

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

На правах рукописи
УДК 728.226

МИНГЯШАРОВ АБДУРАХИМ ХЎРОЗ ЎҒЛИ

**САНАЦИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ
ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ УЗБЕКИСТАНА С ПРИМЕНЕНИЕМ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ**
(на основе опыта Германии)

5А340201 – Строительство зданий и сооружений

Диссертация на соискание академической степени магистра

Работа рассмотрена и
допускается к защите

Зав.кафедрой «Здания и сооружения»
_____ к.т.н.,доц. Сайфиддинов С.С.
« ____ » _____ 2014 г.

Начальник отдела магистратуры

_____ к.э.н.,доц.Маманазаров О.Ш.
« ____ » _____ 2014 г.

Научный руководитель
_____ к.арх.н..доц. Захидов М.М.

Ташкент – 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
I. ОПЫТ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАН.....	8
1.1. Применение энергосберегающих технологий в малоэтажных и многоэтажных жилых зданиях.....	8
1.2. Энергосберегающие нормативы КМК для Узбекистана....	17
1.2.1. КМК 2.01.18-2000*.....	17
1.2.2. КМК 2.01.04-97*.....	26
1.3. Энергетическая реконструкция существующих зданий...39	
1.4 Энергосберегающие технологии в крупнопанельных жилых домах Берлина.....	53
II. ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ 9-Х ЭТАЖНЫХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ.....	57
2.1. Описание проекта и объекта по результатам обследования.....	57
2.2. Состояние ограждающих конструкций и элементов здания построенное в 1984ом году и выбор стратегии энергетической реконструкции.....	64
III. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ.....	70

3.1. Фактические расходы тепловой энергии в существующих жилых домах.....	70
3.2. Технико-экономической оценки энергетической реконструкции существующих зданий и выбор стратегии энергетической реконструкции.....	73
ВЫВОДЫ.....	78
Список использованных литератур.....	80
Приложения.....	83

ВВЕДЕНИЕ

Развитие промышленного производства, рост народонаселения на Земном шаре обусловили в течение второй половины XX века существенное увеличение потребностей в топливно-энергетических ресурсах. По данным Всемирного энергетического союза к 2020 году потребность в топливно-энергетических ресурсах возрастает с 10,8 млрд. т.н.э. до уровня 17,0 млрд.т.н.э. Самым главным отрицательным результатом развития мировой энергетики основанной на использование традиционных топливно-энергетических ресурсов является неуклонный рост эмиссии парниковых газов. К 2020 году выброс парниковых газов CO₂ увеличивается вдвое и может составит 10,23 млрд. тонн/ 3/.

С другой стороны, существует и другой предел все нарастающему использованию ископаемого топлива. Это ограниченность их запасов- что ставит под угрозу устойчивое развитие общества.

Определяя энергетическую проблему, одним из важнейших факторов в устойчивом развитии общества мировое сообщество на ряде своих форумов выработало принципиальные рекомендации, выдвинув проблему энерго-и ресурсосбережения в качестве главного направления, при этом ставится задача всемерного развития работ по использованию различных видов возобновляемой энергии.

Так Европейская комиссия обязала членов ЕС разработать программы, обеспечивающие к 2010 году покрытие 10% своих энергетических потребностей за счет возобновляемых источников энергии. Англия и Германия уже разработали такие программы. В Чехии принята Правительственная программа по возобновляемой энергетике.

В своих выступлениях по проблемам безопасности и устойчивого развития Президент Узбекистана И.А.Каримов указывал на важность и необходимость развития работ по использованию и ресурсов возобновляемых источников энергии в Узбекистане. К сожалению, несмотря на имеющиеся

большой научно-технический потенциал и наличие производственных мощностей строительство и эксплуатация объектов возобновляемой энергетики находится в начальном экспериментальном состоянии/1 /.

Энергетическая проблема для нашей Республики представляет одну из ключевых технических, экономических и социальных проблем. Издание 1 марта 2013 года Президентом Республики Узбекистан Указа, О мерах по дальнейшему развитию альтернативных источников энергии” определяет важность и перспективность использования для нашей страны возобновляемых источников энергии.

В Узбекистане накоплен значительный опыт проведения научных и экспериментальных исследований в области применения альтернативных источников энергии, прежде всего солнечной энергии, по которым разработки проводятся в течение многих десятилетий/ 3-6/.

Законом Республики Узбекистан «О рациональном использовании энергии» предусматривается использование возобновляемых источников энергии, как важного направления в обеспечении экономии истощаемых углеводородных видов топлив и восполнение энергетических ресурсов страны в целях обеспечения устойчивого развития энергетики являющейся базовой отраслью экономики страны/ 2/.

