящее время широко применяется во многих странах мира. Этот способ находит применение и на отдельных объектах, возводимых в Узбекистане, например, его использовали при строительстве гостиницы “DEDEMAN” в г.Ташкенте.

В двухслойных стенах несущей конструкцией может служить кирпичная кладка, бетонные панели и блоки. В качестве теплоизоляции используются пенопласты на основе органических полимеров и материалы на основе минеральных, стеклянных или базальтовых волокон. Обе группы обладают низкой плотностью и малой теплопроводностью. Каждой из этих групп присущи свои преимущества и недостатки.

Можно выделить различные способы повышения сопротивления теплопередаче современных стеновых материалов:

- применение крупнопористого бетона;
- снижение плотности заполнителей, используемых для изготовления стеновых блоков и панелей;
- применение многослойных ограждающих конструкций, включающих конструкционные и теплозащитные слои;
- увеличение толщины ограждений (хотя, это приводит к повышению их материалоемкости);
- поризация легкогобетонной смеси (требует наличия воздухововлекаемых добавок);
- использование в качестве заполнителя эффективных материалов (пенополистирол, перлит).

На сегодня практически любая задача по энергосбережению разрешима инженерными средствами. Однако стоимость материалов и затраты труда на строительство и последующую эксплуатацию требуют оптимизации. При

этом оптимизация приносит не только экономический эффект, но и обеспечивает повышение уровня теплового комфорта в помещениях.

Известно, что национальное узбекское жилище очень разнообразно по использованию приемов организации его внутреннего пространства, ориентированных на снижение негативного влияния внешней окружающей среды на формирование микроклимата помещений, особенно в перегревный период года. И связано это, в первую очередь, со спецификой климата района строительства. Представляется целесообразным в следующем разделе диссертации рассмотреть некоторые из них, использование которых современными проектировщиками позволило бы значительно усовершенствовать объемно-планировочные решения индивидуальных жилых зданий, повысить их уровень энергоэффективности и степень комфортности.

1.2 Национально-исторические традиции Узбекистана в проектировании индивидуальных жилых зданий и зарубежный опыт их проектирования в жарких странах

Как показали результаты обследований отечественных ученых В.М.Дмитриева [8], М.Я.Тимофеева [8], Т.С.Страмцовой [8], Т.А.Низамова [8], С.Н.Полупанова [8], В.Л.Ворониной [8], И.И.Ноткина [8] и др., в народном узбекском жилище в значительной степени учитывались климатические особенности местности для получения необходимого уровня комфортности предельно простыми средствами.

Традиционное народное жилище создавалось под влиянием экономических, религиозных и природно-климатических условий и одновременно отвечало запросам, материальным возможностям и вкусам каждой семьи. Общий архитектурно-планировочный принцип, это расположение открытых и закрытых помещений вокруг замкнутого двора.

При строительстве жилища главное внимание уделялось предохранению его от перегрева и максимальному использованию пространства двора, включаемого в планировочную структуру дома.

Хорезмский тип народного жилища

Характерная особенность объемно-пространственной организации народного жилища в Хорезме - это тенденция к возможному укрытию по верху ограниченных дворовых пространств, существенной и неизменной принадлежностью которых служила пара расположенных друг против друга разновысотных айванов, с обращением проема повышенного онг-айвана на север, в сторону устойчивых летних прохладных ветров (рис.1.1.). За счет этого «уловленный» прохладный воздух аэрировал внутренний двор и жилые комнаты.

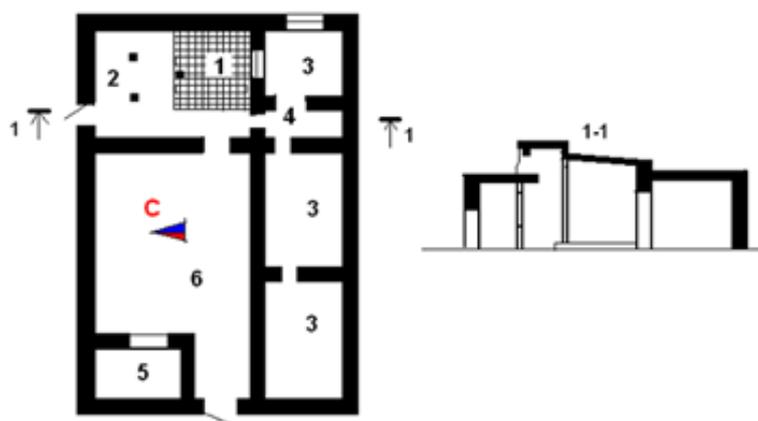


Рис. 1.1. Хорезмский тип народного жилища: 1- онг-айван; 2 –терс-айван;
3 – жилые комнаты; 4 – передняя; 5 –кухня; 6 – двор

Ташкентский тип народного жилища

Особенности этих домов - обширные крытые дворовые пространства на вторых этажах и фонарные устройства, предназначенные для освещения и вентиляции (рис.1.2.).

План 1-ого этажа План 2-ого этажа Разрез

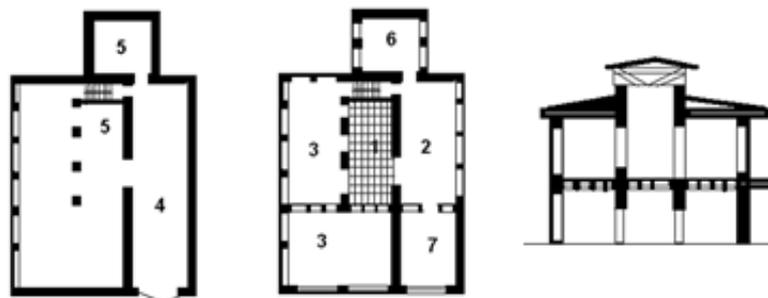


Рис.1.2. Ташкентский тип народного жилища: 1- крытый двор, 2 – айван, 3 – жилые комнаты, 4 – дарвоза-хона, 5 – кладовая, 6 – кухня, 7 – передняя

Летнее помещение имеет интенсивное вертикальное проветривание, что обеспечивает ему комфортность даже при температуре наружного воздуха плюс 40⁰С. Интенсивность проветривания летнего помещения по вертикали обеспечивалась за счёт подключения через лестничный проем к общей системе проветривания пространства длинного крытого прохода на первом этаже, глинобитный пол которого постоянно поддерживался в увлажненном состоянии.

Самаркандский тип народного жилища

Мягкие климатические условия Самарканда способствовали тому, что народное жилище не имеет характерных черт. Соблюдались общие тенденции – деление дома на две части, организация периметральной застройки относительно обширных дворовых пространств, использование различных типов летних помещений – благоустроенные дворы, айваны, балаханы. Из-за отсутствия ветров устойчивых направлений строгая ориентация жилых комнат не соблюдалась.

Бухарский тип народного жилища

Приспособлен к природно-климатическим особенностям этого района - соблюдалась строгая ориентация жилых помещений: зимних – на юг, летних – на север. Для этого региона характерен ступенчатый характер объемной организации внутренних предельно - раскрытых по верху дворовых пространств, включая и ярусное построение самих дворовых площадок. Это позволяло использовать выступы крыш первых этажей в качестве

дополнительных площадок для различных бытовых нужд в летние периоды года (рис.1.3). Основные парадные жилые помещения имели увеличенную высоту и были обращены на север, в сторону прохладных летних ветров, часто дующих в первой половине дня перегревного периода с севера и северо-востока.

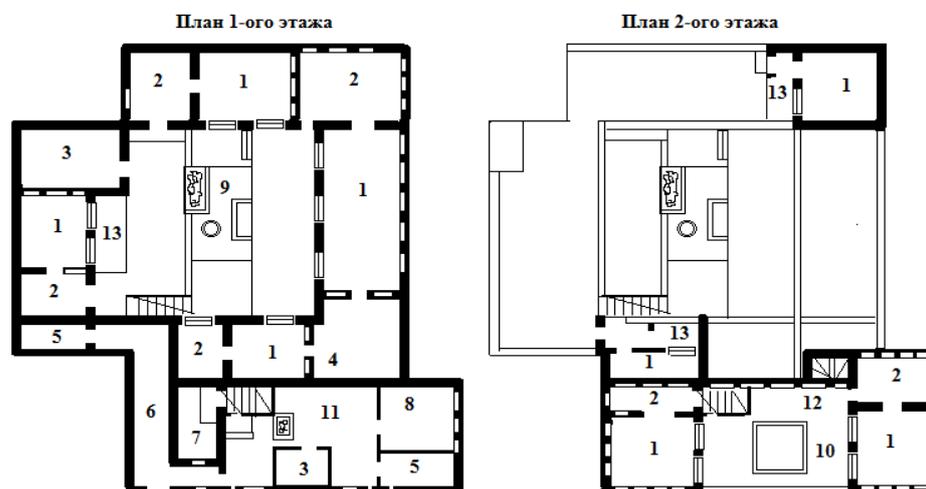


Рис.1.3. Бухарский тип народного жилища: 1- жилое помещение; 2- передняя; 3- кухня; 4- умывальная; 5 – уборная; 6 – вход – дарваза-хона; 7 кладовая; 8 – конюшня; 9 – чистый двор; 10 – чистый двор на 2 этаже; 11 – хоздвор; 12 – навес на 2 этаже – ним-айван; 13 – навес-айван

В климатических условиях Узбекистана представляется наиболее рациональным полноценное использование естественных средств борьбы с летним перегревом жилища:

- активное внедрение в жилые структуры элементов озеленения и обводнения с применением испарительного охлаждения:
- соблюдение благоприятной ориентации помещений;
- обеспечение жилых комнат, летних помещений и придомовых пространств естественной аэрацией, с учётом конкретных особенностей ветрового режима района строительства.

В зарубежном опыте строительства индивидуальных домов имеется ряд особенностей проектирования и организации теплоизоляционных мероприятий.

Защитой от перегрева зданий в сухом жарком климате служат толстые стены, которые являются аккумуляторами ночной прохлады, кровля также делается массивной, применяются и тепловые экраны из тростника, прутьев или индустриальных материалов, расположенные на отступе от основных конструкций (воздух, проходя сквозь воздушную прослойку, остужает перекрытие, которое оказывается к тому же в тени экрана).

Традиционным приемом застройки является строительство одноэтажных прямоугольных зданий, выходящих в затененные улочки и дворы глубокими портиками. Тень на улочках создается высокими стенами заборов и выющимися растениями.

Охлаждение осуществляется за счет испарения воды и увлажнения воздуха. Самый простой способ в сухом климате— поставить таз с водой и опустить в него край тканевой занавески. Воздух, проходя рядом и через влажную занавеску, остужается.

На севере Африки существует более сложная система для охлаждения воздуха жилых помещений, расположенных ниже уровня земли. Для охлаждения используется пористый керамический сосуд с водой, который устанавливают в вентиляционной шахте, выходящей наружу вверх. Испаряясь, вода охлаждает воздух, он становится более тяжелым и сам опускается в жилые помещения. В жарком климате Ирака охлаждение и вентиляция осуществляются за счет воздушных шахт, выходящих на крышу.

Улучшить микроклимат в зданиях в летнее время может и обеспеченность естественной интенсивной вентиляцией. Направление воздушных потоков и принципы ее устройства на Ближнем Востоке представлено на рис.1.4.

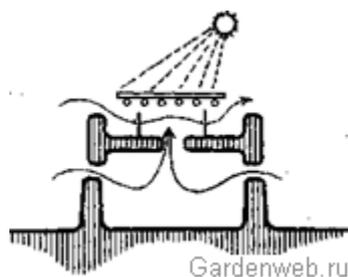


Рис.1.4 . Устройство естественной вентиляции. Разрез здания. (Ближний Восток)

В сухом жарком климате микроклимат внутри помещений сохраняется за счет толстых стен, навесов, ориентации стен и проемов

Отверстие шахты открыто в сторону преобладающих ветров и всегда находится в тени. Попадая в шахту, воздух постепенно охлаждается и оседает все ниже и ниже так, что внизу получаются самые комфортные условия.

Для влажного и жаркого климата тропиков с перепадом температур всего 8° наиболее приспособлено народное жилище, приподнятое на проветриваемом помосте и защищенное навесом.

Ориентация и планировка здания существенно влияют на микроклимат внутри помещений. Дом может улавливать и удерживать солнечное тепло или обеспечивать прохладу, защиту от перегрева.

В домах энергоэффективного жилого района в Хельсинки (Финляндия) приток наружного воздуха предусмотрен через специальные приточные устройства в стене, расположенные за отопительными приборами; применяется низкотемпературное напольное водяное отопление; остекление лоджий играет роль пассивных солнечных коллекторов, через которые, с помощью механической вентиляции, подается приточный наружный воздух, предварительно нагретый от солнечной радиации.

Компактные жилые дома строятся и в районах с более благоприятным климатом, например, на атлантическом побережье США. В этом случае форма плана позволяет обеспечивать стабильный микроклимат дома.

Интересен экономичный дом традиционной формы в реконструируемом центре г. Ричмонд (рис. 1.5).

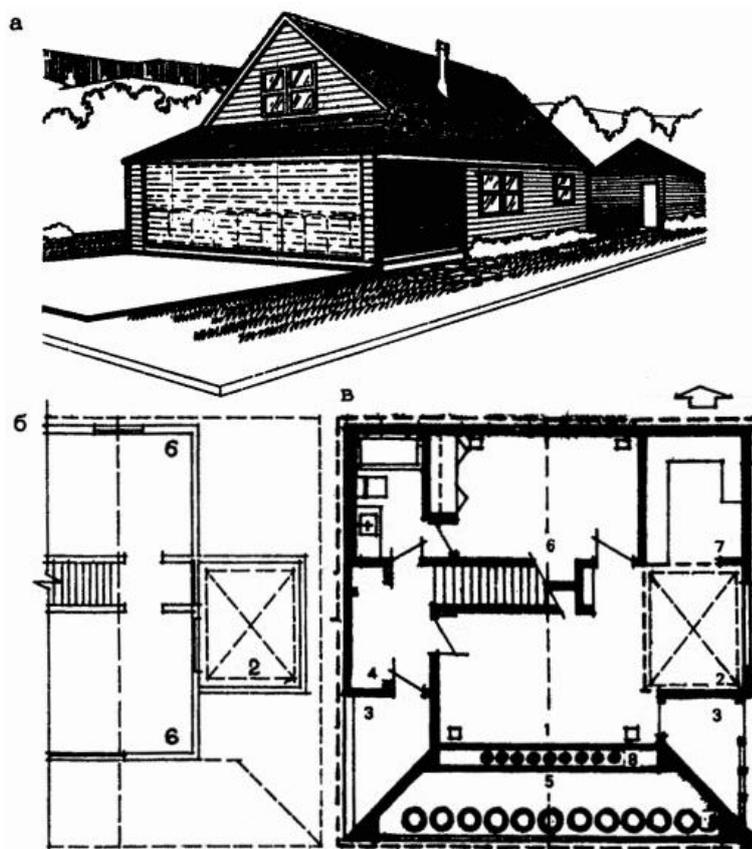


Рис. 1.5. Жилой дом в историческом центре г. Ричмонд: а—общий вид; б — план фрагмента мансардного этажа; в—план первого этажа; 1 — гостиная; 2 — двухсветный столовый альков; 3 — вход; 4 — прихожая; 5 —теплица; 6—спальня; 7 — кухня; 8 — фибергласовые ёмкости с водой.

В соответствии с характером окружающей застройки дом внешне решён как коттедж со вторым мансардным этажом. Южный фасад занят оранжереей, в которой роль коллекторов и аккумуляторов тепла играют фибергласовые цилиндрические ёмкости с водой. Центром дома является гостиная, освещаемая вторым светом через оранжерею, столовую и лоджию, вертикальная вентиляция обеспечивается через двухсветный столовый альков. Площадь этого экономичного дома — 100 м².

В группе из 144 солнечных домов для семей со средним и высоким доходом в южном штате Алабама основными задачами были организация естественной вентиляции и уменьшение теплопоступлений в жаркое время (рис. 1.6.). Основным накопителем тепла служит остеклённая оранжерея — атриум.

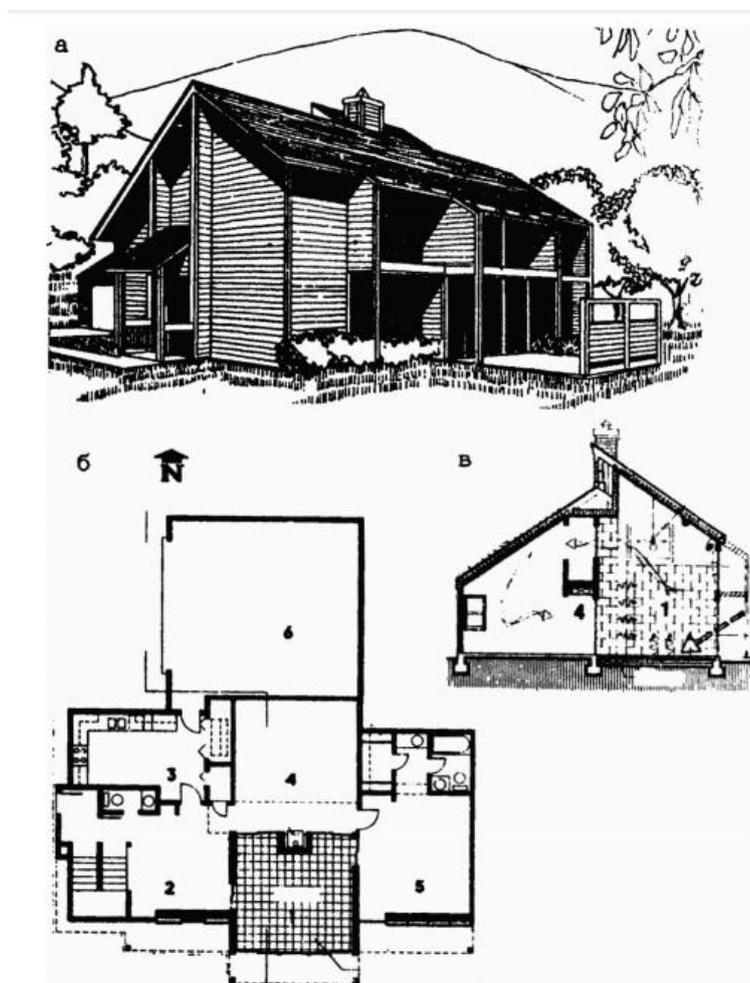


Рис. 1.6. Жилой дом с центральным атриумом (шт. Алабама):
а—общий вид; б— план первого этажа; в—разрез; 1 — атриум; 2 —
столовая; 3 — кухня; 4 — гостиная; 5 — спальня; 6 — гараж.

Избыточное тепло аккумулируется кирпичными внутренними стенами, камином и массивным основанием. Усиленная естественная вентиляция в жаркое время организована через фонари верхнего света. На внутренней

поверхности стеклянного витража размещена подвижная рулонная теплоизоляция.

В пассивных солнечных домах США для получения солнечной энергии применяют системы прямого солнечного обогрева через окна южной ориентации и косвенного обогрева, при котором тепловой баланс дома сохраняется за счет размещения на южной стороне оранжереи, теплицы или зимнего сада. Также в этом регионе используют подвижную тепловую изоляцию (рольставни, шторы, жалюзи), которая закрывает в ночное время светопрозрачные поверхности, значительно снижая теплопотери здания. На южной стороне дома размещают спальни, кухни, столовые, а на северной – кабинет, гостиную и подсобные помещения. При анализе пассивных зданий США было выявлено, что планировка с расположением северных комнат на несколько более высоком уровне, чем южных может быть выгодна, так как охлажденный воздух стелется по полу за счет сил гравитации, сможет легко перетечь по полу вниз до уровня южных комнат.

В Канаде, в домах «ConceptConstruction» и «PaskaHouse» предусмотрены следующие конструктивные меры по сокращению теплопотерь:

- повышенная изоляция наружных стен и перекрытий;
- обеспечение паро- и воздухопроницаемости ограждений;
- пассивное использование солнечной энергии.

Таким образом, как было установлено, многочисленные объемно-планировочные решения энергосберегающих зданий неразрывно связаны с конструктивным решением их наружных ограждений.

Исследованию энергоэффективных ограждений посвящен следующий раздел диссертации.

1.3. Эффективные теплоизоляционные материалы и системы тепловой защиты наружных ограждающих конструкций

Важной задачей теплоизоляционных мероприятий является утепление ограждающих конструкций. Для решения этих вопросов в качестве

теплоизоляционного материала используется минеральную вату, которая имеет хорошие показатели теплопроводности. Рассмотрим некоторые виды минеральных ват.

Стекловата — волокнистый минеральный теплоизоляционный материал, разновидность минеральной ваты. Для получения стеклянного волокна используют то же сырьё, что и для производства обычного стекла или отходы стекольной промышленности. Толщина волокон от 5 до 15 мкм, а длина от 15 до 50 мм. Такие размеры волокон придают стекловате механическую прочность, упругость и низкую теплопроводность. Слой ваты толщиной 5 см по величине термического сопротивления соответствует кирпичной кладке толщиной 1 метр. Диапазон температур, при которых стекловата сохраняет свои свойства от -60 до +450 °С. Плотность не превышает 130 кг / м³.

Исходным материалом для производства **каменной ваты** являются горные породы в основном вулканического происхождения. Эти породы в специальной плавильной печи расплавляются при температуре 1400 – 1500 °С. Затем расплав поступает в центрифуги, где вращающиеся волки разрывают расплавленную массу на тонкие волокна. Здесь же полученные волокна обрабатываются связующими компонентами, затем мощный поток воздуха выбрасывает образовавшиеся волокна в специальную камеру, где волокна осаждаются, образуя подобие ковра требуемых размеров. Толщина волокон каменной ваты от 3 до 5 мкм, длина до 16 мм. Плотность от 30 до 220 кг/м³.

Исходным материалом для производства **шлаковой ваты** являются шлаковые отходы доменной металлургии. Технология изготовления очень схожа с методом производства каменной ваты. Толщина волокон шлаковаты от 4 до 12 мкм, длина до 16 мм. Плотность от 75 до 400 кг/м³.

Сравнительная характеристика различных видов минеральных ват приведена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

**Характеристики теплоизоляционных материалов
на основе минеральных ват**

Характеристика	Шлаковата	Стекловата	Каменная вата
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м ² *К)	0,46 – 0,48	0,038 – 0,046	0,035 – 0,042
Температурный диапазон использования, °С	- 60 ... 250	-60 ... 450	-180 ... 600
Класс огнестойкости (НГ/Г)	негорючие	негорючие	негорючие
Коэффициент звукопоглощения	0,75 ... 0,82	0,8 ... 0,92	0,75 ... 0,95
Влагопоглощение, (% от массы за 24 ч)	< 1,9	< 1,7	< 0,095
Теплоемкость, Дж/кг*К	1000	1050	1050
Количество связующих компонентов, % от массы	2,5 ... 10	2,5 ... 10	2,5 ... 10

Утепление наружных ограждений позволяет сократить расходы энергии на климатизацию зданий на 12 %, при этом совершенствование инженерных систем и использование нетрадиционных источников тепла может позволить уменьшить эти расходы практически вдвое.