Изучая сложную ситуацию в топливно-энергетической промышленности, рабочей группой, выполнен анализ состояния и перспектив использования сырьевых ресурсов с учетом запасов и динамики развития добычи ископаемого топлива обеспечивающее прогнозируемое развитие экономики страны.

Получены прогнозные оценки, по стране, валового потенциала энергии возобновляемых источников по регионам, разработаны возможные сценарии их использования и определены ожидаемые замещения минерального топлива.

Проработаны экологические и социальные аспекты использования альтернативной энергии. Собранные и анализированные материалы в данной области доказывают о необходимости ускорения использования возобновляемых источников энергии в первую очередь в сельских населенных

пунктах, особенно в районах не обеспеченных природным газом и электрической энергией.

Проработаны сценарии использования ВИЭ с учетом международных требований к развитию энергетики любой страны с применением критериев национального уровня. При этом смоделированы сценарии развития энергетики. По традиционному развитию без вовлечения альтернативных источников, и наиболее эффективному сценарию с ведением активной политики использования возобновляемых источников энергии. При этом определены возможные положительные структурные сдвиги в производственной структуре баланса первичных топливно-энергетических ресурсов.

По результатам работы на макроэкономическом уровне сценария прогнозной потребности в первичных топливно-энергетических ресурсах баланса и потребления этих ресурсов на период 2010-2020гг. и принимая во внимание ситуации по выбросам загрязняющих веществ по областям республики, дефицита электроэнергии в отдельных регионах, проблемы с отоплением сельских домов в отдельных регионах, прогнозируемой социально-демографической ситуации и имеющегося опыта использования ВИЭ выявлены приоритетные направления вовлечения в баланс возобновляемых источников энергии по областям республики.

После мирового энергетического кризиса 1974 года в мировой строительной и архитектурной практике уделяется огромное внимание проблеме экономии топливно-энергетических ресурсов, затрачиваемых на теплоснабжение зданий.

Энергопотребление зданий, которое не было определяющим показателем в прошлом, стало доминирующим критерием качества проекта. С течением времени изменялся и расширялся объект изучения: эффективность использования энергии в здании.

Если в самом начале строительства энергоэффективных зданий, вплоть до начала 1990-х годов, основной интерес представляло изучение

мероприятий по экономии энергии, то уже в середине 1990-х годов приоритет отдается тем энергосберегающим решениям, которые одновременно способствуют повышению качества микроклимата.

Рабочая гипотеза. В решении реальных вопросов энергосбережения на первом этапе большое значение приобретает рациональное энергосбережение в существующих зданиях, так как основная часть нерационально тратившейся энергии приходит именно на существующие, построенные без учета энергосбережения, здания.

Цель исследования Определение рациональных решений повышения энергоэффективности существующих многоэтажных жилых домов массового строительства с учетом современных норм проектирования.

Задачи исследования:

- Изучение опыта повышения энергоэффективности зданий;
- Изучение особенностей проведения энергетической реконструкции зданий;
- Расчетно-теоретические исследования по определению энергопотребления зданий в момент строительства и в нынешнем состоянии;
- Исследование возможных путей энергосбережения в зданиях;

Объект исследования: построенный по старым нормативам 9-ти этажный крупнопанельный жилой дом 148СП серии на пл. Беруни дом 2. в г. Ташкенте. Этот дом был выделен хокимиятом г. Ташкента для санации в соответствии с технологией применяемой в Восточной части Германии.

I.

ПЫТ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА

1.1. Применение энергосберегающих технологий в малоэтажных и многоэтажных жилых зданиях

Проблема формирования новых типов энергоэффективных жилых зданий, помимо архитектурно-технического, включает также социально-экономический аспект, существенно влияющий на уровень потребления энергоресурсов. Развитие жилищного строительства пошло по пути социальной адресности. Комфортность и качественный уровень жилища в настоящее время определяются не потребностями тех или иных семей, а уровнем их обеспеченности. Ориентировочно жилище в настоящее время можно разделить на два основных вида: муниципальное, бесплатно предоставляемое малоимущим слоям населения, и коммерческое – для обеспеченных слоев населения.

Социально-экономическая среда, сформированная новыми собственниками и предпринимателями, оказала значительное влияние на архитектуру жилища. В настоящее время на рынке присутствует множество вариантов недвижимости, начиная от типовых квартир в секционных домах – муниципальное жилье, квартир в блокированных жилых домах, квартир в элитных жилых домах и комплексах до пентхаусов. Такое разнообразие типов жилых зданий сказывается на потреблении энергетических ресурсов в целом.

Если в муниципальных домах возможно за счет комплекса архитектурно-технических мероприятий резко сократить энергопотребление, то в коммерческих домах вследствие их значительно большей энергонасыщенности эффект от внедрения таких мероприятий может быть значительно снижен. Это обусловлено тем, что в состав указанных зданий, помимо квартир с увеличенной общей и жилой площадью, включаются подземные стоянки, магазины, новейшие телекоммуникационные системы,

тренажерные залы, бассейны, солярии, рестораны, бары или кафетерии, приемные пункты службы быта, косметические салоны, боулинги, зимние сады, бильярдные, а также специальное инженерное оборудование и др. Под специальным инженерным оборудованием понимаются принудительная приточно-вытяжная вентиляция, центральное и местное кондиционирование, автономные системы фильтрации воды и даже встроенный пылесос. Применяемая в элитных жилых домах и комплексах система кондиционирования является объектом повышенного энергопотребления.

Помимо этого, в элитных квартирах используют такое энергоемкое оборудование и приборы, как теплый пол, многоуровневый потолок с освещением, освещенные ниши и проходы, установку нескольких телевизоров или устройство домашнего кинотеатра, СВЧ, компьютеры, квартирные сауны и т. п. Все это ведет к общему повышению энергопотребления в коммерческом жилище по сравнению с муниципальным.

Комплекс архитектурно-технических мероприятий по повышению энергоэффективности жилых зданий предусматривает разработку рациональных объемно-планировочных решений домов, теплоэффективных конструкций наружных ограждений, инженерных систем, контрольно-измерительных и регулирующих приборов, а также использование нетрадиционных источников тепла.

Объемно-планировочные решения жилых домов в значительной мере влияют на их энергоэффективность. В первую очередь следует остановиться на этажности зданий. Исследования отечественных ученых показали, что многоэтажные 17–25 и более этажные жилые дома испытывают особые воздействия окружающей среды. На высоте вокруг домов возникают мощные вихревые потоки, вызывающие дополнительные нагрузки на конструкции. Ветер «давит» на одну из сторон дома, вызывая инфильтрацию и охлаждение воздуха в квартирах, расположенных с наветренной стороны, что требуется учитывать при теплотехнических расчетах отопительных систем. В самом здании возникает неблагоприятная обстановка в части воздушного режима и

микроклимата в помещениях квартир. Возникает так называемый переток отработанного воздуха с нижних этажей на верхние. Чтобы чистый воздух попадал в квартиры верхних этажей с улицы, гигиенисты рекомендуют два приема: устроить 1–2 уплотненные двери между лестнично-лифтовым холлом и квартирой и установить вытяжной вентилятор на вытяжке из кухни. Первое решение вполне выполнимо архитектурными приемами, а второе – лично проживающими.

Малоэтажные дома также не могут считаться теплоэффективными из-за большой удельной поверхности наружных ограждений по отношению к объему зданий. В этой связи в современных нормативных документах вводится такой показатель, как коэффициент компактности, представляющий собой отношение площади наружных ограждений к отапливаемому объему здания. Помимо этого, в нормативах предусматривается дифференцируемый допускаемый расход энергии на отопление жилого здания в зависимости от его этажности. По этим показателям оптимальная высота здания находится в диапазоне 9–16 этажей.

Рациональной компактностью характеризуются так называемые ширококорпусные дома. Такие дома позволяют снизить теплопотери, микроклимат в них более устойчив, менее подвержен ветровому «выдуванию», выхолаживанию помещений квартир. Поэтому там, где это возможно, следует стремиться к уширению корпуса проектируемого жилого здания, поскольку это обеспечивает снижение теплопотерь за счет улучшения коэффициента компактности. При разработке индивидуальных проектов могут быть предложены другие архитектурно-планировочные решения, обеспечивающие теплоэффективность жилого здания. В частности имеются планировочные решения жилых зданий, основанные на лучевом расположении квартир. Такой планировочный прием позволяет размещать большее количество квартир на этаже (от 8 до 12) без удлинения вне квартирных коммуникаций. Эти решения обеспечивают уменьшение периметра наружных стен на единицу общей площади дома, уменьшение

длины наружных и внутренних инженерных коммуникаций, увеличение нагрузки на лифты, что в конечном итоге ведет к экономному расходованию энергетических ресурсов. Основные вне-квартирные коридоры при данном планировочном решении могут быть освещены вторым светом.