Минеральные ваты широко используются в системах тепловой защиты наружных стен, которые бывают: однослойные, двухслойные и трехслойные.

Однослойные стены не проходят требования по теплозащите, так рассмотрим остальные типы систем тепловой защиты стен.

Двухслойные стены содержат несущий и теплоизоляционные слои, которые могут быть расположена как снаружи, так и изнутри. Внутренняя теплоизоляция должна обеспечивать защиту от увлажнения и накопления влаги в толще утеплителя, что требует специального теплотехнического расчета и тщательного изготовления. Системы с наружной теплоизоляцией имеют ряд существенных преимуществ (высокая теплотехническая однородность, ремонтпригодность, разнообразие архитектурных решений

фасада, предпочтительность при реконструкции стен) и начали широко применяться в строительной практике. В настоящее время применяют, в основном, два варианта таких систем: вариант 1 – системы с наружным штукатурным слоем; вариант 2 – системы с воздушным зазором.

В варианте 1 применяются теплоизоляционные материалы, отвечающие специальным требованиям; толщина утеплителя из минераловатных плит – до 150 мм, из пенополистирольных плит – до 250 мм; они закрепляются на стене дюбелями со стальными распорными элементами и гильзами из полиамида (рис. 1.7). Утеплитель от внешних атмосферных воздействий защищают базовым клеевым слоем, армированным стеклосеткой, и декоративным слоем (штукатурка, окраска). Необходимо применять безопасные, долговечные и совместимые компоненты, исключающих частичное или полное растрескивание, или обрушение теплоизоляционных слоев фасадов зданий. В связи с этим компоненты и применяемые материалы и изделия должны обязательно пройти техническую оценку пригодности.



Рис 1.7. Системы с наружным штукатурным слоем

Вариант 2 отличается от варианта 1 отсутствием ограничений на толщину применяемого утеплителя – минераловатных плит, также закрепляемых на стене дюбелями (рис.1.8). Теплоизоляционный слой защищают фасадными плитами из различных материалов, устанавливаемыми

на крепящихся к стене легких конструкциях из металлических профилей (стальных, из алюминиевых сплавов и их комбинации). Дополнительно утеплитель защищают паропроницаемой пленкой, устанавливаемой в заводских или построечных условиях. Кроме того, между фасадными плитами и утеплителем предусмотрен воздушный зазор толщиной 60 мм.

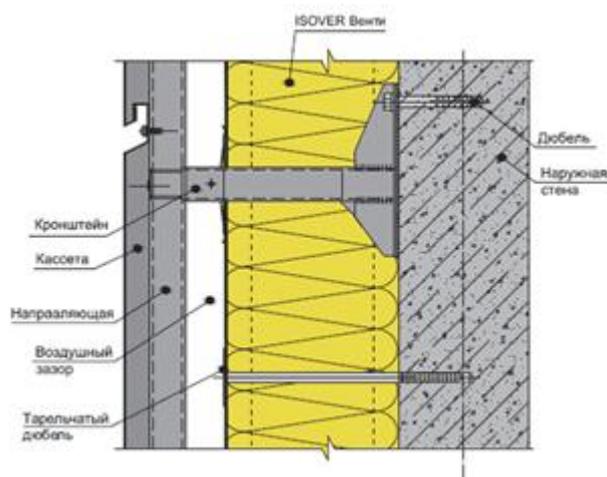


Рис 1.8. Система с воздушным зазором

Безопасность и долговечность этого варианта зависит от многих факторов, в том числе от обеспечения требований антикоррозионной защиты крепежных элементов и их соединений.

В настоящее время системы с наружной теплоизоляцией реализуются на большинстве строящихся зданий с монолитным железобетонным каркасом и при реконструкции панельных и кирпичных зданий.

Трехслойные стены

Трехслойные стены, возводимые на строительной площадке с применением различных видов мелкоштучных изделий и расположенного между наружным и внутренним слоями утеплителя, применялись и раньше в строительстве в виде колодцевой кладки. Невысокая теплотехническая однородность (менее 0,5), вызванная рассекающими утеплитель кирпичными перемычками, а также проблемы контроля исполнения кладки сильно ограничивают ее применение при новых требованиях к энергосбережению.

Кладка с применением мелкоштучных изделий должна обеспечивать большую теплотехническую однородность стен – до 0,64-0,74. Для гибких

связей в таких стенах используется стальная арматура с соответствующими антикоррозионными свойствами стали или защитных покрытий. Применение таких конструкций ограничено толщиной стен в 2,5-3 кирпича. Довольно давно в индустриальном домостроении применяются бетонные трехслойные стены, но они обладают более низким приведенным сопротивлением теплопередаче, чем это необходимо по современным требованиям. Для повышения теплотехнической однородности жесткие связи между наружным и внутренним слоями были заменены гибкими стальными связями в виде отдельных стержней или их комбинаций. Для той же цели применяются плитно-заливочные или заливочные утеплители.



Рис 1.9. Конструкция трехслойной кирпичной стены с эффективным утеплителем



Таблица 2. Характеристики различных вариантов трехслойных кирпичных стен с эффективным утеплителем (плиты IL (Paroc)^{*}, OL-E (Isover)^{**}) и вентилируемой прослойкой^{***}

Толщина насыщающего и лицевого слоев, мм	Толщина утеплителя, мм	Общая толщина стены, мм	Приведенное сопротивление теплопередаче, м ² ·°C/Вт
380+120	60	630	2,13*
380+120	100	670	3,05*
380+120	120	690	3,17**
250+120	70	510	2,19*
250+120	110	550	3,10*
250+120	120	560	3,00**

* – без учета ветрозащиты, вентпрослойки и облицовки

Рис 1.10. Трехслойная кирпичная стена с вентилируемой прослойкой.

Многочисленные расчеты по определению приведенного сопротивления теплопередаче, выполненные в НИИСФ, ЦНИИЭП жилища и других организациях с учетом трехмерных температурных полей, показали, что коэффициент теплотехнической однородности таких конструкций составляет 0,67-0,8, что уже вполне приемлемо для решения поставленной задачи.

Трехслойные стены толщиной 350-450 мм с утеплителем толщиной 200-300 мм из пенополистирола и минеральной ваты на гибких связях могут применяться в регионах, где показатель ГСОП достигает 6000-7000.

Помимо стен, повышенными теплозащитными свойствами должно обладать и покрытие здания. Тепловая изоляция покрытий также влияет на обеспечение благоприятного микроклимата помещений за счет повышения температуры потолка и, как следствие, уменьшения перепада температур внутреннего воздуха и поверхности потолка. Увеличение термического сопротивления покрытия способствует снижению теплопотерь и в результате сокращению расходов на отопление.

Утепление скатных крыш осложнено тем, что в кровельных конструкциях чаще всего используются горючие или не огнестойкие

материалы (такие, как дерево, сталь или алюминий). Следовательно, для того, чтобы минимизировать последствия пожара, необходимо применять негорючую теплоизоляцию.

Также очень важно, чтобы утеплитель свободно пропускал водяные пары, но не был гигроскопичным, так как при увеличении влажности материала всего на 5% его теплоизоляционная способность уменьшается почти в два раза.

Учитывая приведенные требования, для утепления скатных кровель хорошо подходят легкие плиты из каменной ваты, которые устанавливают между стропилами (рис. 1.11).

При выборе утеплителя следует учитывать, что на долговечность и стабильность теплофизических и физико-механических свойств теплоизоляционных материалов, входящих в конструкцию ограждения, оказывают существенное влияние многие эксплуатационные факторы. Это, в первую очередь, знакопеременный (зима-лето) температурно-влажностный режим «работы» конструкции и возможность капиллярного и диффузионного увлажнения теплоизоляционного материала, а также воздействие ветровых, снеговых нагрузок, механические нагрузки от хождения людей, перемещения транспорта и механизмов по поверхности кровли производственных зданий.

Плотность материала, применяемого для утепления крыш, должна быть не более 250 кг/м^3 , иначе существенно возрастают нагрузки на конструкции.

Нижний слой конструкции кровли выполняет гидроизолирующие функции. Он не дает водяному пару проходить наружу и провоцирует конденсацию влаги. Она происходит при соприкосновении насыщенного влагой воздуха с охлажденной поверхностью. В этот момент увлажненный воздух не может удерживать влагу, и она оседает на поверхности и формирует росу. Далее роса стекает или образует капли, из-за чего намокают материалы во внутренних слоях конструкции.

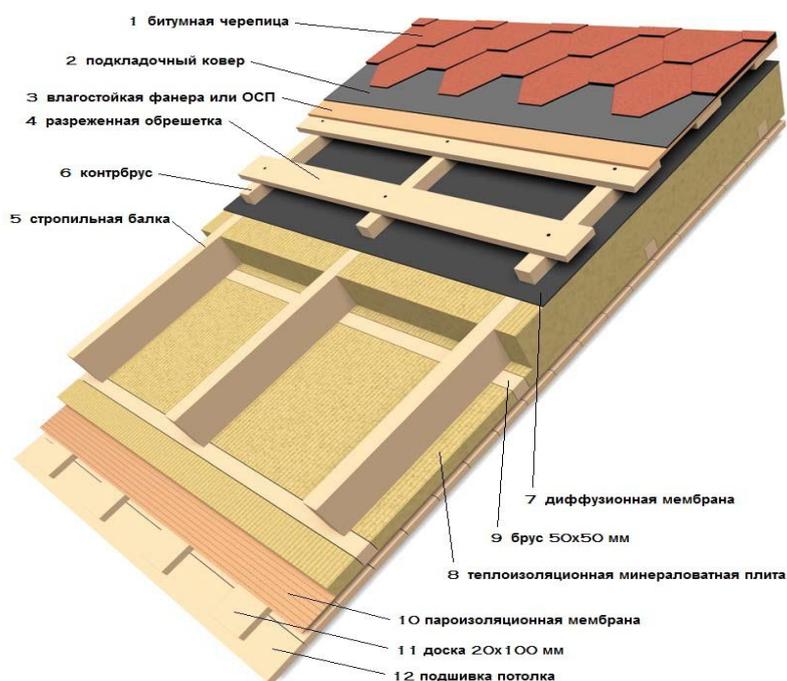


Рис.1.11. Устройство утепления скатной крыши

Чтобы защитить теплоизоляцию и другие слои конструкции кровли, применяют антиконденсатную диффузионную пленку. В верхнем слое этого материала — гидроизоляционное покрытие. Нижний слой сорбирует влагу.

При воздействии влаги на утеплитель его теплоизоляционные свойства снижаются. Чтобы избежать этого, при обустройстве теплоизоляции выполняют следующее:

- обустройство пароизоляции. Пленки или мембраны крепят на теплоизоляционные плиты, чтобы защитить их от увлажнения паром со стороны помещений;
- создание прослоек воздуха между гидроизоляционным материалом и утеплителем. За счет этих прослоек влага, которая попадает в теплоизоляционный слой, позже испаряется из него.

Для максимально эффективной защиты утеплителя от увлажнения устраивают двухуровневую вентиляцию внутри конструкции. Первый уровень располагают под покрытием кровли, над гидроизолирующим слоем. Второй уровень — это прослойка воздуха под гидроизоляцией и над утеплителем. Чтобы влага эффективно отводилась, воздух в этих уровнях должен циркулировать. Чтобы добиться этого, при обустройстве

вентиляционной системы оставляют выходные и входные отверстия. Такая система позволяет комплексно отводить влагу.

Дополнительно рекомендуется обустройство слоя ветрозащиты. Для этого используются ветрозащитные паропроницаемые пленки. Они повышают эффективность теплоизоляции за счет того, что восходящие потоки воздуха не выдувают тепло из утеплителя. Ветрозащиту укладывают на утеплитель со стороны воздушной прослойки.

Одной из эффективных систем для утепления стропильных крыш является система теплоизоляции Paroc .

ParocеXtra — плиты из минеральной ваты. Их укладывают в основном слое теплоизоляции. Дополнительно используются как противопожарная защита и шумоизоляция. Материал универсален, может устанавливаться в каркасные конструкции, выполненные из металла, дерева (рис. 1.12).

Paroc WAS 25(t) используется для формирования ветрозащитного слоя.

Материал препятствует выдуванию тепла из основного слоя утеплителя, повышает эффективность утепления. Ветро- и пароизоляцию устанавливают вплотную к теплоизоляции. При установке пароизоляции в основном слое утеплителя она становится границей слоев. В этом случае теплоизоляционные характеристики в наружном слое должны быть в 3 раза выше аналогичных характеристик основного слоя.

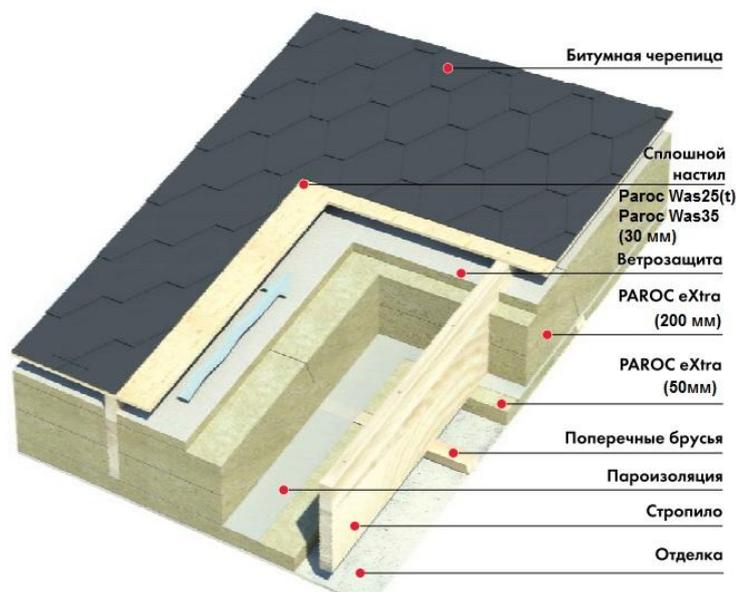


Рис. 1.12. Система теплоизоляции стропильных крыш Paroc

Проанализировав вышеуказанные теплоизоляционные материалы и системы теплоизоляций, установлено, что наиболее целесообразными для Республики Узбекистан являются системы тепловой изоляции с использованием в качестве утеплителя минеральной ваты. В дальнейших исследованиях для стен принята система фасадной изоляции с тонким штукатурным слоем, а для покрытий – система, аналогичная кровельной системе Paroc.

1.4.Эффективные системы климатизации индивидуальных жилых зданий.

Как показывает опыт эксплуатации зданий, значительная доля эффекта энергосбережения может быть получена при модернизации существующих и внедрении новых инженерных систем, энергоисточников, оборудования и контрольно-измерительных приборов по энергоснабжению при эксплуатации зданий [...].

Принципиальными являются следующие составляющие: повышение КПД котельного оборудования; устранение теплопотерь в магистральных и внутриквартальных тепловых сетях; модернизация систем отопления и горячего водоснабжения зданий, поквартирный учет и регулирование потребления энергоресурсов.

Для повышения КПД котельного оборудования рекомендуется использовать, например, локальные котельные контейнерного типа, при размещении которых на крыше здания исключается необходимость в протяженных тепловых сетях.

Модернизация систем отопления может быть осуществлена за счет перехода на индивидуальные автоматизированные тепловые пункты со свободным количественным и качественным регулированием теплоносителя для подачи. Установление режимов отопления для дневного, ночного

времени, зимнего и весеннее - осеннего периодов, дежурного отопления. Так до 20% от общего возможного эффекта по экономии тепловой энергии можно получить при установке поквартирных приборов учета расходования горячей воды (8-10%) и приборов учета и регулирования систем отопления (10-12%), способствующих исключению перегрева помещений при межсезонном и временном повышении температуры наружного воздуха и по комнатному регулированию температуры в отопительный период.

Еще одним направлением в совершенствовании систем отопления для энергоэффективных гражданских зданий является одновременное внедрение систем приточно-вытяжной вентиляции и воздушного отопления [.....]. Однако, при этом следует снизить общий уровень теплопотерь здания до величины, обеспечивающей совпадение кратности нормативного воздухообмена и необходимой кратности подачи воздуха в системе воздушного отопления. При нормативном уровне воздухообмена применение системы воздушного отопления могут компенсировать теплопотери мощностью около 14 Вт/м^2 .

Представляет особый интерес и решение проблемы выравнивания теплопотерь помещений в различных частях зданий (торцевые помещения и средние; на первых этажах, на средних и верхних). Это можно достичь, например, разным уровнем теплозащиты ограждающих конструкций.

Одним из перспективных путей снижения потребления топливно-энергетических ресурсов является применение новых энергосберегающих технологий и оборудования, использующих нетрадиционные источники энергии.

Одним из таких видов оборудования является рекуператор – теплообменник, который сохраняет тепло из вытяжки и передает его притоку. Таким образом, обеспечивается экономия электроэнергии.

Наиболее популярные типы рекуператоров - роторные и пластинчатые. Причем роторные гораздо эффективнее.

Существуют приточно-вытяжные установки с рекуператорами, а также вентиляционные клапаны со встроенными теплообменниками. Еще более энергоэффективны - вентустановки с воздушными тепловыми насосами, способные не только обеспечивать воздухообмен, но и охлаждать или частично нагревать воздух в помещении.

Применение тепловых насосов в системах вентиляции позволяет обеспечить кондиционирование дома с минимальными энергозатратами. Но и среди традиционных кондиционеров есть устройства, позволяющие экономить энергию - это инверторные сплит-системы. У них имеется компрессор, изменяющий частоту вращения двигателя, а, следовательно, и мощность охлаждения. Благодаря такой технологии кондиционеры не только точнее поддерживают заданную температуру воздуха, но и сокращают потребление электричества в среднем на 30% по сравнению с другими моделями.

Отопление дома тепловым насосом

Тепловой насос – устройство, предназначенное для забора природной тепловой энергии и передачи ее в системы отопления, водоснабжения, вентиляции дома. Принцип действия аналогичен сплит-системе или холодильнику и заключается в переносе хладагента по трубопроводу.

Основные виды тепловых насосов:

- геотермальные (источник тепла или холода – грунт, скалистая порода, вода, не замерзающие на определенной глубине зимой и не нагревающиеся летом);
- воздушные (источник тепла или холода – воздух).

Тепловой насос состоит из теплообменника (испаритель), компрессора (повышает давление) и конденсатора. Связывает все эти части замкнутый трубопровод с циркулирующим хладагентом.

Воздушные тепловые насосы работают по тому же принципу, только источником тепла становится атмосферный воздух, нагнетаемый вентилятором. Температура хладагента – предельно низкая, поэтому воздух отдает ему свое тепло.

Преимуществами отопления домов тепловыми насосами являются:

- экономичность, высокий КПД,
- доступность (энергия является неисчерпаемой и не ограничивается географическими рамками, может применяться в тех местах, где невозможно провести газопровод или недостаточно выделенной мощности электроэнергии),
- безопасность - не наносят вреда здоровью, экологии, не грозят взрывоопасностью или пожароопасностью, не требуют оборудовать котельную.
- переключение с режима отопления на режим охлаждения,
- система отопления, организованная при помощи теплового насоса, проста в эксплуатации, не нуждается в обслуживании.

К недостаткам относятся:

- температура нагреваемой воды - не более +60, +65 градусов Цельсия,
- высокая стоимость оборудования.

К недостаткам геотермальных тепловых насосов относятся: сложность монтажных работ, требования к качеству грунта. Недостаток воздушных тепловых насосов: коэффициент преобразования тепла ниже, чем в геотермальных тепловых насосах.

Вентиляция и кондиционирование воздуха

В коттеджах обязательно устройство вытяжной вентиляции из санитарных узлов, ванных комнат, кухонь, помещений котельных. Как правило, достаточно устраивать естественную вентиляцию. Однако следует иметь в виду, что ее эффективность меняется в зависимости от температуры наружного воздуха, направления ветра, открывания окон. Более устойчива и экономична механическая вытяжная вентиляция с использованием малошумных канальных вентиляторов, включение которых сблокировано с открыванием двери или включением освещения.

Приточная вентиляция осуществляется в основном через окна.

Однако при наличии герметичных пластиковых окон механическая приточная вентиляция уже является фактором здоровья и комфортности

микроклимата. Зимой приточный воздух системы механической вентиляции необходимо подогревать; его температура не должна отличаться от температуры воздуха в помещении более чем на 3–4 °С.

Во вспомогательном помещении (цокольный этаж, подвал, мансардный или чердачный этаж) устраивается центральная приточная камера. Приточная камера включает в себя вентилятор, калорифер и фильтр. Калорифер снабжается теплом от отопительного котла или выполняется из электрических нагревательных элементов.

Раздача воздуха по помещениям осуществляется через сеть воздуховодов и воздухораспределительных решеток. В летний период приточный воздух может охлаждаться с помощью малогабаритной холодильной машины. В целях экономии энергии для нагрева и охлаждения наружного воздуха может использоваться реверсивный тепловой насос.

В Европе и США в последние годы в коттеджах нашли широкое применение рекуперативные приточно-вытяжные установки производительностью от 300 до 1500 м³/ч. Приточный воздух зимой нагревается за счет теплоты вытяжного воздуха в пластинчатом теплообменнике. Теплообменник сагрегатирован с двумя вентиляторами (приточным и вытяжным) и с калорифером, который необходим для догрева приточного воздуха. За счет рекуперации теплоты удастся сэкономить 50–70 % теплоты, необходимой для нагрева приточного воздуха.

Рекуператоры производят в форме плоских коробок с малой строительной высотой (350–400 мм), что делает удобным их монтаж под потолком помещений.

В США и Канаде широкое распространение получила система климатизации, основанная на совмещении воздушного отопления с вентиляцией или кондиционированием воздуха. В данном случае газовый котел греет не воду, а воздух, который и является теплоносителем, разводимым воздуховодами по всем помещениям. Газовоздушный котел комплектуется с фильтром, увлажнителем воздуха и воздухоохладителем.

Безусловным преимуществом этой схемы является ее универсальность в круглогодичном кондиционировании микроклимата. Сложность в проектировании подобных систем состоит в расчете соответствия воздухопроизводительности для отдельных помещений в теплый и холодный период года. Подверженные инсоляции помещения со светопрозрачными ограждениями требуют значительно большей охлаждающей нагрузки летом, чем остальные помещения, в то время как зимой потребность помещений в теплоте, а, следовательно, и в количестве теплого воздуха, распределяется относительно равномерно. Летний режим работы воздушных систем приходится сочетать с мероприятиями по эффективной солнцезащите.