Рисунок (подробнее)



**Рис. 1. Схемы широко корпусного многоэтажного жилого дома
а- точечный дом; б- многосекционный дом.**

В качестве планировочного решения, улучшающего комфортность проживания и позволяющего сохранить тепло в помещении, можно рекомендовать рациональное соотношение длины и ширины комнаты. Установлено, что способность квадратной в плане комнаты противостоять наружным тепловым воздействиям уменьшается наполовину по сравнению с глубоким помещением. В удлиненном помещении улучшается температурный режим и особенно радиационный, но одновременно ухудшаются естественная освещенность и проветривание. Поэтому целесообразное соотношение глубины и ширины помещений могут приниматься в пределах 1,4–1,6. При таком соотношении более стабильно сохраняется температурный режим помещений.

При изучении влияния пониженной температуры на организм человека в период ночного сна ученые доказали, что температура воздуха может быть понижена до 14–15 °С. Такое регулирование температуры может быть достигнуто при внедрении покомнатного регулирования поступления тепла в отопительные приборы.

Целесообразно рассмотреть вопрос строительства жилых домов с внутренним расположением лестнично-лифтового узла, как это делается на Западе, а не с размещением лестничной клетки у наружной стены с обязательным естественным освещением. Такой прием позволил бы увеличить используемый световой фронт непосредственно для квартир, что, в свою очередь, увеличит количество квартир на этаже и изменит соотношение периметра наружных стен к ограждаемой площади в пользу последней. Кроме того, это обеспечит уменьшение теплопотерь здания за счет устранения неконтролируемого отапливаемого пространства, каким является лестничная клетка в наших жилых домах.

К значительному расходу тепла ведет организация на крыше или на двух последних этажах пентхаусов – отдельных коттеджей, возведенных на крыше многоэтажного жилого дома. Обязательным атрибутом пентхауса является выход на крышу большой террасой или большим остекленным пространством для видового обозрения окружающей среды. Поскольку квартиры находятся на верхних этажах и защищены от просматриваемости, остекление в некоторых домах практически осуществляется по периметру. Такое остекление в наших климатических условиях ведет к большому перерасходу энергии на отопление.

Значительное количество возводимых жилых домов строится с уже остекленными лоджиями или балконами, что придает архитектуре фасада дома единое, целостное выражение. Остекление лоджий и балконов позволяет снизить расход тепла. Вместе с тем необходимо учитывать, что остекление ухудшает условия инсоляции, снижает освещенность комнат естественным светом примерно на 30 %. Кроме того, остекление лоджий лишает помещение

прямого проветривания. Открывание части остекления не обеспечивает полноценного эффекта проветривания и вентиляции.

При градостроительном решении застройки, учитывая указанные ветровые нагрузки на малоэтажные здания, целесообразна установка ветрозащитных жилых домов с понижением этажности жилых зданий с подветренной стороны, что обеспечит теплозащиту жилых домов следующих за ветрозащитными. К сохранению тепла приводит применение градостроительного приема «замкнутых» дворов для укрытия от ветра, шума магистралей и улиц.

Малоэтажные дома также не могут считаться теплоэффективными из-за большой удельной поверхности наружных ограждений по отношению к объему зданий. В этой связи в современных нормативных документах вводится такой показатель, как коэффициент компактности, представляющий собой отношение площади наружных ограждений к отапливаемому объему здания. Помимо этого, в нормативах предусматривается дифференцируемый допускаемый расход энергии на отопление жилого здания в зависимости от его этажности. По этим показателям оптимальная высота здания находится в диапазоне 9–16 этажей.

В качестве планировочного решения, улучшающего комфортность проживания и позволяющего сохранить тепло в помещении, можно рекомендовать рациональное соотношение длины и ширины комнаты. Установлено, что способность квадратной в плане комнаты противостоять наружным тепловым воздействиям уменьшается наполовину по сравнению с глубоким помещением. В удлиненном помещении улучшается температурный режим и особенно радиационный, но одновременно ухудшаются естественная освещенность и проветривание. Поэтому целесообразное соотношение глубины и ширины помещений могут приниматься в пределах 1,4–1,6. При таком соотношении более стабильно сохраняется температурный режим помещений.

При изучении влияния пониженной температуры на организм человека в период ночного сна ученые доказали, что температура воздуха может быть понижена до 14–15 °С. Такое регулирование температуры может быть достигнуто при внедрении покомнатного регулирования поступления тепла в отопительные приборы.