Тенденция, характерная для конца 1990-х и начала 2000-х, а именно сделать индивидуальный дом максимально герметичным и использовать механическую приточно-вытяжную вентиляцию, в настоящее время в странах Европы смещается либо к полностью естественной вентиляции, либо к вентиляции гибридной (естественно-механической). Как выяснилось, механическая вентиляция значительно ухудшает аэроионный состав воздуха. В приточном воздухе, пока он проходит через вентилятор и по воздуховодам, нейтрализуются легкие отрицательно заряженные ионы, которые присутствуют в живом воздухе снаружи.

Огромная часть общей производимой энергии направлена на обогрев воздуха. В большей степени это востребовано зимой, но значимость солнечной энергии в современном мире сильно недооценивается.

Солнце – колоссальный источник энергии: оно дает нам не только свет – человечество давно научилось аккумулировать ресурсы посредством солнечных батарей. В весенние и осенние периоды, когда на улице стоит ясная погода, но температура воздуха еще (или уже) недостаточно теплая, а централизованное отопление еще (или уже) не включили, отличным выходом станет использование солнечной энергии. Если в доме установлено автономное отопление, рациональное применение природного ресурса позволит также сохранить материальные средства. Применение гелиосистем

в зимнее время не дает стенам чрезмерно охлаждаться в период отсутствия хозяев и неработающего отопления. Это предотвращает образование влаги и плесени, что станет залогом долговечности конструкции и здоровья ее обитателей.

При рациональном подходе следует максимально исключить теплопотери здания.

По этой же причине возведение жилых домов должно производиться с учетом качественной теплоизоляции. Однако основной проблемой является несовпадение фазы, когда солнечная энергия максимально активна, с тем, когда это наиболее необходимо. Ведь летом жарко и без применения гелиосистем, а зимой, как правило, солнечной энергии недостаточно. По этой причине, при проектировании системы отопления и горячего водоснабжения в квартирах и домах, солнечная энергия рассматривается лишь в качестве вспомогательного ресурса.

1.5. Цели и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка рекомендаций по совершенствованию объемно-планировочных решений индивидуальных жилых зданий для различных климатических условий Республики Узбекистан с целью повышения уровня их энергоэффективности.

Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи**:

- исследовать пути совершенствования планировочных решений жилых зданий, способствующих улучшению микроклимата помещений в условиях сухого жаркого климата;
- разработать планировочные структуры индивидуальных жилых домов для трех наиболее отличающихся по климатическим характеристикам регионов Республики Узбекистан, обеспечивающие наиболее комфортные условия внутренней среды естественными средствами;
- запроектировать ограждающие конструкции зданий в соответствии с современными требованиями по теплозащите для энергоэффективных объектов;

- разработать рекомендации по проектированию энергоэффективных индивидуальных жилых домов в климатических условиях Республики Узбекистан.

Была сформулирована и **рабочая гипотеза**: Создание проектного решения энергоэффективного жилого дома для климатических условий Республики Узбекистан, возможно за счет использования национально-исторических традиций региона, интернационального опыта проектирования энергосберегающих зданий, совершенствования тепловой защиты наружных ограждающих конструкций и систем климатизации.

1.6. Выводы по главе

1. Совершенствование объемно-планировочного решения индивидуального жилого дома, с целью повышения его энергоэффективности, должно основываться на историческом опыте национальной узбекской архитектуры и мировом опыте проектирования энергоэффективных объектов.

2. В планировочной структуре жилого дома целесообразно использовать: фонари-надстройки для обеспечения дополнительного вертикального проветривания помещений; летние помещения различного типа (террасы, веранды, лоджии), предназначенные не только для отдыха в летнее время, но и для разделения помещений с источниками тепла от жилых комнат; на первом уровне следует предусматривать хаусы для охлаждения и увлажнения воздуха в жаркое время года; внутренние дворы, окруженные жилыми помещениями.

3. Установлено, что наиболее эффективным способом повышения термического сопротивления наружных стен является система утепления с расположением эффективных теплоизоляционных материалов с наружной стороны ограждения, а для снижения тепловых потерь через покрытие рационально применение мансардного этажа. Однако в условиях летней

эксплуатации целесообразно использование хорошо вентилируемых покрытий.

4. Наиболее целесообразными для Республики Узбекистан являются системы тепловой изоляции с использованием в качестве утеплителя минеральной ваты.

5. Солнцезащитные устройства должны защищать окна от чрезмерной инсоляции, но не должны препятствовать аэрации помещений.

6. В качестве дополнительного источника тепла в зимнее время целесообразно использовать солнечную энергию.

7. Проект энергоэффективного здания не может быть представлен простым суммированием ряда энергосберегающих решений, он должен быть результатом выбора научными методами технических решений, наилучшим образом отвечающих поставленной цели обеспечения энергосбережения при одновременном повышении качества микроклимата.

2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИСЛЕДОВАНИЙ

2.1. Объект исследований. Характеристика материалов

Проектные решения энергоэффективного жилого дома разрабатывались применительно к климатическим условиям городов Ташкент, Самарканд и Бухара. Климатические характеристики районов строительства представлены в виде климатических паспортов городов.

2.1.1. Климатический паспорт г. Ташкента

Таблица 2.1.1.

Климатические характеристики г.Ташкента

№№	Наименование температуры	Значение
1.	Среднегодовая температура наружного воздуха	13,6 °С
2.	Абсолютно минимальная температура наружного воздуха	-29,5 °С

3.	Абсолютно максимальная температура	44,5 °С
4.	Средняя максимальная наиболее жаркого месяца	35,4 °С
5.	Средняя минимальная наиболее холодного месяца	-4,2 °С

6. Средняя температура наружного воздуха по месяцам, °С

Таблица 2.1.2

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
-0,4	2	7,9	14,7	20,2	24,9	27,1	25,1	19,6	12,8	6,7	2



7. Средняя суточная амплитуда температуры по месяцам, °С

Таблица 2.1.3

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
9,6	9,7	10,6	12,3	13,9	15,7	16,8	17,5	16,9	14,7	11,3	8,9



8.	Максимальная суточная амплитуда температуры, в январе	19,9°С
9.	Максимальная суточная амплитуда температуры в июле	23,7°С
10.	Средняя минимальная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	55 %
11.	Средняя минимальная относительная влажность воздуха наиболее жаркого месяца, %	21 %

12. Парциальное давление водяного пара по месяцам, гПа

Таблица 2.1.4

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4,6	5,1	6,8	9,8	12,2	12,7	13,8	13,1	9,8	8,1	6,5	5,3



13.	Барометрическое давление наружного воздуха, гПа	950
14.	Географическая широта	41°
15.	Температура наиболее холодной пятидневки годовой обеспеченностью	-4
16.	Период со среднесуточной температурой воздуха $t \leq 8$ °С: продолжительность	129 дней
	средняя температура	2,7 °С
16.	Период со среднесуточной температурой воздуха $t \leq 12$ °С: продолжительность	166 дня
	средняя температура	4 °С
17.	Число дней с максимальной температурой 34 °С и выше	49

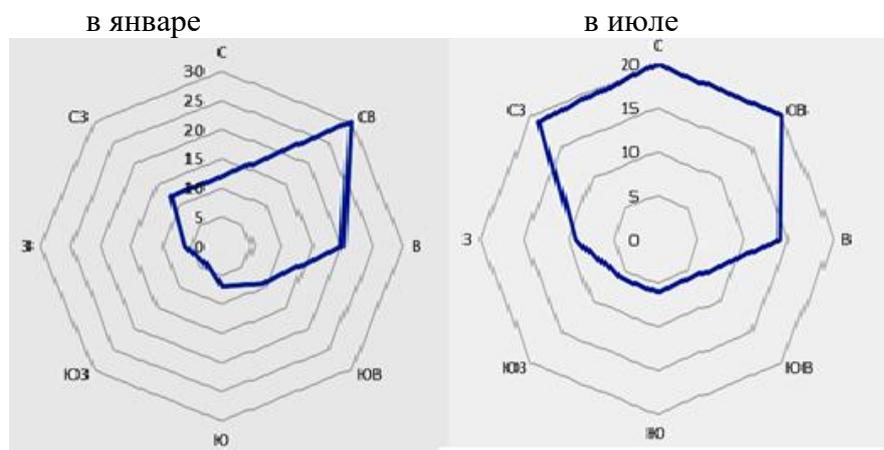
18.	Продолжительность периода со среднесуточной температурой $t \leq 0$ °С, сут.	30
19.	Скорость ветра, м/с, средняя месячная в январе	1,6
20.	Скорость ветра максимальная из средних скоростей по румбам за январь, м/с	2,1
21.	Скорость ветра средняя месячная в июле, м/с	1,6
22.	Скорость ветра минимальная из средних скоростей по румбам за июль, м/с	1,4
23.	Скорость ветра, максимальная из среднемесячных значений за год, за IV месяц	1,9 III, IV
24.	Число дней с пыльной бурей и пыльным поземком за год	5

25. Повторяемость направления ветра в январе месяц, %.

Таблица 2.1.5

Ориентация	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
январь	12,0	30,0	20,0	9,0	7,0	4,0	6,0	12,0
июль	20,0	20,0	14,0	6,0	6,0	6,0	9,0	19,0

Роза ветров для г. Ташкент



26. Средняя скорость ветра по направлениям в январе и июле, м/с

Таблица 2.1.6

Ориентация	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
январь	1,7	2,1	1,7	1,4	1,5	1,4	1,6	1,8
июль	2,1	1,4	1,2	1,5	1,6	1,5	1,7	1,9

27. Солнечная радиация (прямая/рассеянная), поступающая в июле на горизонтальную поверхность при безоблачном небе, Вт/м²

Таблица 2.1.7

28. Солнечная радиация (прямая/рассеянная), поступающая в июле на вертикальную поверхность восточной и западной ориентации при безоблачном небе, Вт/м²

Таблица 2.1.8

Широта, град. северной широты		Часы суток для восточной ориентации (по солнечному времени)														
		4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-5	15-16	16-17	17-18	18-19
41	прямая	22	272	493	566	552	446	278	103	0	0	0	0	0	0	0
	рассеянная	3	70	151	178	164	134	109	99	88	82	81	80	73	59	28

29. Солнечная радиация (прямая/рассеянная), поступающая в июле на вертикальную поверхность южной ориентации при безоблачном небе, Вт/м²

Таблица 2.1.9

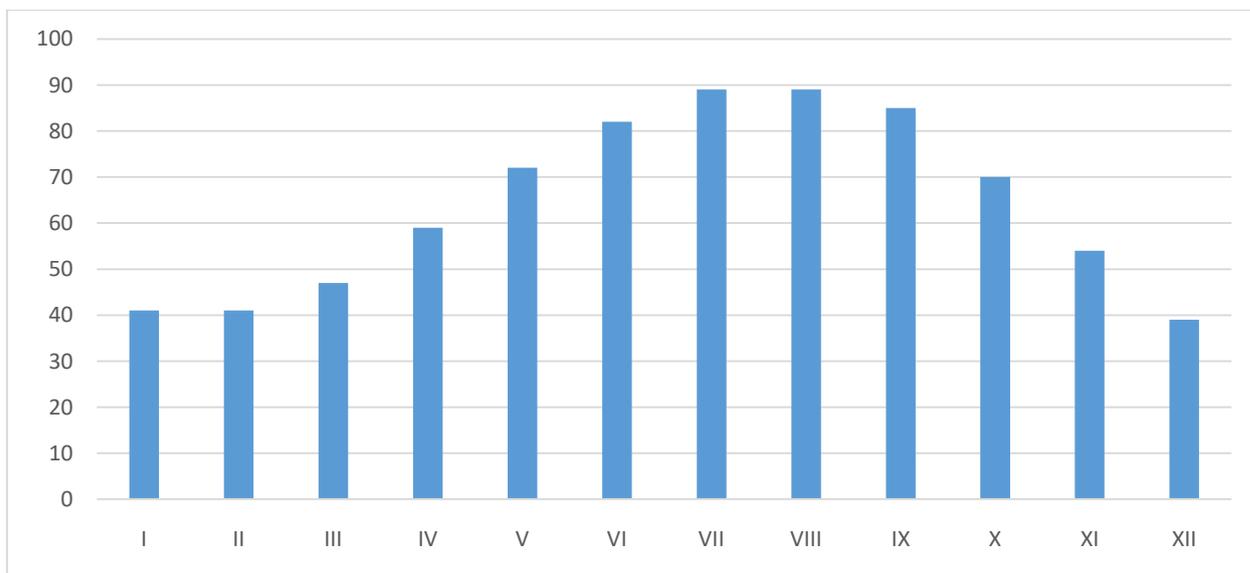
Широта, град. северной широты		Часы суток до полудня (по солнечному времени)						
		5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12
41	прямая	0	0	0	68	162	236	271
	рассеянная	28	72	96	106	107	110	111

30. Отношение наблюдающейся продолжительности солнечного сияния к возможной, %

Таблица 2.1.10

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
41	41	47	59	72	82	89	89	85	70	54	39

Широта, град. Северной широты		Часы суток до полудня (по солнечному времени)								Сумма за сутки
		4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	
41	прямая	2	62	171	344	509	632	739	782	3241
	рассеянная	3	45	84	105	119	126	134	140	756
		Часы суток после полудня (по солнечному времени)								
		19-20	18-19	17-18	16-17	15-16	14-15	13-14	12-13	



31.	Количество осадков за год, мм	412,7
32.	Максимальное суточное количество осадков, мм	50
33.	Число дней с осадками за год	100,8
34.	Число дней со снежным покровом за год	43
35.	Число часов с грозой за год	17

36. Температура и глубина промерзания грунта

Таблица 2.1.11

Средняя месячная температура								Максимальная глубина, см, промерзания грунта возможная один раз в	
В январе месяце				В июле месяце					
Поверхность почвы	На глубине			Поверхность почвы	На глубине				
	20 см	80 см	160 см		20	80	160		
2	3	4	5	6	7	8	9	10 лет	50 лет
1	-1,9	2,3	4,8	9,7	35,2	31,9	28,2	23	48

2.1.2 Климатический паспорт города Самарканд

Таблица 2.1.12

1.	Среднегодовая температура наружного воздуха	13,3 °С
2.	Абсолютно минимальная температура наружного воздуха	-25,4 °С
3.	Абсолютно максимальная температура	42,4 °С
4.	Средняя максимальная наиболее жаркого месяца	33,7 °С
5.	Средняя минимальная наиболее холодного месяца	-3,7 °С

6. Средняя температура наружного воздуха по месяцам °С

Таблица 2.13

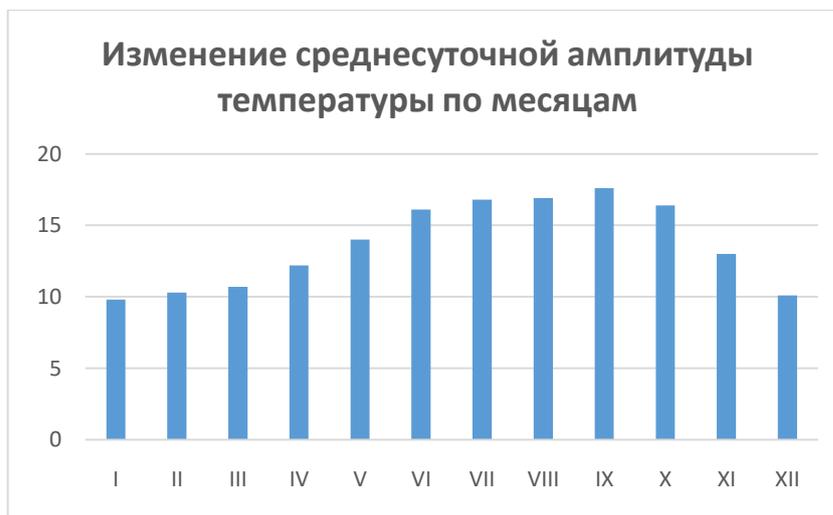
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,5	2,8	7,4	14,2	19,3	23,9	25,9	24,0	19,0	12,7	6,6	2,6



7. Средняя суточная амплитуда температуры по месяцам °С

Таблица 2.1.14

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
9,8	10,2	10,6	12,2	13,9	15,7	16,5	16,6	17,1	15,6	12,9	10,1



8.	Максимальная суточная амплитуда температуры, в январе месяц	23,4°C
9.	Максимальная суточная амплитуда температуры в июле месяц	25,2°C
10.	Средняя минимальная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	58%
11.	Средняя минимальная относительная влажность воздуха наиболее жаркого месяца, %	24%

12. Парциальное давление водяного пара по месяцам, гПа

Таблица 2.1.15

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4,8	5,4	7,2	10,0	11,5	12,0	13,3	12,1	9,5	7,9	6,3	5,3

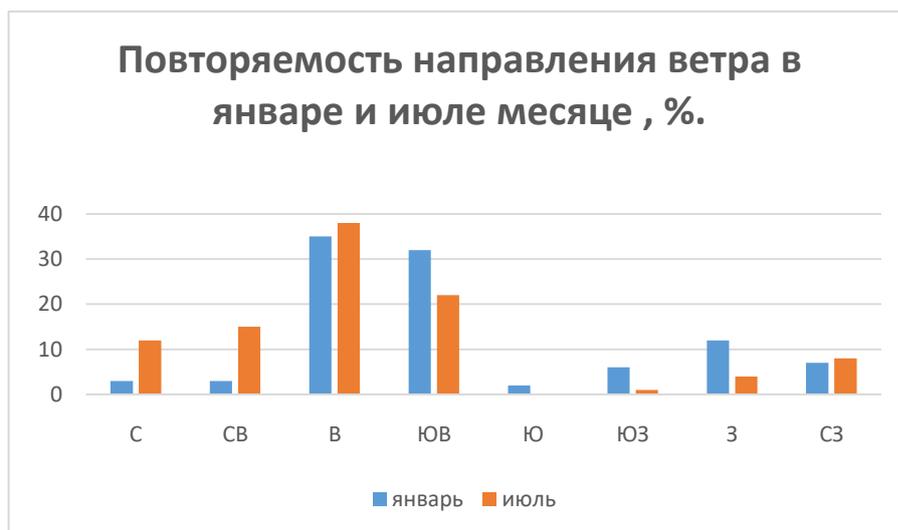


13.	Барометрическое давление наружного воздуха, гПа	930
14.	Географическая широта	40°
15.	Температура наиболее холодной пятидневки годовой обеспеченностью 0.98	-14
16.	Период со среднесуточной температурой воздуха $t \leq 8 \text{ }^\circ\text{C}$: продолжительность средняя температура	133 дней 3,3°С
	Период со среднесуточной температурой воздуха $t \leq 12 \text{ }^\circ\text{C}$: продолжительность средняя температура	172 дня 3,7 °С
17.	Число дней с максимальной температурой 34 °С и выше	49
18.	Продолжительность периода со среднесуточной температурой $t \leq 0 \text{ }^\circ\text{C}$, сут.	27
19.	Скорость ветра, м/с, средняя месячная в январе	1,9
20.	Скорость ветра максимальная из средних скоростей по румбам за январь, м/с	2,5
21.	Скорость ветра средняя месячная в июле, м/с	2,0
22.	Скорость ветра минимальная из средних скоростей по румбам за июль, м/с	0
23.	Скорость ветра, максимальная из среднемесячных значений за год, за IV месяц	2,4 III, IV
24.	Число дней с пыльной бурей и пыльным поземком за год	5

25. Повторяемость направления ветра в январе месяц, %.

Таблица 2.1.16

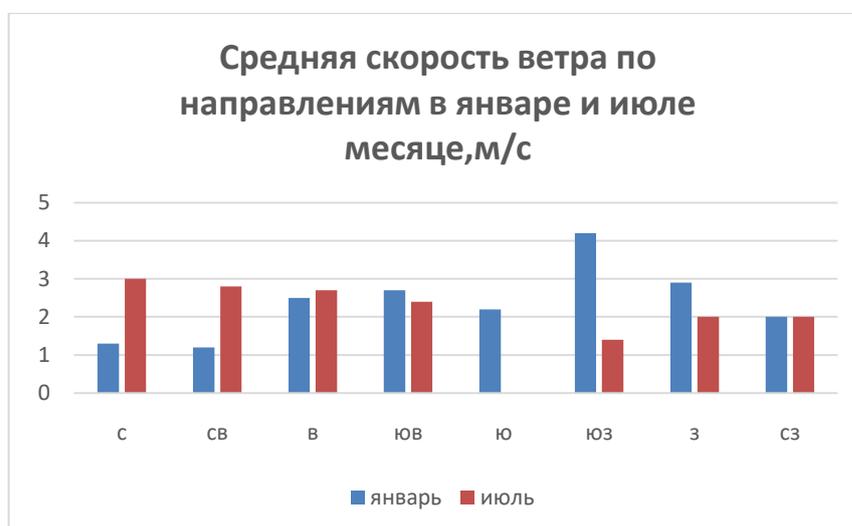
Ориентация	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
январь	3,0	3,0	35,0	32,0	2,0	6,0	12,0	7,0
июль	12,0	15,0	38,0	22,0	0,0	1,0	4,0	8,0



26. Средняя скорость ветра по направлениям в январе и июле, м/с

Таблица 2.1.17

Ориентация	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
январь	1,3	1,2	2,5	2,7	2,2	4,2	2,9	2,0
июль	3,0	2,8	2,7	2,4	-	1,4	2,0	2,0



27. Солнечная радиация (прямая/рассеянная), поступающая в июле на горизонтальную поверхность при безоблачном небе, Вт/м²

Таблица 2.1.17

Широта, град. Северной широты		Часы суток до полудня (по солнечному времени)								Сумма за сутки МДж/(к в.м сутки)
		4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	
40	прямая	1	56	168	338	509	635	743	788	23,31
	рассеянн ая	2	42	84	105	119	126	135	140	5,42

28. Солнечная радиация (прямая/рассеянная), поступающая в июле на вертикальную поверхность южной ориентации при безоблачном небе, Вт/м²

Широта, град. Северной широты		Часы суток для восточной ориентации (по солнечному времени)								
		4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13
40	прямая	-	-	-	-	60	150	222	257	-
	рассеянная	-	27	72	96	106	106	109	110	-

Таблица 2.1.18

29. Солнечная радиация (прямая/рассеянная), поступающая в июле на вертикальную поверхность восточной и западной ориентации при безоблачном небе, Вт/м²

Таблица 2.1.19

Широта, град. Северной широты		Часы суток до полудня (по солнечному времени)														
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
40	прямая	16	243	476	561	542	442	276	101	-	-	-	-	-	-	-
	рассеян ная	2	63	151	179	164	134	110	99	88	84	83	81	74	59	28

30. Отношение наблюдающейся продолжительности солнечного сияния к возможной, %

Таблица 2.1.20

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
44	45	46	58	72	85	90	90	86	72	59	45



31.	Количество осадков за год, мм	141,0
32.	Максимальное суточное количество осадков, мм	19,4
33.	Число дней с осадками за год	67,4
34.	Число дней со снежным покровом за год	23
35.	Число часов с грозой за год	8,7

36. Температура и глубина промерзания грунта

Таблица 2.1.21

Средняя месячная температура								Максимальная глубина, см, промерзания грунта возможная один раз в	
В январе месяце				В июле месяце					
Поверхность почвы	На глубине			Поверхность почвы	На глубине				
	20 см	80 см	160 см		20	80	160	10 лет	50 лет
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

-0,7	2,0	5,2	9,5	9,7	29,9	26,3	21,5	26	33
------	-----	-----	-----	-----	------	------	------	----	----

2.1.3. Климатический паспорт города Бухара

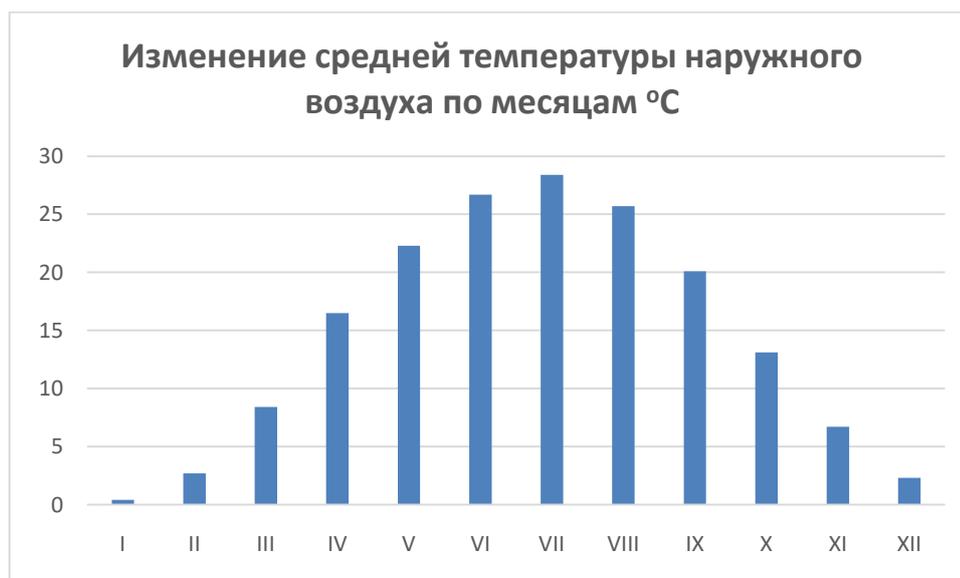
Таблица 2.1.22

1.	Среднегодовая температура наружного воздуха	14,4 °С
2.	Абсолютно минимальная температура наружного воздуха	-24,9 °С
3.	Абсолютно максимальная температура	46,0 °С
4.	Средняя максимальная наиболее жаркого месяца	36,7 °С
5.	Средняя минимальная наиболее холодного месяца	-4,2°С

6. Средняя температура наружного воздуха по месяцам °С

Таблица 2.1.23

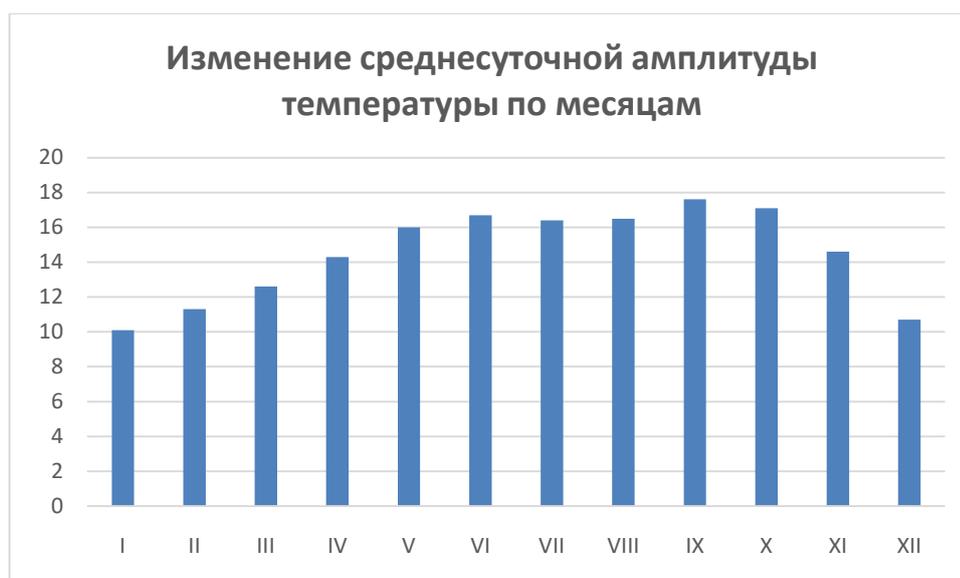
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,4	2,7	8,4	16,5	22,3	26,7	28,4	25,7	20,1	13,1	6,7	2,3



7. Средняя суточная амплитуда температуры по месяцам °С

Таблица 2.1.24

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
10,1	11,3	12,6	14,3	16,0	16,7	16,4	16,5	17,6	17,1	14,6	10,7



8.	Максимальная суточная амплитуда температуры, в январе месяц	21,8°С
9.	Максимальная суточная амплитуда температуры в июле месяц	26,8°С
10.	Средняя минимальная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	59%
11.	Средняя минимальная относительная влажность воздуха наиболее жаркого месяца, %	24%

12. Парциальное давление водяного пара по месяцам, гПа

Таблица 2.1.25

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
5,0	5,5	7,3	10,1	11,2	12,7	14,6	13,3	10,2	7,7	6,2	5,5



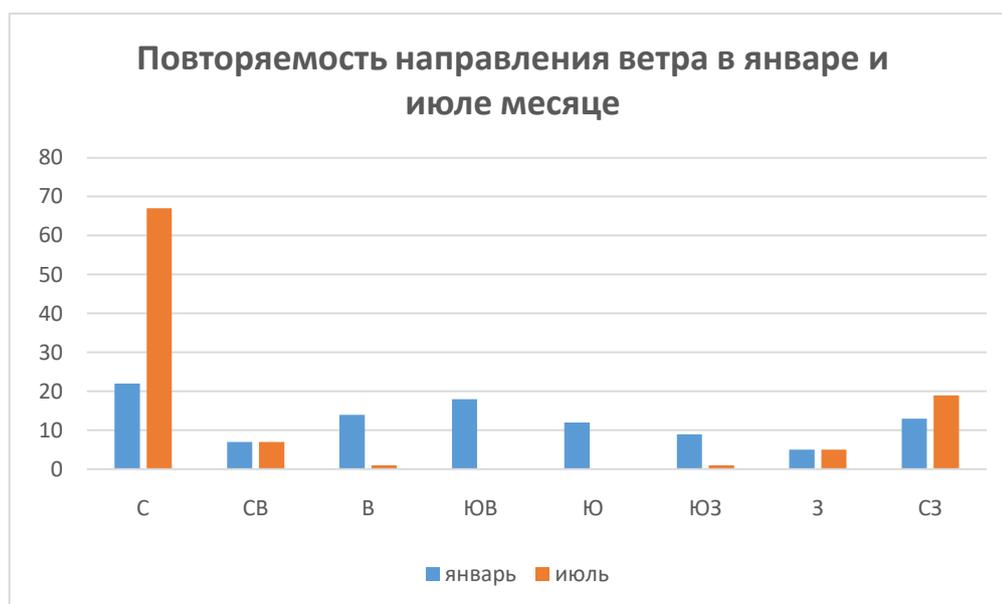
13.	Барометрическое давление наружного воздуха, гПа	990
14.	Географическая широта	40°
15.	Температура наиболее холодной пятидневки годовой обеспеченностью 0.98	-15
16.	Период со среднесуточной температурой воздуха $t \leq 8 \text{ }^\circ\text{C}$: продолжительность	126 дней
	средняя температура	3,1 °C
16.	Период со среднесуточной температурой воздуха $t \leq 12 \text{ }^\circ\text{C}$: продолжительность	162 дня
	средняя температура	4,1 °C
17.	Число дней с максимальной температурой 34 °C и выше	49

18.	Продолжительность периода со среднесуточной температурой $t \leq 0$ °С, сут.	13
19.	Скорость ветра, м/с, средняя месячная в январе	3,0
20.	Скорость ветра максимальная из средних скоростей по румбам за январь, м/с	4,5
21.	Скорость ветра средняя месячная в июле, м/с	4,1
22.	Скорость ветра минимальная из средних скоростей по румбам за июль, м/с	0
23.	Скорость ветра, максимальная из среднемесячных значений за год, за IV месяц	4,2 VIII
24.	Число дней с пыльной бурей и пыльным поземком за год	13

25. Повторяемость направления ветра в январе месяц, %.

Таблица 2.1.26

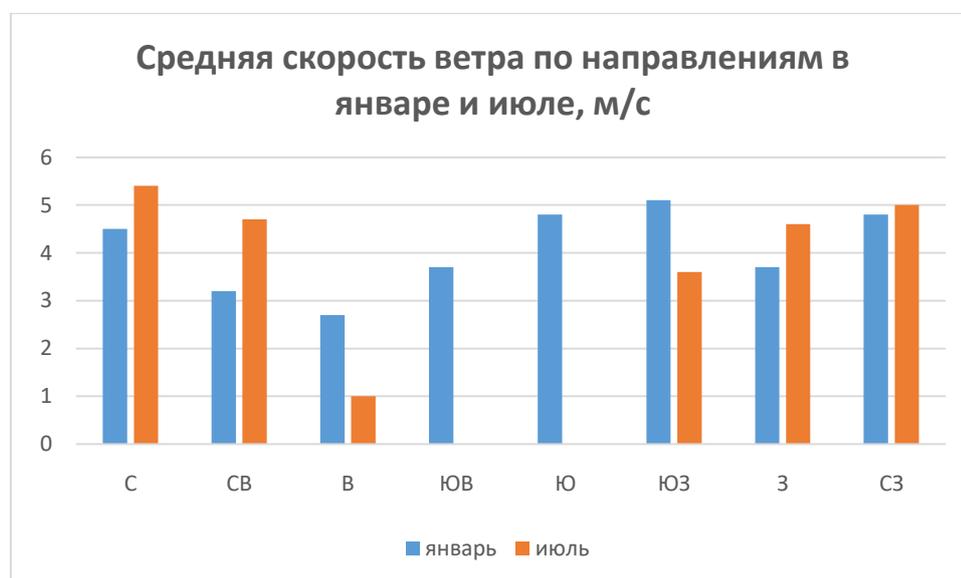
Ориентация	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
январь	22,0	7,0	14,0	18,0	12,0	9,0	5,0	13,0
июль	67,0	7,0	1,0	0,0	0,0	1,0	5,0	19,0



26. Средняя скорость ветра по направлениям в январе и июле, м/с

Таблица 2.1.27

Ориентация	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
январь	4,5	3,2	2,7	3,7	4,8	5,1	3,7	4,8
июль	5,4	4,7	1,0	-	-	3,6	4,6	5



27. Солнечная радиация (прямая/рассеянная), поступающая в июле на

Широта, град.	Часы суток до полудня (по солнечному времени)	Сумма за
---------------	-----------------------------------------------	----------

горизонтальную поверхность при безоблачном небе, Вт/м²

Таблица 2.1.28

Северной широты		4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12	сутки
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
40	прямая	1	56	168	338	509	635	743	788	23,31
	рассеянная	2	42	84	105	119	126	135	140	5,42

28. Солнечная радиация (прямая/рассеянная), поступающая в июле на вертикальную поверхность южной ориентации при безоблачном небе, Вт/м²

Таблица 2.1.29

Широта, град. Северной широты		Часы суток для восточной ориентации (по солнечному времени)							
		4 - 5	5 - 6	6 - 7	7 - 8	8 - 9	9 - 10	10 - 11	11 - 12
40	прямая	-	-	-	-	60	150	222	257
	рассеянная	-	27	72	95	106	106	109	110

29. Солнечная радиация (прямая/рассеянная), поступающая в июле на вертикальную поверхность восточной и западной ориентации при безоблачном небе, Вт/м²

Таблица 2.1.30

Широта, град. Северной широты		Часы суток до полудня (по солнечному времени)															
		4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	
40	прямая	1	24	47	56	54	44	27	10	-	-	-	-	-	-	-	
	рассеянная	2	63	15	17	16	13	11	99	88	84	83	81	73	59	28	

30. Отношение наблюдающейся продолжительности солнечного сияния к возможной, %

Таблица 2.1.31

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
44	45	46	58	72	85	90	90	86	72	59	45



31.	Количество осадков за год, мм	144,0
32.	Максимальное суточное количество осадков, мм	35,0
33.	Число дней с осадками за год	139,5
34.	Число дней со снежным покровом за год	10
35.	Число часов с грозой за год	10,2

36. Температура и глубина промерзания грунта

Таблица 2.1.32

Средняя месячная температура								Максимальная глубина, см, промерзания грунта возможная один раз в	
В январе месяце				В июле месяц					
Поверхность почвы	На глубине			Поверхность почвы	На глубине				
	20 см	80 см	160 см		20	80	160	10 лет	50 лет
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,8	3,6	7,5	11,1	35,2	27,6	22,9	19,2	45	33

2.1.4. Требуемые сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций

Для наружных ограждающих конструкций энергоэффективных жилых зданий требуемые сопротивления теплопередаче принимались по третьему уровню теплозащиты в соответствии с КМК [26] (табл. 2.2.2).

Третий уровень теплозащиты

Здания	ГСОП, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, $R_0^{\text{пр}}$, ($\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$)/Вт				
		стен	бесчердачных покрытий и перекрытий над проездами	перекрытий чердачных, над холодными подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Жилые	2000-3000	2,4	3,7	3,2п	0,39	0,31

Расход энергии на отопление жилого дома не должен превышать 115 кДж/($\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$)

2.2.1 Гигиенические параметры микроклимата

Гигиенические рекомендации комфортных параметров микроклимата в жилище в условиях конвекционного их обогрева зимой и в летний период представлены в табл. 2.2.1

Таблица 2.2.1

Гигиенические параметры теплового режима жилых помещений [26]

Название страны или региона	Время года	Температура воздуха, $^{\circ}\text{C}$	Относительная влажность воздуха, %	Подвижность воздуха, м/с
Республика Узбекистан	зима	20 – 23	30 - 65	0,15 - 0,2
	лето	26 – 27	30 - 45	0,20

2.2.2. Методика исследований

Теплотехнические характеристики материалов, используемых в теплотехнических расчетах представлены в табл. 2.2.3

Теплотехнические характеристики строительных материалов

Материал	Характеристики материала в сухом состоянии			Расчетные коэффициенты (при условиях эксплуатации А)		
	плотность γ_0 , кг/м ³	удельная теплоемкость C_0 , кДж/(кг \times х ⁰ С)	коэфф. теплопроводности λ_0 , Вт/(мх ⁰ С)	теплопроводности λ , Вт/(мх ⁰ С)	теплоусвоения S , Вт/(м ² х ⁰ С)	паропроницаемости μ , мг/(м х х ч х Па)
1. Железобетон	2500	0,84	1,69	1,92	17,98	0,03
2. Кирпич глиняный обыкновенный на цементно-песчаном растворе	1800	0,88	0,56	0,7	9,20	0,11
3. Цементно-песчаный раствор	1800	0,84	0,58	0,76	9,60	0,90
2. Минераловатные жесткие плиты	50	0,84	0,048	0,052	0,42	0,60
3. Минераловатные жесткие плиты	100	0,84	0,056	0,06	0,64	0,56
4. Пергамин	600	1,68	0,17	0,17	3,53	0,33

Основным методом исследований принят теоретический, основанный на законах строительной теплофизики. Численная реализация осуществлялась при помощи современных компьютерных технологий, используя расчетную программу BASE 7.2.

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций

Сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_0 должно быть не менее требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{тр}$, определяемого по формуле (2.1), и экономически целесообразного сопротивления теплопередаче $R_0^{эк}$.

Требуемое сопротивление теплопередаче внутренних ограждающих конструкций (стен, перегородок, перекрытий) между помещениями с нормируемой температурой воздуха определяли при разности расчетных температур воздуха в этих помещениях более 3⁰С.

Требуемое сопротивления теплопередаче $R_0^{тр}$, м² .⁰С/Вт, ограждающих конструкций, за исключением заполнений световых проемов (окон, балконных дверей и фонарей) определяли по формуле:

$$R=n(t_{в} - t_{н})/ \Delta t^H \alpha_{в} , \quad (2.1)$$

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

$t_{в}$ – расчетная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая согласно ГОСТ 12.1.005-76 и нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений;

$t_{н}$ - расчетная зимняя температура наружного воздуха, °С;

Δt^H - нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой на внутренней поверхности ограждения, °С.

Расчетную зимнюю температуру наружного воздуха $t_{н}$, °С, принимали в соответствии с КМК 2.01.01-94 с учетом тепловой инерции D ограждающих конструкций (за исключением заполнений проемов).

Тепловую инерцию D ограждающей конструкции определяли по формуле:

$$D = R_1 s_1 + R_2 s_2 + \dots + R_n s_n , \quad (2.2)$$

где R_1, R_2, \dots, R_n – термические сопротивления отдельных слоев ограждающей конструкции, $m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

s_1, s_2, \dots, s_n – расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$.

Термическое сопротивление R , $m^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, слоя многослойной ограждающей конструкции, а также однородной (однослойной) ограждающей конструкции определялось по формуле:

$$R = \delta / \lambda, \quad (2.3)$$

где δ – толщина слоя, м;

λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, $\text{Вт}/(m^2 \text{ } ^\circ\text{C})$.

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

$$R_0 = 1/S_a^{1/2}, \quad \text{м}^{2.0}\text{С/Вт}, \quad (2.4)$$

где S_a – безразмерный критерий, имеющий глубокий теплофизический и экономический смысл. Он показывает, насколько теплопотери 1 м^2 ограждающей конструкции, сопротивление теплопередаче которой R_0^* , больше или меньше тепловой энергии, затраченной на ее создание и монтаж за срок службы ограждения.

$$S_a = Q_k^* \cdot R_0^* / (24 \cdot \text{ГОСП} \cdot Z), \quad (2.5)$$

где Q_k^* – энергоемкость, Вт·ч 1 м^2 элемента наружного ограждения, сопротивление теплопередаче которого $R_0^* = 1 \text{ м}^{2.0}\text{С/Вт}$;

ГОСП определялось по формуле:

$$\text{ГОСП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от.пер}}) Z_{\text{от.пер}}, \quad (2.6)$$

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

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

$Z_{\text{от.пер}}$ – продолжительность отопительного периода, определяемая по КМК [26];

Z - безразмерная величина, численно равная сроку службы ограждения.

Для удовлетворения требований к повышенной теплозащите наружной оболочки здания, когда разность температур внутреннего воздуха и внутренней поверхности непрозрачного ограждения составляет не более 3°C , тем самым, создавая ощущение комфорта в помещениях, расчетное сопротивление оболочки должно быть не менее определенного по формуле требуемого [26]:

$$R_{\text{об}}^{\text{TP}} = ((\tau_{\text{в}} - t_{\text{н}}) / (t_{\text{в}} - \tau_{\text{в}})) \cdot 1/\alpha_{\text{в}} - 1/\alpha_{\text{н}}, \quad (2.7)$$

где $\tau_{\text{в}}$ – требуемая температура внутренней поверхности ограждения (оболочки), меньшая температуры внутреннего воздуха на 3°C ;

$t_{\text{н}}$ – температура наружного воздуха, равная температуре наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92;

$t_{в}$ – температура внутреннего воздуха (для комфортных условий принимаемая равной 22⁰С);

$\alpha_{в}$ и $\alpha_{н}$ – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей ограждения (оболочки).

Для приблизительной оценки фактического сопротивления теплопередаче наружной оболочки здания $R_{об}$ была использована формула:

$$R_{об}=(R_{ст} S_{ст}+R_{ок} S_{ок}+0,8 R_{кр} S_{кр}+ 0,5R_{осн} S_{осн}+ 0,5R_{аб} S_{аб})/S_{об}, \quad (2.8)$$

где $R_{ст}$, $R_{ок}$, $R_{кр}$, $R_{осн}$, $R_{аб}$ – соответственно расчетные сопротивления теплопередаче наружных стен, окон, утепленной крыши или покрытия, основания (подвального перекрытия или полов на грунте) и внутренних стен, соприкасающихся с помещениями с пониженными температурами, м²·⁰С/Вт;

$S_{ст}$, $S_{ок}$, $S_{кр}$, $S_{осн}$, $S_{аб}$ – соответственно площади тех же ограждающих конструкций, м²;

$S_{об}=(S_{ст}+S_{ок}+S_{кр}+S_{осн}+S_{аб})$ – сумма всех указанных площадей, принадлежащих к проектируемому зданию, м².

Теплоустойчивость ограждающих конструкций

Для расчета на теплоустойчивость определяли:

- требуемую амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции $A_{тв}^{тр}$:

$$A_{тв}^{mp} = 2.5 - 0,1 \cdot (\bar{t}_н - 21), \quad (2.9)$$

где: $\bar{t}_н$ - среднемесячная температура наружного воздуха за июль, ⁰С;

- величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха v в ограждающей конструкции. Для ограждения, состоящего из однородных слоев, v определяется по формуле:

$$v = 0,9 \cdot e^{D/\sqrt{2}} = \frac{(s_1 + a_{\hat{a}})(s_2 + Y_1) \cdots (S_n + Y_{n-1})(a_i + Y_n)}{(s_1 + Y_1)(s_2 + Y_2) \cdots (S_n + Y_n) a_i}, \quad (2.10)$$

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

R_i – термическое сопротивление i -го слоя, м²·⁰С/Вт,

S_i – коэффициент теплоусвоения материала i -го слоя, Вт/(м²·⁰С);

$a_{в}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С);

$a_{н}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, Вт/(м²·°С);

Y_i – коэффициент теплоусвоения наружной поверхности i -го слоя, Вт/(м²·°С).

- расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха в июле $A_{тн}^{расч}$:

$$A_{тн}^{расч} = 0.5A_{тн} + \frac{\rho(I_{max} - \bar{I})}{a_{н}}, \quad (2.11)$$

где: $A_{тн}$ – максимальная амплитуда суточных колебаний наружного воздуха в июле, °С;

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

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

$a_{н}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, Вт/(м²·°С).

- амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждения $A_{тв}$, °С:

$$A_{тв} = \frac{A_{тн}^{расч}}{\nu}, \quad (2.12)$$

Проверяли: если $A_{тв} \leq A_{тв}^{тп}$, то ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям норм по теплоустойчивости.

3. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ УЗБЕКИСТАНА

3.1. Состав основных помещений

Состав основных помещений в соответствии с [...] представлен в табл. 3.1.

Таблица 3.1.

Состав квартир и площади помещений для жилых домов повышенного комфорта

№№ пп	Наименование помещений	Площади помещений, м ²
1	Общая комната	25
2	Родительская спальня	16
3	Кабинет	14
4	Спальня на 1 человека	14x2
5	Спальня на 2 человека	16
	Всего жилая площадь	100
6	Прихожая и коридоры	12
7	Кухня	12
8	Санитарный узел	12
9	Кладовая и шкафы	5
	Итого общая площадь	141
10	Летние помещения	≥ 28

3.2. Разработка проектного решения энергоэффективного индивидуального жилого дома для г. Самарканд

Выявив национально-исторические особенности жилых домов в г. Самарканде [1, 2] и проанализировав мировой опыт проектирования зданий с экономным расходом энергии [3, 4], было разработано объемно-планировочное решение индивидуального жилого дома (рис. 3.2.1 – 3.2.5), наиболее полно отвечающего требованиям к энергоэффективным зданиям в условиях сухого жаркого климата и отражающего специфические особенности жилищного строительства Самарканда.

Фасады дома представлены на рис 3.2.1

Шестикомнатный жилой дом запроектирован двухэтажным (рис.3.2.2) с планом, близким к квадрату (рис. 3.2.3 и 3.2.4). Размеры здания в осях составляют 13,0 м x 12,4 м. Высота этажа принята 3,3 м. Высота цоколя принята 1,50 м. Такая компактная форма способствует уменьшению площади наружных ограждающих конструкций, а, следовательно, уменьшению теплопотерь вследствие сокращения поверхности теплоотдачи.

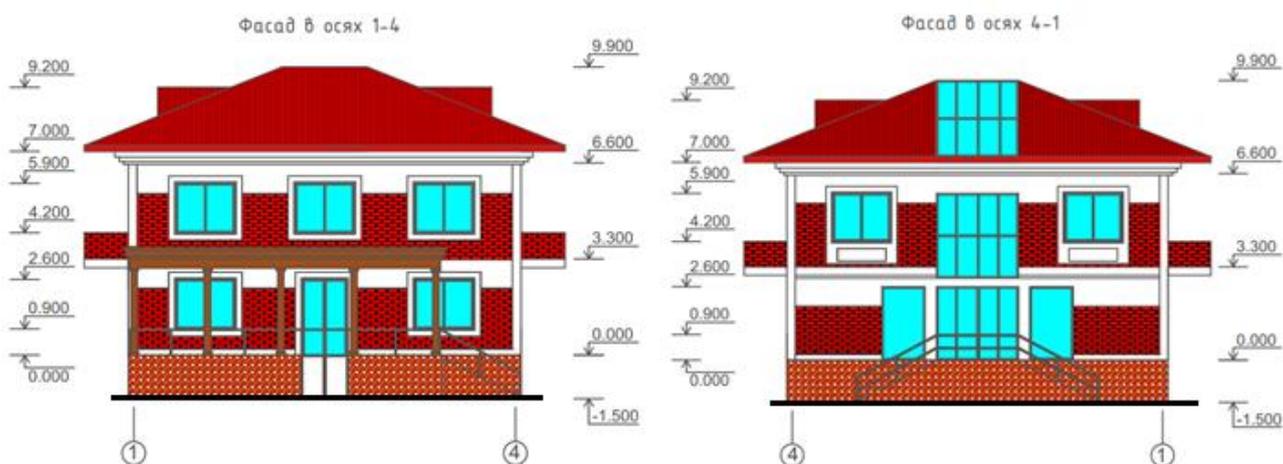


Рис. 3.2.1. Фасады жилого дома для г.Самарканда

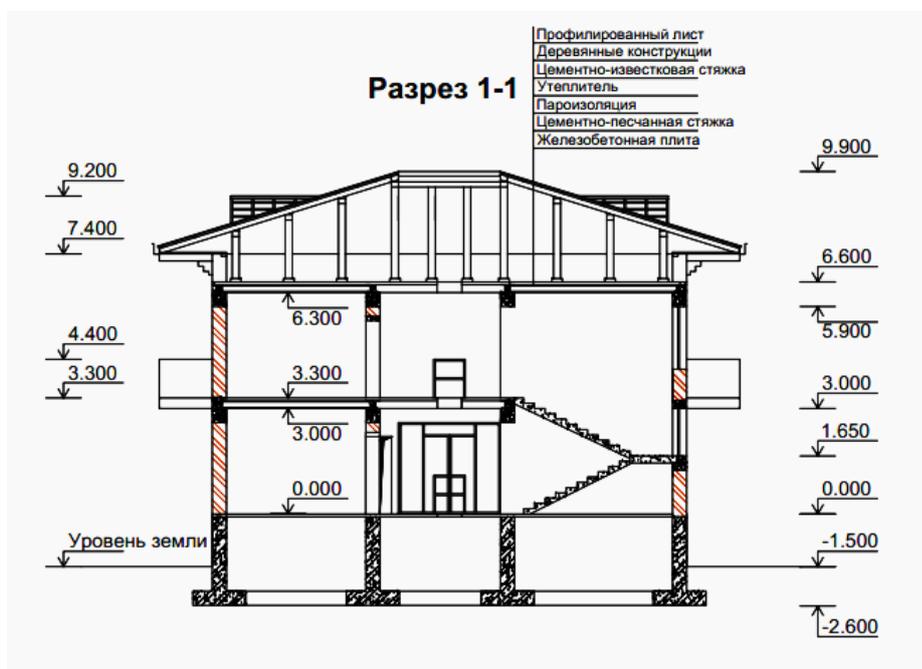


Рис. 3.2.2 Разрез

Вход в здание осуществляется с южной стороны, причем своеобразным входным тамбуром служит двухсветная оранжерея, которая в зимнее время, благодаря массивным внутренним стенам, выполненным из двух слоев

кирпичной кладки и заполнением между ними гравием (рис. 3.5), и гравийным полом толщиной 100 мм, является аккумулятором тепловой энергии, накопленной в результате облучения поверхностей низкими солнечными лучами.

На отметке 0.000 размещаются (рис. 3.2.3): входная группа, состоящая из тамбура-оранжереи, гардеробной и санузла; кабинет; гостиная; подсобные помещения, включающие кухню, постирочную и санузел; летнее помещение-айван.

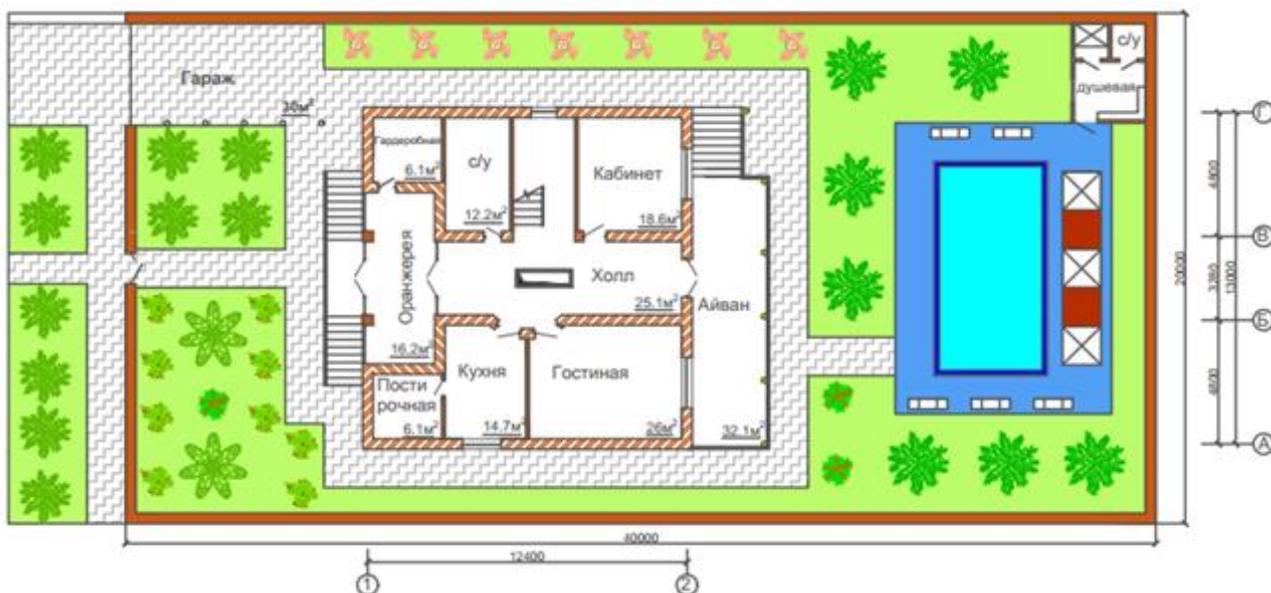


Рис.3.2.3. План на отм. 0.000 и план земельного участка

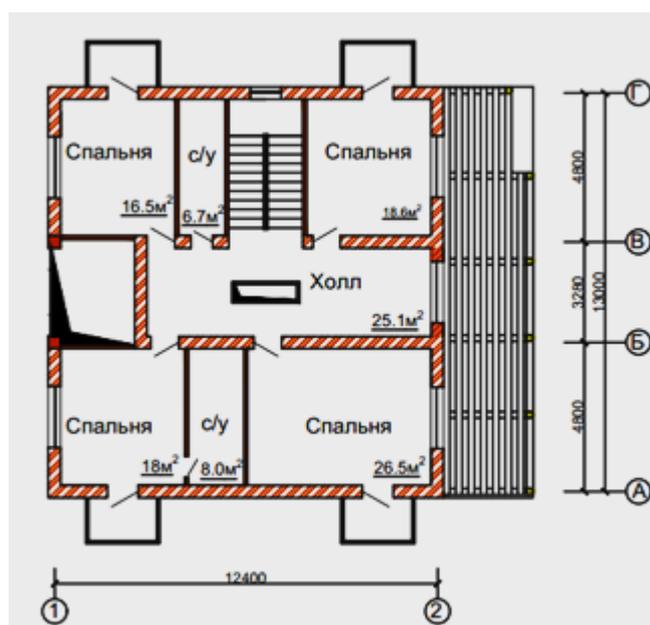


Рис. 3.2.4. План на отм. 3.300

Связь между уровнями осуществляется посредством двухмаршевой лестницы, расположенной в осях 3-4 и А-Б и непосредственно связанной со входной группой.

На отм. 3.300 располагаются 4 спальные комнаты и 2 санитарных узла (рис.3.2.4). Все помещения связаны между собой внутренней галереей, окружающей с трех сторон двухсветное пространство холла.

Решение оранжереи высотой в два этажа способствует беспрепятственному перемешиванию воздушных масс и улучшению микроклимата помещений обоих уровней, особенно в зимнее время. Для поступления теплого воздуха из оранжереи в холл и подсобные помещения, в верхней части, разделяющей их стены, предусмотрены сквозные щелевые отверстия (4 штуки размером 300 мм х 50 мм), а также - раздвижные двери. Аналогично, для поступления холодного воздуха из холла в оранжерею предусмотрены 4 отверстия в нижней части теплоаккумулирующей стены.

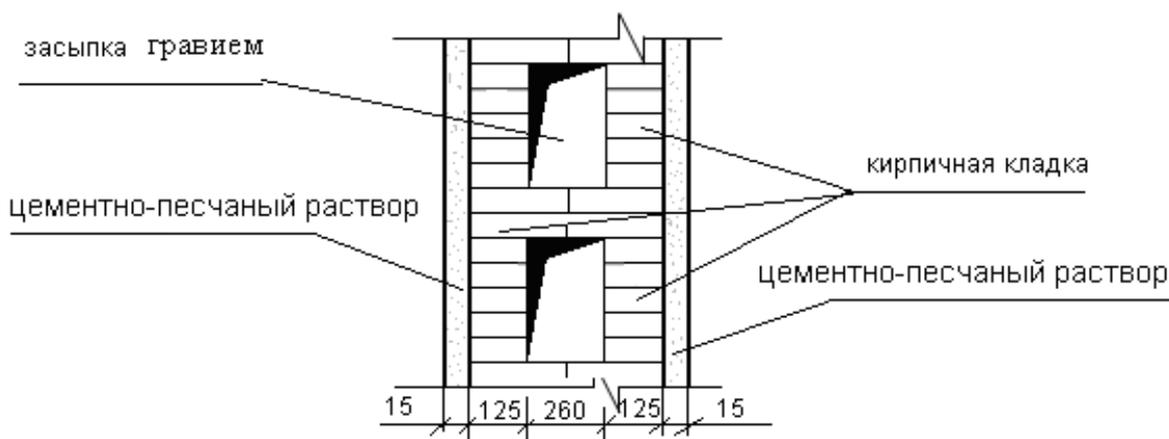


Рис.3.2.5. Сечение стены-аккумулятора оранжереи

Принцип действия этого солнечного коллектора состоит в «парниковом эффекте» - способности стекла пропускать коротковолновые солнечные лучи и задерживать длинноволновую радиацию нагретых поверхностей. В результате такого селективного пропускания солнечные лучи, проходя через стекло, нагревают теплоприемные поверхности, которые, в свою очередь, начинают излучать длинноволновую радиацию.

А благодаря способности стекла не пропускать длинноволновую энергию происходит значительное повышение температуры внутри ограниченного стеклом пространства оранжереи (рис.3.2.6). Летом в дневное время от избыточной солнечной радиации оранжерею защищают кроны посаженных рядом деревьев. А открывающиеся окна оранжереи в ночное время позволяют прохладному воздуху проникнуть во внутрь, охладить энергоактивные ограждающие конструкции. В результате происходит существенное снижение температуры внутреннего воздуха.

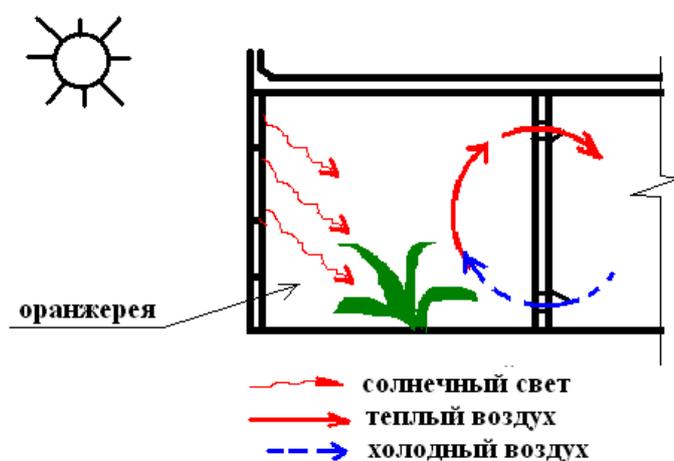


Рис. 3.2.6. Формирование микроклимата здания за счет оранжереи в зимнее время года

Для организации дополнительного вертикального проветривания комнат в перегревный период на обоих этажах предусмотрены просторные холлы со сквозными отверстиями размером 0,6 м x 2,0 м, перекрытыми на уровне пола декоративными решетками.

На покрытии здания над холлом второго этажа запроектирован светоаэрационный фонарь, а на уровне цоколя здания – проём, для вовлечения поверхностного северного ветра в зону под холлом первого этажа. В зимнее время указанные отверстия закрываются. С северной стороны устроено характерное для Самарканда летнее помещение – айван.

Зона дневной активности, являющаяся источником тепловыделений, и спальная зона разделены путем расположения их на разных уровнях. Для снижения нагрева наружных стеновых ограждений от солнечной радиации

по периметру здания предусмотрены широкие сквозные карнизы, выполненные из алюминиевых наклонных ламелей.

Состав помещений в разработанном проектном решении и их площади представлены в табл. 3.2.1

Таблица 3.2.1

Экспликация помещений энергоэффективного жилого дома
для г. Самарканда

№ пп	Наименование помещений	Площади помещений, м ²
1	Общая комната	26,0
2	Родительская спальня	18,0
3	Кабинет	18,6
4	Спальня на 1 человека	16,5 и 18,6
5	Спальня на 2 человека	26,5
	Всего жилая площадь	122,8
6	Прихожая, холл, коридоры и галерея	95,1
7	Кухня	14,7
8	Санитарные узлы	21,6
9	Кладовая	10,3
10	Гардеробная	6,1
11	Постирочная	6,1
12	Лестница	14,5
	Итого общая площадь	179,8
13	Оранжерея	16,2
14	Летние помещения	44,2
15	Гараж	30,0

Конструктивная система здания принята с несущими стенами. Шаги несущих конструкций в продольном направлении приняты 4,80 м; 3,28 м и 4,80 м.

В уровне перекрытий кладка прорезана железобетонными антисейсмическими поясами. В пересечении стен и по краям оконных проемов предусмотрены железобетонные сердечники. Размеры сечения антисейсмических поясов приняты 380 мм х 250 мм, размеры сечения сердечников по границам оконных проемов - 380 мм х 150 мм, а сердечников в местах пересечения стен - 380 мм х 380 мм.

Перекрытия запроектированы плитными с использованием железобетонных многопустотных плит и монолитными.

Конструктивное решение покрытия здания принято в виде чердачной крыши из стальных стропил с использованием в чердачном перекрытии железобетонных многопустотных плит.

Для создания энергоэффективного объекта необходимо обеспечить высокий уровень теплозащитных свойств наружных ограждающих конструкций. В связи с этим выполнены расчеты теплозащиты как для отдельных конструктивных элементов, так и для наружной оболочки жилого дома в целом.

Разработку конструктивного решения стен и покрытия проводили на обеспечение ими расчетных сопротивлений теплопередаче, соответствующих III уровню теплозащиты [26].

Расчетные сопротивления теплопередаче принимали в зависимости от величины градусо-суток отопительного периода (ГСОП), определяемого по формуле (2.6).

Для города Самарканд необходимые для расчета параметры, определенные по КМК 2.01.01-94 [25], составили:

- температура наиболее холодных суток с обеспеченностью 0,92 составляет $t_n^I = -15^{\circ}\text{C}$;
- температура пятидневки с обеспеченностью 0,98 равна $t_n^V = -14^{\circ}\text{C}$;
- средняя температура отопительного периода $t_{\text{от.пер}} = +3,3^{\circ}\text{C}$;
- продолжительность отопительного периода $Z_{\text{от.пер}} = 133$ суток.

Температура воздуха внутри помещений для обеспечения достаточного уровня комфортности принималась равной $t_b = +22^{\circ}\text{C}$.

Тогда ГСОП = $(22 - 3,3) \times 133 = 2487$ град x сут.

В соответствии с полученным значением ГСОП по КМК 2.01.04-97* принимаем:

- для стен зданий расчетное сопротивление теплопередаче по зимним условиям эксплуатации $R_{\text{тр}0} = 2,6 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;

- для чердачных покрытий $R_{\text{тр}0}=3,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- окон и балконных дверей $R_{\text{тр}0}=0,42 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;
- фонарей $R_{\text{тр}0}=0,34 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$

Теплотехнические расчеты выполнялись с использованием программного комплекса «BASE» (версия 7.3).

Наружные стены для расчета были приняты следующего конструктивного решения (рис.3.7):

- цементно-песчаный раствор М50, толщиной 20 мм;
- кирпич глиняный обыкновенный М75 на цементно-песчаном растворе марки М-50 толщиной 380 мм;
- утеплитель из минеральной ваты из стекловолокна волокна со средней плотностью $50 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- цементно-песчаный раствор М50, толщиной 20 мм.

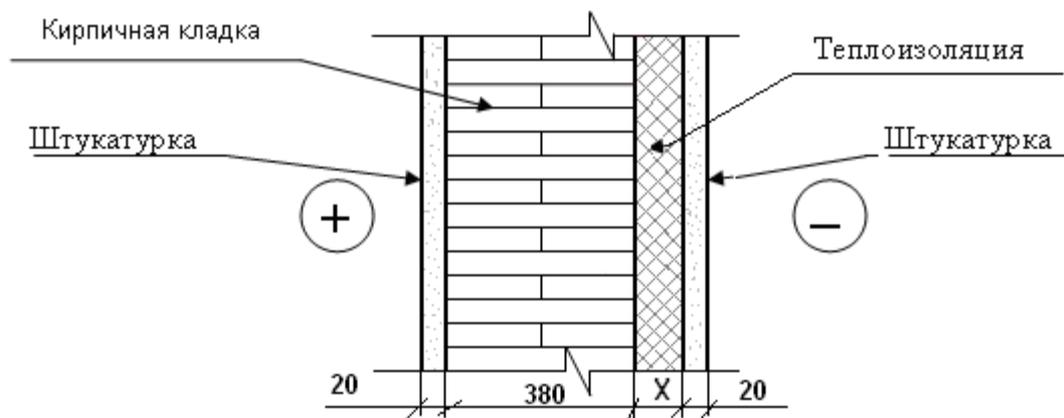


Рис. 3.7. Конструкция стенового ограждения

Результаты расчёта

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

1. - Исходные данные:

Тип здания - Жилые дома

Тип конструкции - СТЕНА

Условия эксплуатации ограждения:

Температура наружного воздуха -14 град.

Температура внутреннего воздуха 22 град.

Средняя температура отопительного периода 3.3 град.

Продолжительность отопительного периода 133 дня

Характеристика ограждения:

Номер слоя	Толщина, м	Наименование	Величина	Ед. измерения	Материал слоя
1 слой:	0.02	Теплопроводность	0.76	Вт/(м*град)	- Цементная штукатурка
2 слой:	0.38	Теплопроводность	0.7	Вт/(м*град)	- Кладка из обычн. кирпича
3 слой:	Нулевой				
4 слой:	0.09	Теплопроводность	0.052	Вт/(м*град)	- Плиты жест. и п/ж G=50кг/м3
5 слой:	Нулевой				
6 слой:	Нулевой				
7 слой:	0.02	Теплопроводность	0.76	Вт/(м*град)	- Цементная штукатурка

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности 8.7 Вт/(м2*град)

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности 23 Вт/(м2*град)

Требуемое сопротивление ограждения теплопередаче 2,6 м2*град/Вт

Режим работы ограждающей конструкции:

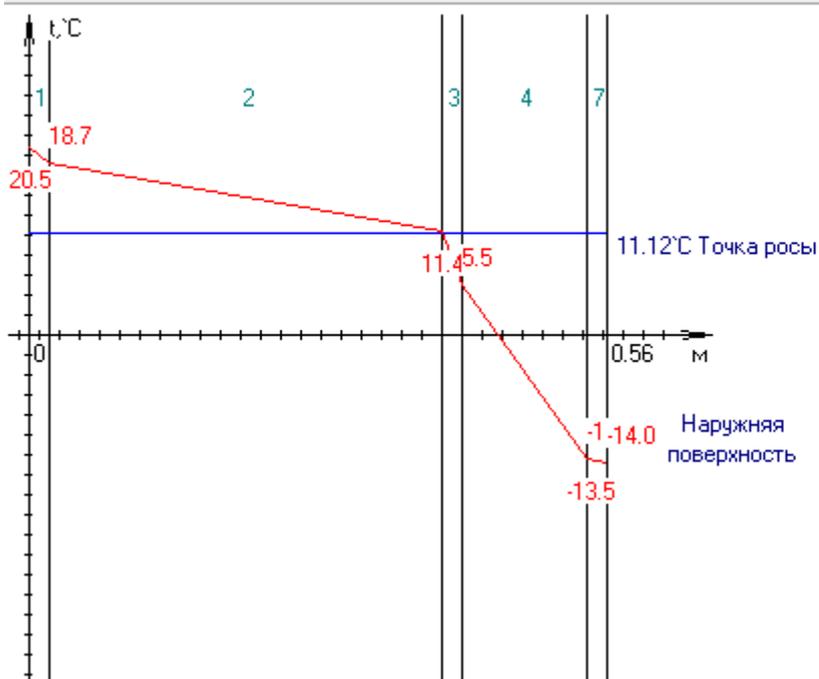
Эксплуатация; режим помещений - Нормальный (55%); зона влажности - Нормальный

Требуется произвести:

Расчет толщины 4-го слоя по условию теплопередачи

Сопротивление теплопередаче ограждения: 2.692 м²*град/Вт

Требуемая толщина 4-го слоя: 0.12 м



2. - Выводы:

Температура на контакте слоев ограждения:

Точка измерения температуры	Величина	Ед. измерения
На внутренней поверхности стены	20.5	град.
Между 1 и 2 слоями	18.7	град.
Между 2 и 3 слоями	11.4	град.
Между 3 и 4 слоями	11.4	град.
Между 4 и 5 слоями	-13.5	град.
Между 5 и 6 слоями	-13.5	град.
Между 6 и 7 слоями	-13.5	град.
На наружной поверхности стены	-14.0	град.
Температура точки росы	11.12	град.

Требуемая толщина 4-го слоя (утеплителя) 0.12 м

Фактическое сопротивление теплопередаче ограждения 2,69 м²*град/Вт

Результаты расчёта покрытия здания

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

1. - Исходные данные:

Конструктивное решение чердачного перекрытия принято следующим:

- железобетонная плита толщиной 220 мм;
- цементно-песчаная стяжка толщиной 15 мм;
- пароизоляция;
- утеплитель из минераловатных плит из базальтового волокна со средней плотностью 100 кг/м^3 ;
- цементно-известковая стяжка толщиной 15 мм.

Расчет также выполнялся с применением программного комплекса «BASE».

Тип здания - Жилые дома

Тип конструкции - ПОКРЫТИЕ

Условия эксплуатации ограждения:

Температура наружного воздуха -14 град.

Температура внутреннего воздуха 22 град.

Средняя температура отопительного периода 3.3 град.

Продолжительность отопительного периода 133 дней

Характеристика ограждения:

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности $8.7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}$

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности $23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}$

Требуемое сопротивление ограждения теплопередаче $3,7 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}$

Режим работы ограждающей конструкции:

Эксплуатация; режим помещений - Нормальный (55%); зона влажности
- Нормальный

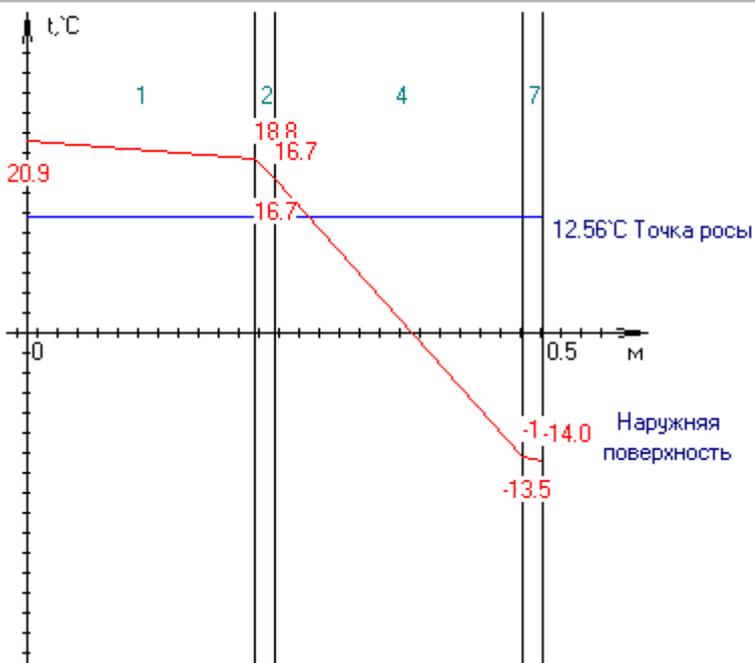
Требуется произвести:

Расчет толщины 4-го слоя по условию теплопередачи

Номер слоя	Толщина, м	Наименование	Величина	Ед. измерения	Материал слоя
1 слой:	0.22	Теплопроводность	2.04	Вт/(м*град)	-Ж/б плита
2 слой:	0.02	Теплопроводность	0.93	Вт/(м*град)	- цементно-песчаная стяжка
3 слой:	Нулевой				
4 слой:	0.07	Теплопроводность	0.052	Вт/(м*град)	- Плиты жест. и п/ж G=50кг/м3
5 слой:	Нулевой				
6 слой:	Нулевой				
7 слой:	0.02	Теплопроводность	0.93	Вт/(м*град)	- цементно-песчаная стяжка

Сопротивление теплопередаче ограждения: 3.738 м²*град/Вт

Требуемая толщина 4-го слоя: 0.24 м



2. - Выводы:

Температура на контакте слоев ограждения:

Точка измерения температуры	Величина	Ед. измерения
На внутренней поверхности стены	20.9	град.
Между 1 и 2 слоями	18.8	град.
Между 2 и 3 слоями	16.7	град.
Между 3 и 4 слоями	16.7	град.
Между 4 и 5 слоями	-13.5	град.
Между 5 и 6 слоями	-13.5	град.
Между 6 и 7 слоями	-13.5	град.
На наружной поверхности стены	-14.0	град.
Температура точки росы	12.56	град.

Требуемая толщина 4-го слоя (утеплителя) 0.24 м

Фактическое сопротивление теплопередаче ограждения 3.74 м²*град/Вт

Требуется произвести:

Проверку ограждения на сопротивление теплопередаче

Расчет ограждающей конструкции на теплоустойчивость

Расчет ограждающей конструкции на паропроницаемость

Расчет ограждающей конструкции на воздухопроницаемость

Среднемесячная температура за июль -25,9 град.

Амплитуда суточных колебаний воздуха в июле месяце -16,5 град.

Минимальная скорость ветра за июль - 1,4 м/с

Значение суммарной солнечной радиации, для стен - как для вертикальных поверхностей, для покрытий - как для горизонтальных:

максимальное -2331 Вт/м²

среднее -542 Вт/м²

Отделка наружной поверхности: Плитка облицовочная керамическая

Коэффициент поглощения солнечной радиации - 0.8

Характеристики сезонных периодов (средняя температура /

Продолжительность:

зимнего ($t < -5$ град.С) -3,7 град.С / 3 мес.

весенне-осеннего ($-5 > t < +5$ град.С) 19 град.С / 5 мес.

летнего ($t > +5$ град.С) 33,7 град.С / 4 мес.

с отрицательными температурами ($t < 0$ град.С) -4 град.С / 4 мес.

Давление водяного пара:

периода с отрицательными температурами 250 Па

среднегодовое 930 Па

Высота здания до верха вытяжной шахты 9.9 м

Максимальная скорость ветра за январь месяц 2,5 м/с

2. - Выводы:

Сопротивление ограждения теплопередаче ДОСТАТОЧНО

Требуемое сопротивление ограждения теплопередаче 2.6 м²*град/Вт

Фактическое сопротивление ограждения теплопередаче 2.76 м²*град/Вт

Температура на контакте слоев ограждения:

Точка измерения температуры	Величина	Ед. измерения
На внутренней поверхности стены	20.5	град.
Между 1 и 2 слоями	18.7	град.
Между 2 и 3 слоями	11.3	град.
Между 3 и 4 слоями	11.3	град.
Между 4 и 5 слоями	-13.6	град.
Между 5 и 6 слоями	-13.6	град.
Между 6 и 7 слоями	-13.6	град.
На наружной поверхности стены	-15.0	град.

Фактическое сопротивление паропрооницанию $1.11 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$
Нормируемое сопротивление из условия накопления за годовой период $-0.43 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$
Нормируемое сопротивление из условия ограничения за период с отрицательными температурами $0.47 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{мг}$
Сопротивления паропрооницаемости ДОСТАТОЧНО.

Фактическое сопротивление воздухопроницанию $3028.9 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$
Нормируемое сопротивление воздухопроницанию $23.37 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па} / \text{кг}$
Сопротивления паропрооницаемости ДОСТАТОЧНО.

Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности 0.07 град.С
Нормируемая амплитуда колебаний температуры поверхности 2.01 град.С
Теплоустойчивости ограждающей конструкции ДОСТАТОЧНО.

3.3. Разработка проектного решения энергоэффективного индивидуального жилого дома для г. Бухара

Выявив национально-исторические особенности жилых домов в г. Бухара [1, 2] и проанализировав мировой опыт проектирования зданий с экономным расходом энергии [3, 4], было разработано объемно-планировочное решение индивидуального жилого дома (рис. 3.7 – 3.10), наиболее полно отвечающего требованиям к энергоэффективным зданиям в условиях сухого жаркого климата и отражающего специфические особенности жилищного строительства Бухары.

В основу объемно-планировочного решения жилого дома для г. Бухара положены традиции национального узбекского жилища и мирового опыта проектирования аналогичных объектов. Фасад здания представлен на рис. 3.3.1

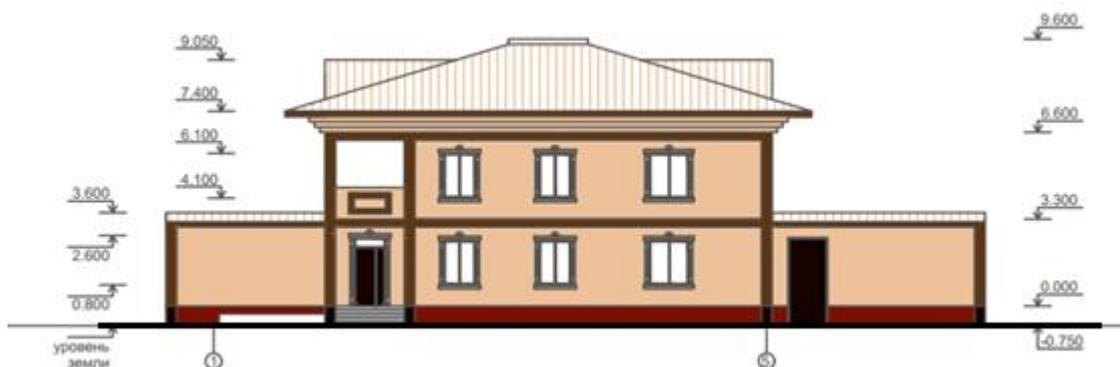


Рис. 3.3.1 Фасад в осях 1-5.

Шестикомнатный жилой дом запроектирован двухэтажным (рис.3.3.2) с планом, близким к квадрату. Размеры здания в осях составляют 16,5м x 14,6 м. Высота этажа принята 3,3 м. Высота цоколя составляет 0,75 м.

В силу схожести климатических характеристик городов на территории Узбекистана, в основу планировки и отдельных конструктивных решений заложены те же принципы, что и для описанного выше дома для г. Самарканда.

В частности:

- форма плана здания, с целью уменьшения площади наружных ограждений и, следовательно, уменьшения теплопотерь, принята близкой к квадрату.

- вход в здание осуществляется с южной стороны через входной тамбур – двухсветную оранжерею, конструктивное решение стен и пола которой такое же, как и для самаркандского дома - двухслойная кирпичная кладка с гравийным заполнением и гравийный пол.

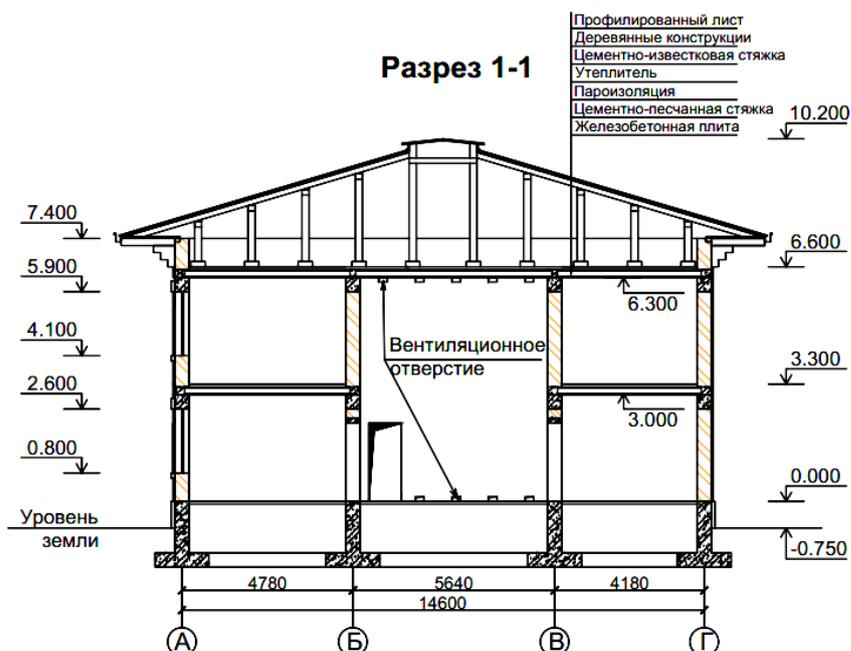


Рис. 3.3.2 Разрез

На отм. 0.000 размещаются (рис. 3.3.3): входная группа, состоящая из тамбура-оранжереи, холл; гардеробная; кабинет; зал; подсобные помещения, включающие кухню и санузел; летнее помещение - айван.



Рис. 3.3.3 План бухарского дома на отм. 0.000

Связь между уровнями осуществляется посредством двухмаршевой лестницы, расположенной в осях 3-4 и В-Г и непосредственно связанной со входной группой.

На отм. 3.300 располагаются 4 спальни комнаты и 2 санитарных узла (рис.3.3.4).

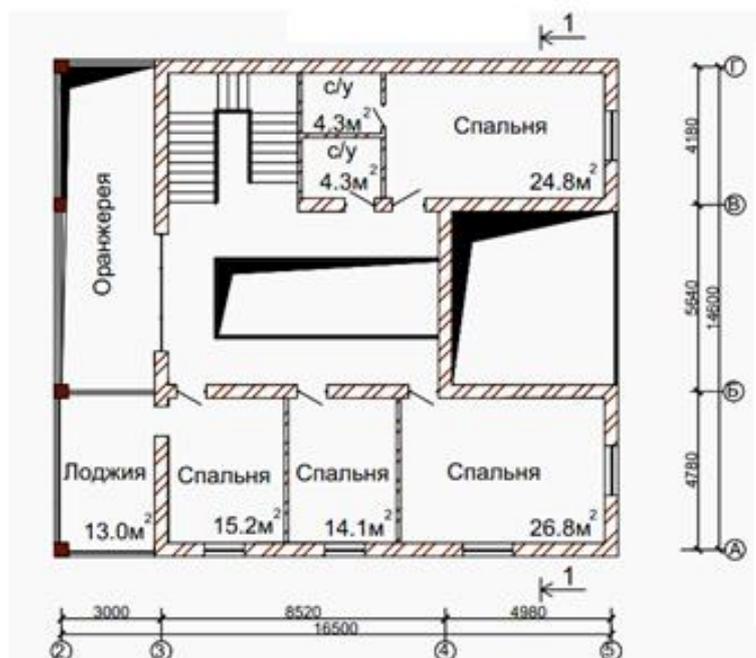


Рис.3.3.4 План бухарского дома на отм. 3.300

Все помещения связаны между собой внутренней галереей, окружающей с трех сторон двухсветное пространство холла. Для организации дополнительного вертикального проветривания комнат в перегревный период на обоих этажах предусмотрены просторные холлы со сквозными отверстиями размером 2,4 м х 6,7 м, перекрытыми на уровне пола декоративными решетками. На покрытии здания над холлом второго этажа запроектирован светоаэрационный фонарь. С северной стороны устроено и характерное для Бухары летнее помещение – айван.

На отметке 0.000 на стене по оси 4 запроектированы четыре сквозных отверстия, которые способствуют вхождению холодных ветров с севера, а также в этой же стене на отм. 6.000 запроектированы также 5 отверстий, из которых более теплый воздух выходит. Таким образом, осуществляется естественная вертикальная вентиляция дома.

Зона дневной активности, являющаяся источником тепловыделений, и спальная зона разделены, путем расположения их на разных уровнях. Для снижения нагрева наружных стеновых ограждений от солнечной радиации

по периметру здания предусмотрены широкие сквозные карнизы, выполненные из алюминиевых наклонных ламелей.

Состав помещений в разработанном проектном решении индивидуального жилого дома для г.Бухара и их площади представлены в табл. 3.3.1

Таблица 3.3.1

Экспликация помещений энергоэффективного жилого дома

№№ пп	Наименование помещений	Площади помещений, м ²
1	Общая комната	30,6
2	Родительская спальня	24,8
3	Кабинет	15,2
4	Спальня на 1 человека	15,2 и 14,1
5	Спальня на 2 человека	26,8
	Всего жилая площадь	126,7
6	Прихожая, холл, коридоры и галерея	69,2
7	Кухня	24,8
8	Санитарные узлы	17,5
9	Гардеробная	10,4
10	Лестница	15,2
11	Итого общая площадь	137,1
12	Оранжерея	27,4
	Летние помещения	38,9
13	Гараж	39,2
14	Спорт зал	36,1
15	Котельная	9,8

Конструктивная система здания принята с несущими стенами. Шаги несущих конструкций в продольном направлении приняты 4,8 м; 5,6 м; 4,2 м. В уровне перекрытий кладка прорезана железобетонными антисейсмическими поясами. В пересечении стен и по краям оконных проемов предусмотрены железобетонные сердечники. Размеры сечения антисейсмических поясов приняты 380 мм х 250 мм, размеры сечения сердечников по границам оконных проемов - 380 мм х 150 мм, а сердечников в местах пересечения стен - 380 мм х 380 мм.

Перекрытия запроектированы плитными с использованием железобетонных многопустотных плит.

Конструктивное решение покрытия здания принято в виде чердачной крыши из стальных стропил с использованием в чердачном перекрытии железобетонных многопустотных плит.

Для создания энергоэффективного объекта необходимо обеспечить высокий уровень теплозащитных свойств наружных ограждающих конструкций. В связи с этим выполнены расчеты теплозащиты как для отдельных конструктивных элементов, так и для наружной оболочки жилого дома в целом.

Разработка конструктивных решений наружных ограждающих конструкций для индивидуального жилых домов расположенных в г. Бухара

Для принятия конструктивного решения утепления наружных ограждающих конструкций здания руководствовались ранее установленным в главе 1 фактом, что обеспечить требуемый уровень теплозащиты возможно только при использовании многослойных конструкций, содержащих в своем составе эффективный утеплитель.

Разработку конструктивного решения стен и покрытия проводили на обеспечение ими расчетных сопротивлений теплопередаче, соответствующих III уровню теплозащиты [26].

Расчетные сопротивления теплопередаче принимаем в зависимости от величины градусо-суток отопительного периода (ГСОП), определяемого по формуле (2.6).

Для города Бухара необходимые для расчета параметры, определенные по КМК 2.01.01-94 [25], составили:

- температура наиболее холодных суток с обеспеченностью 0,92 составляет $t_n^I = - 16^{\circ}\text{C}$;

- температура пятидневки с обеспеченностью 0,98 равна $t_n^V = - 15^{\circ}\text{C}$;

- средняя температура отопительного периода $t_{от.пер}=+3,1^{\circ}\text{C}$;
- продолжительность отопительного периода $Z_{от.пер}=126$ суток.

Температура воздуха внутри помещений для обеспечения достаточного уровня комфортности принималась равной $t_{в}= +22^{\circ}\text{C}$.

Тогда ГСОП= $(22 - 3,1) \times 126 = 2381$ град x сут.

В соответствии с полученным значением ГСОП по КМК 2.01.04-97* принимаем:

- для стен зданий расчетное сопротивление теплопередаче по зимним условиям эксплуатации $R_{тп_0}=2,6 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;
- для чердачных покрытий $R_{тп_0}=3,7 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;
- окон и балконных дверей $R_{тп_0}=0,42 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;
- фонарей $R_{тп_0}=0,34 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Теплотехнические расчеты выполнялись с использованием программного комплекса «BASE» (версия 7.3).

Наружные стены для расчета были приняты следующего конструктивного решения (рис.3.7):

- цементно-песчаный раствор М50, толщиной 20 мм;
- кирпич глиняный обыкновенный М75 на цементно-песчаном растворе марки М-50 толщиной 380 мм;
- утеплитель из минеральной ваты из стекловолокна волокна со средней плотностью $50 \text{ кг}/\text{м}^3$;
- цементно-песчаный раствор М50, толщиной 20 мм.

Результаты расчёта Теплотехнический расчет наружных стен

1. - Исходные данные:

Тип здания - Жилые дома

Тип конструкции - СТЕНА

Условия эксплуатации ограждения:

Температура наружного воздуха -15 град.

Температура внутреннего воздуха 22 град.

Средняя температура отопительного периода 3.1 град.

Продолжительность отопительного периода 126 дней

Характеристика ограждения:

Номер слоя	Толщина, м	Наименование	Величина	Ед. измерения	Материал слоя
1 слой:	0.02	Теплопроводность	0.76	Вт/(м*град)	- Цементная штукатурка
2 слой:	0.38	Теплопроводность	0.7	Вт/(м*град)	- Кладка из обычн. кирпича
3 слой:	Нулевой				
4 слой:	0.09	Теплопроводность	0.052	Вт/(м*град)	- Плиты жест. и п/ж G=50кг/м3
5 слой:	Нулевой				
6 слой:	Нулевой				
7 слой:	0.02	Теплопроводность	0.76	Вт/(м*град)	- Цементная штукатурка

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности 8.7 Вт/(м²*град)

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности 23 Вт/(м²*град)

Требуемое сопротивление ограждения теплопередаче 2,6 м²*град/Вт

Режим работы ограждающей конструкции:

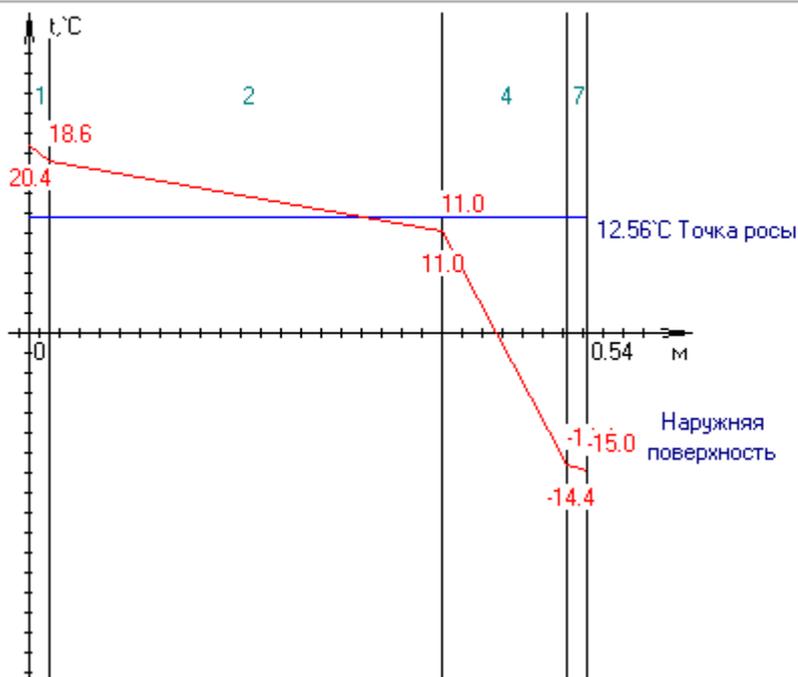
Эксплуатация; режим помещений - Нормальный (55%); зона влажности - Нормальный

Требуется произвести:

Расчет толщины 4-го слоя по условию теплопередачи

Сопротивление теплопередаче ограждения: 2.671 м²*град/Вт

Требуемая толщина 4-го слоя: 0.12 м



2. - Выводы:

Температура на контакте слоев ограждения:

Точка измерения температуры	Величина	Ед. измерения
На внутренней поверхности стены	20.5	град.
Между 1 и 2 слоями	18.7	град.
Между 2 и 3 слоями	11.4	град.
Между 3 и 4 слоями	11.4	град.
Между 4 и 5 слоями	-13.5	град.
Между 5 и 6 слоями	-13.5	град.
Между 6 и 7 слоями	-13.5	град.
На наружной поверхности стены	-14.0	град.
Температура точки росы	11.12	град.

Требуемая толщина 4-го слоя (утеплителя) 0.12 м

Фактическое сопротивление теплопередаче ограждения 2.67 м²*град/Вт

Конструктивное решение чердачного перекрытия принято следующим:

- железобетонная плита толщиной 220 мм;
- цементно-песчаная стяжка толщиной 20 мм;
- пароизоляция;

- утеплитель из минераловатных плит из базальтового волокна со средней плотностью 100 кг/м^3 ;

- цементно-известковая стяжка толщиной 20 мм.

Расчет также выполнялся с применением программного комплекса «BASE».

Результаты расчёта

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

1. - Исходные данные:

Тип здания - Жилые дома,

Тип конструкции - ПОКРЫТИЕ

Условия эксплуатации ограждения:

Температура наружного воздуха -15 град.

Температура внутреннего воздуха 22 град.

Средняя температура отопительного периода 3.1 град.

Продолжительность отопительного периода 126 дней

Характеристика ограждения:

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности $8.7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}$

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности $23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{град)}$

Требуемое сопротивление ограждения теплопередаче $3,7 \text{ м}^2 \cdot \text{град/Вт}$

Режим работы ограждающей конструкции:

Эксплуатация; режим помещений - Нормальный (55%); зона влажности
- Нормальный

Требуется произвести:

Расчет толщины 4-го слоя по условию теплопередачи

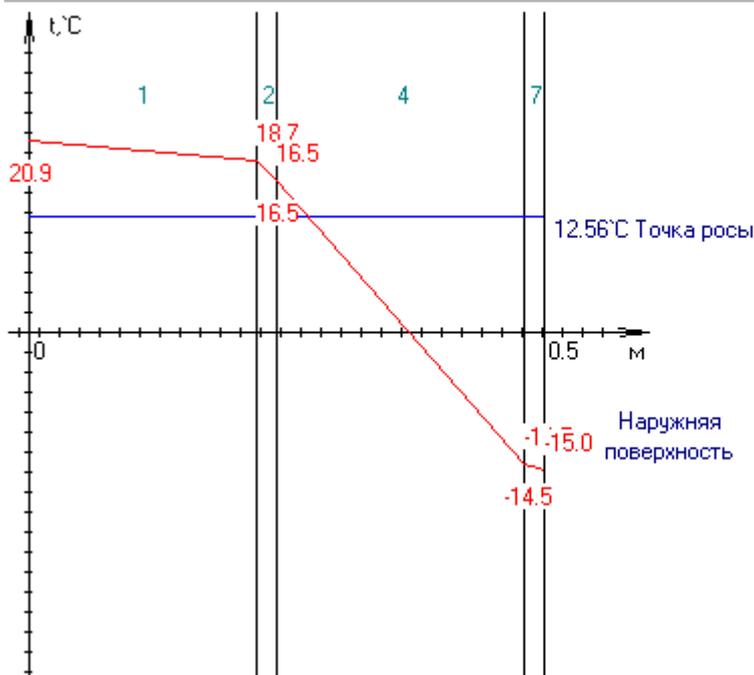
Характеристика ограждения:

Номер слоя	Толщина, м	Наименование	Величина	Ед. измерения	Материал слоя
1 слой:	0.22	Теплопроводность	1.92	Вт/(м*град)	- Железобетонная стена
2 слой:	0.02	Теплопроводность	0.76	Вт/(м*град)	- Цементно-песчаная стяжка
3 слой:	0.02	Теплопроводность	0.17	Вт/(м*град)	- Пергамин
4 слой:	подбор	Теплопроводность	0.06 Вт/(м*град)	- Плиты жест. и п/ж G=100кг/м3	
5 слой:	Нулевой				
6 слой:	Нулевой				
7 слой:	0.02	Теплопроводность	0.7	Вт/(м*град)	- Цементно-песчаная стяжка

2. - Выводы:

Сопротивление теплопередаче ограждения: 3.738 м²*град/Вт

Требуемая толщина 4-го слоя: 0.24 м



Требуемая толщина 4-го слоя (утеплителя) 0.24 м

Фактическое сопротивление теплопередаче ограждения 3.73 м²*град/Вт

Температура на контакте слоев ограждения:

Точка измерения температуры	Величина	Ед. измерения
На внутренней поверхности стены	20.6	град.
Между 1 и 2 слоями	17.8	град.
Между 2 и 3 слоями	15.2	град.
Между 3 и 4 слоями	15.2	град.
Между 4 и 5 слоями	-15.4	град.
Между 5 и 6 слоями	-16.0	град.
Между 6 и 7 слоями	-16.0	град.
На наружной поверхности стены	-16.0	град.
Температура точки росы	12.56	град.

В результате расчета была принята толщина утеплителя поверх пароизоляционного слоя 240 мм.

Требуется произвести:

Проверку ограждения на сопротивление теплопередаче

Расчет ограждающей конструкции на теплоустойчивость

Расчет ограждающей конструкции на паропроницаемость

Расчет ограждающей конструкции на воздухопроницаемость

Среднемесячная температура за июль 28,4 град.

Амплитуда суточных колебаний воздуха в июле месяце 16,4 град.

Минимальная скорость ветра за июль 0 м/с

Значение суммарной солнечной радиации, для стен - как для вертикальных поверхностей, для покрытий - как для горизонтальных:

максимальное 2331 Вт/м²

среднее 542 Вт/м²

Отделка наружной поверхности: Штукатурка цементная кремовая

Коэффициент поглощения солнечной радиации 0.4

Характеристики сезонных периодов (средняя температура /

Продолжительность:

зимнего ($t < -5$ град.С) -4,2 град.С / 3 мес.

весенне-осеннего ($-5 > t > +5$ град.С) 19 град.С / 5 мес.

летнего ($t > +5$ град.С) 36,7 град.С / 4 мес.

с отрицательными температурами ($t < 0$ град.С) -4 град.С / 4 мес.

Давление водяного пара:

периода с отрицательными температурами 250 Па

среднегодовое 990 Па

Высота здания до верха вытяжной шахты 9.6 м

Максимальная скорость ветра за январь месяц 4,5 м/с



2. - Выводы:

Сопrotивление ограждения теплопередаче ДОСТАТОЧНО

Требуемое сопротивление ограждения теплопередаче 2.6 м²*град/Вт

Фактическое сопротивление ограждения теплопередаче 2.76 м²*град/Вт

Температура на контакте слоев ограждения:

Точка измерения температуры	Величина	Ед. измерения
На внутренней поверхности стены	20.5	град.
Между 1 и 2 слоями	18.7	град.
Между 2 и 3 слоями	11.3	град.
Между 3 и 4 слоями	11.3	град.
Между 4 и 5 слоями	-13.6	град.
Между 5 и 6 слоями	-13.6	град.
Между 6 и 7 слоями	-13.6	град.
На наружной поверхности стены	-15.0	град.

Фактическое сопротивление паропрооницанию 1.11 м²*ч*Па/мг

Нормируемое сопротивление из условия накопления за годовой период -0.45 м²*ч*Па/мг

Нормируемое сопротивление из условия ограничения за период с отрицательными температурами 0.47 м²*ч*Па/мг

Сопротивления паропрооницаемости ДОСТАТОЧНО.

Фактическое сопротивление воздухопроницанию 3028.9 м²*ч*Па/кг

Нормируемое сопротивление воздухопроницанию 34.09 м²*ч*Па/кг

Сопротивления паропрооницаемости ДОСТАТОЧНО.

Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности 0.04 град.С

Нормируемая амплитуда колебаний температуры поверхности 1.76 град.С

Теплоустойчивости ограждающей конструкции ДОСТАТОЧНО.

3.4. Разработка проектного решения энергоэффективного индивидуального жилого дома для г. Ташкент

Выявив национально-исторические особенности жилых домов в г. Ташкенте [1, 2] и проанализировав мировой опыт проектирования зданий с экономным расходом энергии [3, 4], было разработано объемно-планировочное решение индивидуального жилого дома (рис. 3.4.1 – 3.4.2), наиболее полно отвечающего требованиям к энергоэффективным зданиям в условиях сухого жаркого климата и отражающего последние зарубежные тенденции в жилищном строительстве.

Фасад дома для г. Ташкента представлен на рис.3.4.1



Рис. 3.4.1 Фасад ташкентского дома в осях 1-5.

Шестикомнатный жилой дом запроектирован двухэтажным (рис.3.4.2). с высотой этажа 3,3 м. Его объем представляет собой полусферу, что гарантирует наименьшие тепловые потоки через его наружные ограждающие конструкции.

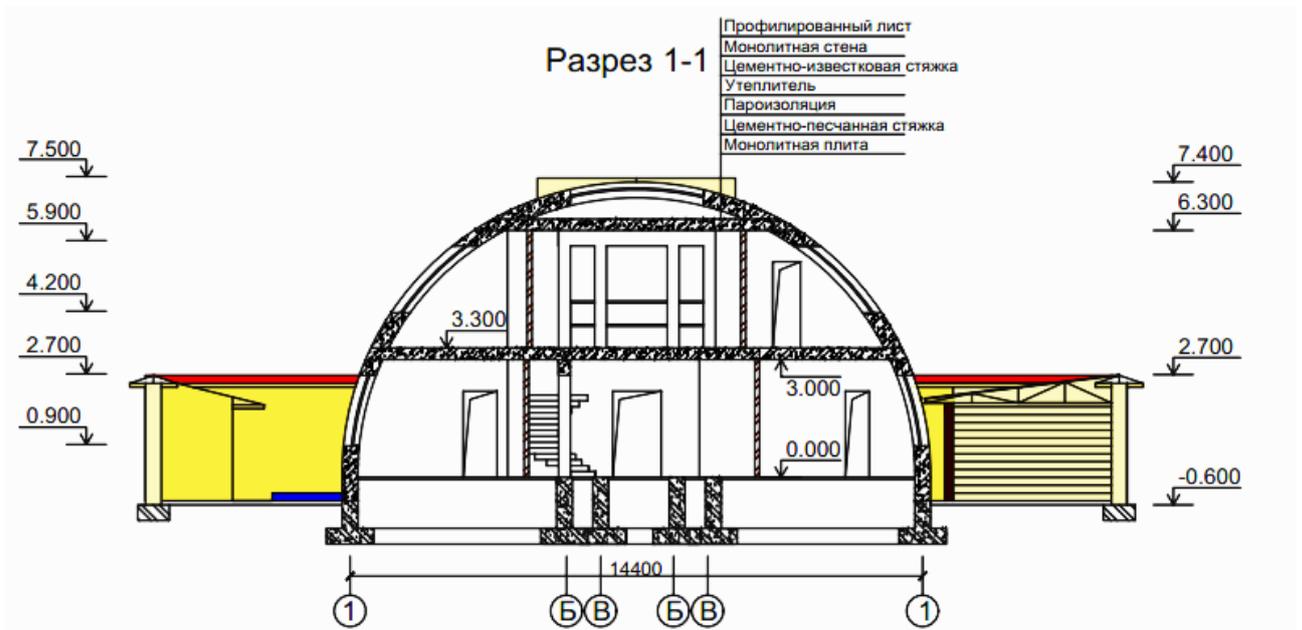


Рис. 3.4.2 Разрез 1-1 ташкентского дома

На уровне первого этажа радиус круглого в плане здания составляет 7,4 м (рис. 3.4.3). Высота цоколя принята 0,6 м.

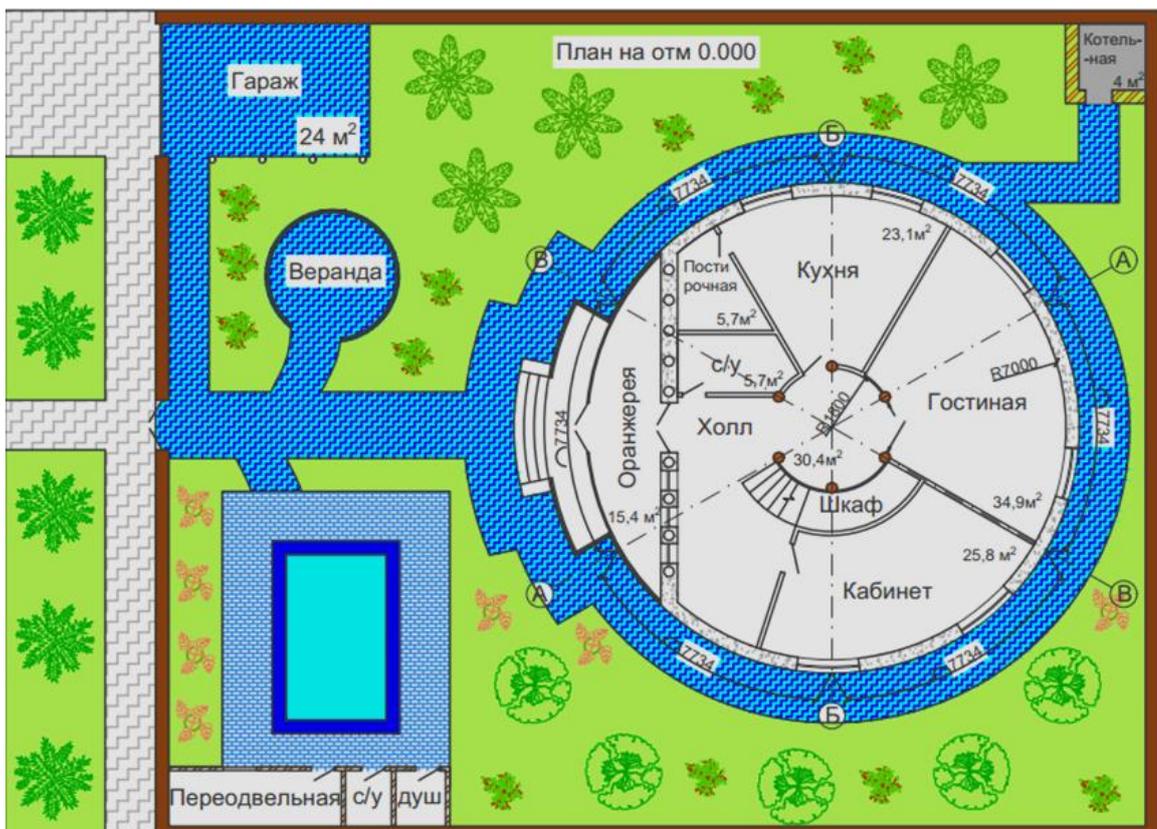


Рис. 3.4.3 План ташкентского дома на отм. 0.000

Вход в здание осуществляется с южной стороны через входной тамбур в виде двухсветная оранжереи, внутренние стены которой выполнены из двух слоев кирпичной кладки с заполнением между ними гравием, а пол

толщиной 100 мм - из мозаичного бетона. Кроме того, для усиления аккумулирующей роли внутренней стены в ее полости размещены фиброгласовые цилиндрические ёмкости с водой.

На отм. 0.000 размещаются : входная группа, состоящая из тамбура-оранжереи, холл; гардеробная; кабинет; гостиная; подсобные помещения, включающие кухню, постирочную и санузел.

Связь между уровнями осуществляется посредством двухмаршевой лестницы, расположенной в осях А-В и непосредственно связанной со входной группой.

На отм. 3.300 располагаются 4 спальни комнаты и 2 санитарных узла (рис. 3.4.4) .

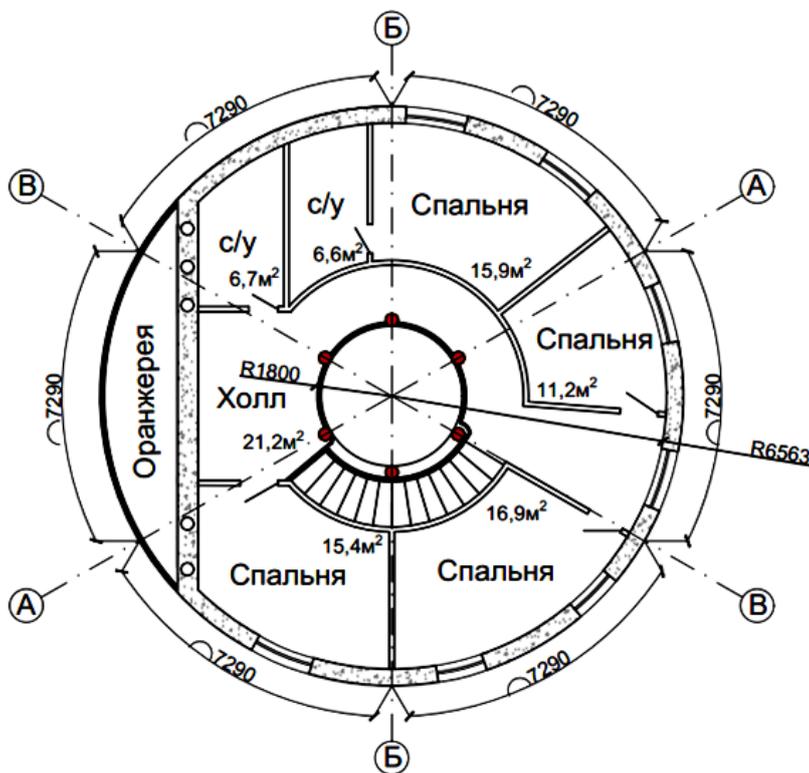


Рис. 3.4.4. План ташкентского дома на отм. 3.300

Все помещения связаны между собой внутренней галереей, окружающей двухсветное пространство холла. Для организации дополнительного вертикального проветривания комнат в перегревный период на перекрытии предусмотрен просторный холл со сквозным отверстием диаметром 3,2 м. На покрытии здания над холлом второго этажа запроектирован светоаэрационный фонарь.

Зона дневной активности, являющаяся источником тепловыделений, и спальная зона разделены, путем расположения их на разных уровнях. Для снижения нагрева наружных стеновых ограждений от солнечной радиации по периметру здания предусмотрены широкие сквозные карнизы, выполненные из алюминиевых наклонных ламелей.

Состав помещений в разработанном проектном решении и их площади представлены в табл. 3.4.1

Таблица 3.4.1

Экспликация помещений энергоэффективного жилого дома

№№ пп	Наименование помещений	Площади помещений, м ²
1	Гостиная	34,9
2	Родительская спальня	15,9
3	Кабинет	25,8
4	Спальня на 1 человека	11,2 и 15,4
5	Спальня на 2 человека	16,9
	Всего жилая площадь	120,1
6	Прихожая, холл, коридоры и галерея	41,6
7	Кухня	23,1
8	Санитарные узлы	19,0
9	Гардеробная	10,4
10	Лестница	21,2
11	Итого общая площадь	115,3
12	Оранжерея	15,4
13	Летние помещения	12,56
14	Гараж	24,0
15	Котельная	4,0

Конструктивная система здания принята в виде монолитной железобетонной купольной оболочки толщиной несущего слоя 200 мм. Перекрытия запроектированы монолитными железобетонными.

Для обеспечения тепловой защиты наружной оболочки здания были произведены соответствующие теплотехнические расчеты с использованием компьютерной программы BASE 7.2.

Разработку конструктивного решения стен и покрытия проводили на обеспечение ими расчетных сопротивлений теплопередаче, соответствующих III уровню теплозащиты [26].

Расчетные сопротивления теплопередаче принимаем в зависимости от величины градусо-суток отопительного периода (ГСОП), определяемого по формуле (2.6).

Для города Ташкент необходимые для расчета параметры, определенные по КМК 2.01.01-94 [25], составили:

Для города Ташкент необходимые для расчета параметры, определенные по КМК 2.01.01-94 [25], составили:

- температура наиболее холодных суток с обеспеченностью 0,92 составляет $t_n^I = - 16^{\circ}\text{C}$;
- температура пятидневки с обеспеченностью 0,98 равна $t_n^V = - 16^{\circ}\text{C}$;
- средняя температура отопительного периода $t_{от.пер} = +2,7^{\circ}\text{C}$;
- продолжительность отопительного периода $Z_{от.пер} = 129$ суток.

Температура воздуха внутри помещений для обеспечения достаточного уровня комфортности принималась равной $t_v = +22^{\circ}\text{C}$.

Тогда ГСОП = $(22 - 2,7) \times 129 = 2490$ град x сут.

В соответствии с полученным значением ГСОП по КМК 2.01.04-97* принимаем:

- для стен зданий расчетное сопротивление теплопередаче по зимним условиям эксплуатации $R^{тр}_0 = 2,6 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;
- для чердачных покрытий $R^{тр}_0 = 3,7 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;
- окон и балконных дверей $R^{тр}_0 = 0,42 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;
- фонарей $R^{тр}_0 = 0,34 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

Теплотехнические расчеты выполнялись с использованием программного комплекса «BASE» (версия 7.3).

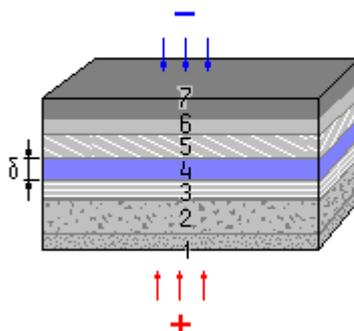
Наружная оболочка для расчета была принята следующего конструктивного решения:

- штукатурка шпатлевкой, толщиной 20 мм;
- железобетонная стена, толщиной 160 мм;
- **пароизоляционный слой из**
- утеплитель из минеральной ваты из стекловолокна волокна со средней плотностью 50 кг/м³;
- **гидроизоляция**

Результаты расчета

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

1. - Исходные данные:



Тип здания - Жилые дома

Тип конструкции – Наружная оболочка

Условия эксплуатации ограждения:

Температура наружного воздуха -16 град.

Температура внутреннего воздуха 22 град.

Средняя температура отопительного периода 2.7 град

Продолжительность отопительного периода 129 дней

Характеристика ограждения:

Номер слоя	Толщина, м	Наименование	Величина	Ед. измерения	Материал слоя
1 слой:	0.02	Теплопроводность	0.87	Вт/(м*град)	- штукатурка
2 слой:	0.16	Теплопроводность	1.86	Вт/(м*град)	- Железобетонная стена
3 слой:	Нулевой				
4 слой:	подбор	Теплопроводность	0.06 Вт/(м*град)	- Плиты жест. и п/ж G=50кг/м3	
5 слой:	Нулевой				
6 слой:	Нулевой				
7 слой:	0.02	Теплопроводность	0.76	Вт/(м*град)	- Цементная штукатурка

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности $23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$

Требуемое сопротивление ограждения теплопередаче $2,6 \text{ м}^2 \cdot \text{град}/\text{Вт}$

Режим работы ограждающей конструкции:

Эксплуатация; режим помещений - Нормальный (55%); зона влажности
- Сухая

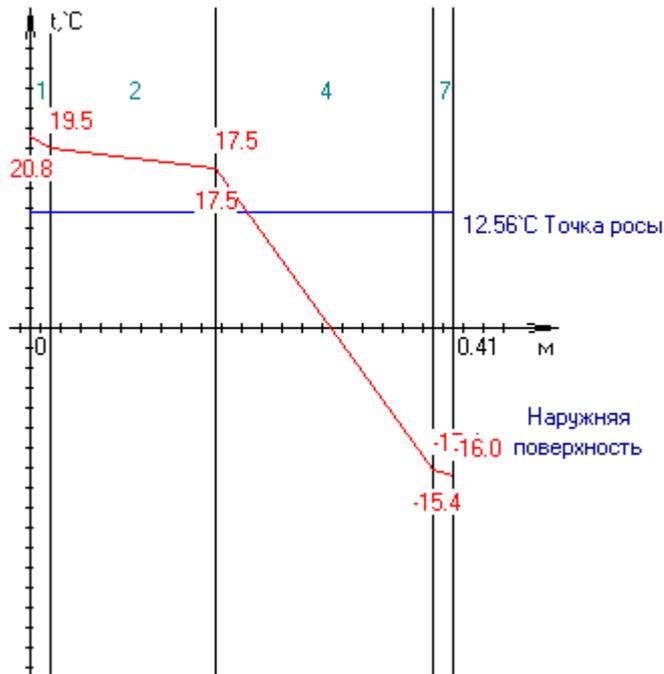
Требуется произвести:

Расчет толщины 4-го слоя по условию теплопередачи

2. - Выводы:

Сопротивление теплопередаче ограждения: 3.781 м²*град/Вт

Требуемая толщина 4-го слоя: 0.21 м



Требуемая толщина 4-го слоя (утеплителя) 0,21 м

Фактическое сопротивление теплопередаче ограждения 3,78 м²*град/Вт

Температура на контакте слоев ограждения:

Точка измерения температуры	Величина	Ед. измерения
На внутренней поверхности стены	20.3	град.
Между 1 и 2 слоями	18.4	град.
Между 2 и 3 слоями	15.6	град.
Между 3 и 4 слоями	15.6	град.
Между 4 и 5 слоями	-15.2	град.
Между 5 и 6 слоями	-15.2	град.
Между 6 и 7 слоями	-15.2	град.
На наружной поверхности стены	-16.0	град.

Температура точки росы 12,56 град.

Далее полученная конструкция стены была проверена на теплоустойчивость и воздухопроницаемость.

Результаты расчета

Теплотехнический расчет ограждающих конструкций

1. - Исходные данные:

Тип здания - Жилые дома

Тип конструкции - СТЕНА

Условия эксплуатации ограждения:

Температура наружного воздуха -16 град.

Температура внутреннего воздуха 22 град.

Средняя температура отопительного периода 2.7град.

Продолжительность отопительного периода 129 дней

Характеристика ограждения :

Номер слоя	Толщина, м	Наименование	Величина	Ед. измерения	Материал слоя
1 слой:	0.02	Теплопроводность	0.76	Вт/(м*град)	- Цементная штукатурка
2 слой:	0.38	Теплопроводность	0.7	Вт/(м*град)	- Кладка из обычн. кирпича
3 слой:	Нулевой				
4 слой:	0.09	Теплопроводность	0.052	Вт/(м*град)	- Плиты жест. и п/ж G=50кг/м3
5 слой:	Нулевой				
6 слой:	Нулевой				
7 слой:	0.02	Теплопроводность	0.76	Вт/(м*град)	- Цементная штукатурка

Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности 8,7 Вт/(м²*град)

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности 23 Вт/(м²*град)

Требуемое сопротивление ограждения теплопередаче 2,4 м²*град/Вт

Режим работы ограждающей конструкции:

Эксплуатация; режим помещений - Нормальный (55%); зона влажности
- Сухая

Требуется произвести:

Проверку ограждения на сопротивление теплопередаче

Расчет ограждающей конструкции на теплоустойчивость

Расчет ограждающей конструкции на паропроницаемость

Расчет ограждающей конструкции на воздухопроницаемость

Среднемесячная температура за июль 25,9 град.

Амплитуда суточных колебаний воздуха в июле месяце 16,5 град.

Минимальная скорость ветра за июль 0 м/с

Значение суммарной солнечной радиации, для стен - как для вертикальных
поверхностей, для покрытий - как для горизонтальных:

максимальное 2331 Вт/м²

среднее 542 Вт/м²

Отделка наружной поверхности: Штукатурка цементная светло-голубая

Коэффициент поглощения солнечной радиации 0.3

Характеристики сезонных периодов (средняя температура /

Продолжительность:

зимнего ($t < -5$ град.С) 3,3 град.С / 3 мес.

весенне-осеннего ($-5 > t > +5$ град.С) 19 град.С / 5 мес.

летнего ($t > +5$ град.С) 33,7 град.С / 4 мес.

с отрицательными температурами ($t < 0$ град.С) -3,7 град.С / 4 мес.

Давление водяного пара:

периода с отрицательными температурами 250 Па

среднегодовое 930 Па

Высота здания до верха вытяжной шахты 7.5 м

Максимальная скорость ветра за январь месяц 2,5 м/с

2. - Выводы:

Сопротивление ограждения теплопередаче ДОСТАТОЧНО

Требуемое сопротивление ограждения теплопередаче 3.7 м²*град/Вт

Фактическое сопротивление ограждения теплопередаче 3.78 м²*град/Вт



Точка измерения температуры	Величина	Ед. измерения
На внутренней поверхности стены	20.8	град.
Между 1 и 2 слоями	19.5	град.
Между 2 и 3 слоями	17.5	град.
Между 3 и 4 слоями	17.5	град.
Между 4 и 5 слоями	-15.4	град.
Между 5 и 6 слоями	-15.4	град.

Между 6 и 7 слоями	-15.4	град.
На наружной поверхности стены	-16.0	град.

Фактическое сопротивление воздухопроницанию 141953.6 м²*ч*Па/кг

Нормируемое сопротивление воздухопроницанию 19.37 м²*ч*Па/кг

Сопротивления паропроницаемости ДОСТАТОЧНО.

Амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности 0.24 град.С

Нормируемая амплитуда колебаний температуры поверхности 2.01 град.С

Теплоустойчивости ограждающей конструкции ДОСТАТОЧНО.

3.5. Рекомендации по проектированию энергоэффективных жилых домов в г. Ташкент, г. Бухара и г. Самарканд.

1. Сухой жаркий климат Республики Узбекистан определяет одно из основных требований к проектированию объемно-планировочных и конструктивных решений жилых зданий массовой застройки – обеспечение минимального расходования энергии на поддержание благоприятного микроклимата помещений и в условиях жаркого лета, и в условиях зимы.

2. Уменьшению площади наружных ограждающих конструкций, обеспечивающему снижению перетоков тепла между внешней и внутренней средой помещений, способствует оптимизация формы объема здания. Наиболее выгодной в энергетическом отношении является форма сферы (глава 3.4), также следует отдать предпочтение форме куба (глава 3.2, 3.3).

3. В квартирах жилых домов следует предусматривать выделение помещений с активным выделением теплоты (кухни, постирочные) от энергетически пассивных. Такими разделяющими объемами могут служить объемы холла, коридора и остекленного летнего помещения.

4. В качестве дополнительного источника отопления целесообразно устройство гелиоприемника - оранжереи, ориентированной на южную сторону горизонта и позволяющей аккумулировать солнечное тепло. Наружное ограждение оранжереи целесообразно выполнять из трехслойных стеклопакетов, которые позволят, с одной стороны, пропускать солнечное тепло внутрь оранжереи, а с другой стороны, будут препятствовать выходу тепла во внешнюю среду. Для аккумуляции солнечного тепла необходимо устройство энергоактивного ограждения оранжереи с трех других сторон. Наиболее удобным конструктивным решением энергоактивного ограждения следует признать железобетонную стену со специальными внутренними контейнерами, заполненными гравием или щебенкой. В этом случае энергоактивные ограждения будут улавливать прямую и рассеянную коротковолновую солнечную радиацию и, нагреваясь, начнут излучать

длинноволновую радиацию, то есть превращать коротковолновую радиацию в полезную теплоту, которую можно использовать для дополнительного отопления здания. Препятствовать выходу длинноволновой радиации наружу будет трехслойное остекление оранжереи, что, в свою очередь, приведет к повышению температуры внутри оранжереи и на поверхностях ограждений. Аккумулятором тепла в оранжерее может служить и конструкция ее пола. Следует проектировать его (в местах отсутствия проходов) в виде слоя гравия толщиной 100 мм. Увеличение толщины не приведет к повышению эффекта теплоаккумуляции.

Устраивать оранжерею рационально под выступающим верхним этажом, то есть не в виде пристройки к зданию. При этом отсутствует необходимость в создании покрытия оранжереи и его эксплуатации (очистки, водоотвода). Кроме того, не требуется утепления пола этажа, расположенного над оранжереей.

Для распространения теплого воздуха из оранжереи по смежным помещениям следует предусматривать сквозные отверстия в верхней части энергоактивных стеновых ограждений на расстоянии 300 ÷ 400 мм. А для поступления охлажденного воздуха из помещений жилого дома в оранжерею аналогичные отверстия должны быть предусмотрены в нижней части стены на высоте 200 ÷ 300 мм от пола.

5. В индивидуальных жилых домах целесообразно жилые помещения, ориентированные на северную сторону горизонта, проектировать на отметке от 500 мм до полувысоты этажа выше, чем другие помещения. При этом при наличии сквозных отверстий в нижней части стены организуется горизонтальное движение охлажденного воздуха в сторону южно-ориентированных помещений, имеющих дополнительный обогрев в зимнее время за счет солнечной радиации. Оптимальным можно считать «сток» прохладного воздуха в расположенный с южной стороны здания гелиоприёмник. Этот же прием позволит улучшить микроклимат помещений и в летнее время.

6. В жилых зданиях большинство помещений имеют одинаковые температурно-влажностные условия и характеристики воздушной среды. Исключения составляют кухни, ванны, санитарные узлы и постирочные. В связи с этим, целесообразно обеспечить воздушным массам наиболее равномерное распространение по объему здания. В уровне одного этажа этому способствуют сквозные отверстия в стеновых ограждениях, а в случае индивидуального строения следует предусматривать двухсветные пространства – холлы, расположенные в центре планировочного решения и имеющие светоаэрационные фонарные надстройки. В этом случае организуется дополнительное вертикальное движение воздушных масс, которое может благоприятно влиять на микроклимат помещений и в летнее перегревное время.

7. Для обеспечения высоких теплозащитных свойств наружных ограждений зданий следует применять многослойные конструкции с использованием долговечных и огнестойких теплоизоляционных материалов, например, минераловатных плит на основе базальтового волокна.

8. В качестве покрытий жилых зданий следует предусматривать чердачные скатные крыши с утепленным чердачным перекрытием. Такое решение более рационально с точки зрения дальнейшей эксплуатации здания, так как позволяет осуществлять беспрепятственный контроль за состоянием несущих стропильных конструкций, элементов обрешетки и кровельного ковра. В летнее перегревное время чердачная крыша позволяет осуществлять интенсивное проветривание при наличии слуховых окон, расположенных с противоположных сторон. Эффект может быть усилен в том случае, если одна из сторон чердачной крыши будет ориентирована перпендикулярно направлению господствующего в июле ветра.

9. Конструктивное решение окон и дверей должно обеспечивать надежную изоляцию стыков с глухими частями стен, тем самым снижая уровень инфильтрационных воздушных потоков. Оконные блоки должны обладать наиболее высокими термическими сопротивлениями из имеющихся

в доступной номенклатуре изделий, в противном случае, следует предусматривать специальные утепленные ставни или шторы, закрываемые в ночное время.

10. В структуре жилых зданий следует предусматривать вертикальные и горизонтальные озелененные пространства, способствующие улучшению воздушной среды помещений.

11. Для снижения отрицательного воздействия солнечной радиации необходимо все оконные проемы, кроме ориентированных на северный сектор горизонта, оснастить солнцезащитными устройствами, не препятствующими аэрации помещений. Для остекленной поверхности оранжереи следует предусматривать наклонные козырьки в верхней части. Территорию вокруг здания следует озеленять и обводнять.

12. Для индивидуальных домов, предназначенных для строительства в городах Бухара и Самарканд целесообразно предусматривать летнее помещение в виде двухсветного открытого айвана на северной стороне фасада.

Выводы по главе 3

1. Разработаны объемно-планировочные решения индивидуальных жилых домов, отвечающих принципам проектирования энергоэффективных объектов для условий сухого жаркого климата Республики Узбекистан, основанные на историческом опыте национального узбекского жилища и опыте строительства современных энергосберегающих объектов.

2. Разработаны конструктивные решения наружных ограждающих конструкций зданий, обеспечивающие повышенную теплозащиту его наружной оболочки и благоприятный микроклимат помещений в зимнее и летнее время.

3. Разработаны практические рекомендации по проектированию энергоэффективного индивидуального жилого дома для климатических условий Республики Узбекистан.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ научной литературы позволил установить основные принципы разработки проектного решения жилого дома, отвечающего современным требованиям экономии энергии в процессе их эксплуатации, ориентированные на исторический опыт национального узбекского жилища и опыт строительства современных энергосберегающих объектов.

2. Установлена необходимость применения в жилых зданиях альтернативных источников теплоснабжения, в первую очередь, солнечной радиации.

3. Разработаны объемно-планировочные решения энергоэффективных индивидуальных жилых домов для различных климатических условий Республики Узбекистан, а также конструктивное решение их наружных ограждающих конструкций.

4. Разработаны практические рекомендации по проектированию энергоэффективных жилых домов для г. Ташкент, г. Бухара и г. Самарканд.

Библиографический список

1. Богословский В.Н. Три аспекта создания здания с эффективным использованием энергии. // АВОК, 1998 г. №3.
2. Богословский В.Н. Задача создания зданий с эффективным использованием энергии // Экономия энергии в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: Сб. научн. трудов МИСИ – Москва, 1985.- С. 3 - 15.
3. Бродач М.М. Изопериметрическая оптимизация солнечной энергоэффективности зданий// Гелиотехника.- Ташкент, 1990.- № 2.- С 26 – 31.
4. Граник Ю.Г., Магай А.А., Беляев В.С. Формирование новых типов энергоэффективных жилых зданий // Жилищное строительство.- Москва, 2003.- № 10.- С. 5 - 8.
5. Граник Ю.Г. Теплоэффективные ограждающие конструкции жилых и гражданских зданий // Строительные материалы.- Москва, 1999.- № 2.- С. 4 – 6.
6. Данилевский Л.Н. Основные требования к конструкции и инженерным системам энергоэффективных зданий// Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века – Москва, 2006 .- №7.- С.66 - 67.
7. Данилевский Л.Н. Основные требования к конструкции и инженерным системам энергоэффективных зданий // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века – Москва, 2006.- № 7.- С. 66 – 67.

8. Дмитриев В.М. Вопросы использования архитектуры узбекского народного жилища в современной практике. – Ташкент.: «Фан», 1980 – 63с.

9. Дроздов В.А., Кармилов С.С., Табунщиков Ю.А., Матросов Ю.А. Пути экономии энергии при строительстве и эксплуатации зданий // Жилищное строительство.- Москва, 1981.- № 10.- С. 27 - 31.

10. Крупнов Б.А. О повышении теплозащитных свойств заполнений световых проемов в жилых и общественных зданиях// Экономия энергии в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: Сб. трудов МИСИ. - М.: МИСИ .- 1985.- С. 70 -74.

11. Кувшинов Ю.Я. Тепловая нагрузка на системы отопления и вентиляции в холодное время года // Экономия энергии в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха: Сб. трудов МИСИ. - М.: МИСИ .- 1985.- С. 15 - 22.

12. Насонов Е.А., Кадыров Р.Р., Бубнов А.В. Энергосберегающие архитектурно-планировочные решения жилых домов. – «Архитектура и строительство Узбекистана», №1, 2004. -375с.

13. Оболенский Н. В. Архитектура и солнце. – М.: Стройиздат. – 1988.
2. А. Я. Штейнберг: Под ред. д.т.н. А. Л. Подгорного. Солнцезащита зданий. – К.:Будівельник. –1986

14. Савин В.К. Строительная физика: энергоперенос, энергоэффективность, энергосбережение.- М.: Лазурь, 2005.- 432 с.

15. Савин В.К. Энергоэффективность наружных конструкций зданий //Энергосбережение. - Москва, 2002.- № 6.- С. 38 - 41.

16. Солдатов Е.А., Азизов П. Архитектурно-строительные средства повышения тепловой эффективности гражданских зданий.- Ташкент.: Узбекистон, 1994.- 328 с.

17. Солдатов Е.А., Каххаров У.К. Эффективное использование положительных факторов наружной среды для улучшения теплового режима

зданий // Архитектура и строительство Узбекистана. – Ташкент, 1965.- № 7-
С. 30 - 31.

18. Солнцезащита и микроклимат гражданских зданий в Средней Азии
// Сб. науч. трудов ТашЗНИИЭП – Ташкент: 1982. – 96 с.

19. Суханов И.С. Лучистая энергия солнца и архитектура – Ташкент:
Фан, 1973. – 224 с.

20. Табунщиков Ю. А. Строительные концепции зданий XXI века в
области теплоснабжения и климатизации // АВОК. – Москва, 2005.-№ 4. -
С. 5 - 14.

21. Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Энергоактивное
здание. – М: АВОК-ПРЕСС, 2003. –С. 5-14.

22.Харкнесс Е., Мехта М. Регулирование солнечной радиации в
зданиях. – М: Стройиздат.-1984.

23. Холщевников В.В., Луков А.В. Климат местности и микроклимат
помещений.- М.: АСВ.- 2001.- 199 с.

24. Щипачева Е.В. Вопросы оптимизации теплоэнергетического
воздействия внешней среды на тепловой баланс здания // Бюллетень
строительного комплекса Республики Башкортостан.- Уфа, 2006.- № 4. - С.
54 – 59.

25. ҚМҚ 2.01.01-94 Климатические и физико-геологические данные
для проектирования. - Ташкент: Госкомархитектстрой, 1994. – 27 с.

26. ҚМҚ 2.01.04-97 Строительная теплотехника. - Ташкент:
Госкомархитектстрой, 1997. – 74 с.

27. ҚМҚ 2.01.18-2000 Нормативы расхода энергии на отопление,
вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений. - Ташкент:
Госкомархитектстрой, 2000. – 48 с.

28. ҚМҚ 2.04.05-97* Отопление, вентиляция и кондиционирование. -
Ташкент: Госкомархитектстрой, 2004. – 56 с.

29. ҚМҚ (ШНҚ) 2.08.01-05 Жилые здания. - Ташкент:
Госкомархитектстрой, 2006. – 128 с.

30. ҚМҚ Нағрузки и воздействия - Ташкент: Госкомархитектстрой, 2006. – 128 с.

31. www.baucolor.ru

32. www.brevitor.ru

33. www.brud.ru

34. www.ceresit.ru

35. www.diat.ru

36. www.duvils.ru

37. www.hydromax.ru

38. www.infocosmos.ru

39. www.paroc.com

40. www.qasell.ru

41. www.rockwool.ru

42. www.thermomax.ru

43. Feist W. Passivhaus – Faktor 10 zum Anfassen 4. Passivhaustagung 10-12 März 2000. Kassel 2000.- S. 11- 19.

44. Feist W., Peper M. Gurg GEPHEUS – Proektinformation – 35/Technische Endbereich . Hannover, 2001.

45. Gurg M. Global denken, konkret handeln – Umsetzung einer nachhaltigen Energiestrategie am Beispiel Hannover.- 10. Internationale Passivhaustagung 19 – 21 Mai 2006.- Hannover, 2006.- S. 33 - 47.

46. Internationale Passivhaustagung 19 – 21 Mai 2006.- Hannover, 2006.- 634 s.