Целесообразно рассмотреть вопрос строительства жилых домов с внутренним расположением лестнично-лифтового узла, как это делается на Западе, а не с размещением лестничной клетки у наружной стены с обязательным естественным освещением. Такой прием позволил бы увеличить используемый световой фронт непосредственно для квартир, что, в свою очередь, увеличит количество квартир на этаже и изменит соотношение периметра наружных стен к ограждаемой площади в пользу последней. Кроме того, это обеспечит уменьшение теплопотерь здания за счет устранения неконтролируемого отапливаемого пространства, каким является лестничная клетка в наших жилых домах.

Существенное снижение теплоэффективности жилого здания связано с изрезанностью фасадов, выступами, западами, ризалитами и другими аналогичными приемами. По данным МНИИИТЭП за счет этого затраты на отопление такого здания могут возрасти на 12–15 % по сравнению со зданием с плоским фасадом. Наличие эркеров по тем же данным не приводит к заметному снижению энергоэффективности здания.

К значительному расходу тепла ведет организация на крыше или на двух последних этажах пентхаусов – отдельных коттеджей, возведенных на крыше многоэтажного жилого дома. Обязательным атрибутом пентхауса является выход на крышу большой террасой или большим остекленным пространством для видового обозрения окружающей среды. Поскольку квартиры находятся на верхних этажах и защищены от просматриваемости, остекление в некоторых домах практически осуществляется по периметру. Такое остекление в наших климатических условиях ведет к большому перерасходу энергии на отопление.

Значительное количество возводимых жилых домов строится с уже остекленными лоджиями или балконами, что придает архитектуре фасада дома единое, целостное выражение. Остекление лоджий и балконов позволяет снизить расход тепла. Вместе с тем необходимо учитывать, что остекление ухудшает условия инсоляции, снижает освещенность комнат естественным светом примерно на 30 %. Кроме того, остекление лоджий лишает помещение прямого проветривания. Открывание части остекления не обеспечивает полноценного эффекта проветривания и вентиляции.

Для повышения теплоэффективности жилых зданий целесообразно применять такие архитектурные приемы, как ориентация здания по сторонам света с учетом преобладающих направлений холодного ветра, максимальное остекление южных фасадов и минимальное остекление северных фасадов. Указанные приемы застройки могут быть применены как для муниципального, так и для коммерческого жилища.

Экспериментальный 10-этажный жилой дом на 108 квартир со встроенными блоками теплиц третьего поколения с энерготехнологозависимыми модулями типа ТС-600А

Данный проект реализует концепцию экологической, продовольственной и белковой безопасности среды обитания для жителей крупных городов путем создания жилья с технологиями управляемого культивирования растений и человека на основе связанного кислорода и «живой» пищи.

Проект представляет собой жилой 10-этажный дом на 108 квартир со встроенными блоками теплиц третьего поколения с энергозависимыми модулями типа ТС-600А, общей площадью 12594,9 м², в том числе жилья – 8609,7 м², теплиц – 3985,2 м², с подземным гаражом для автомобилей (Рис.2.).



Рис. 2. 10-этажный дом на 108 квартир со встроенными блоками теплиц третьего поколения.

Проект 10-этажного дома на 108 квартир со встроенными блоками теплиц третьего поколения с энергозависимыми модулями типа ТС-600А.

Норма обеспеченности 22 м² общей площади на человека, что соответствует стандарту экономичного дома; в доме 3 жилых секции размерами 12,3 х 24,6 м каждая, этажей – 10, высота этажа – 2,8 м.

Встроенные блоки теплиц предназначены для обогащения воздуха жилых помещений связанным кислородом, утилизации CO₂, получения до 120–150 кгс/м² в год свежей экологически чистой живой овощной продукции, ягод (рис. 2).

В отделке фасада предусмотрены современные отделочные материалы. Наружные стены, внутренние стены и перегородки выполнены из силикатного кирпича. Несущие конструкции теплиц – из стальных оцинкованных профилей заводского изготовления. Ограждение теплицы – из поликарбонатных панелей по алюминиевым шпросам.

Проект выполнен для строительства в районах и пригородах крупных городов.



Рис. 4. Проект жилого дома со встроенными теплицами. Общий вид

1.2. Энергосберегающие нормативы КМК для Узбекистана

1.2.1. КМК 2.01.18-2000* "Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений"

В развитие строительных норм и правил и для успешной реализации в проектах новых нормативных требований разработано Пособие. Его цель – снабдить проектировщиков методическими рекомендациями по выбору наиболее энергоэффективных проектных решений и предоставить вспомогательные и справочные материалы, необходимые для правильного определения установленного норматива и для соблюдения новых нормативов расхода энергии при проектировании.

Энергоэффективность проектов зданий в Республике Узбекистан с 2000 года контролируется по величине расхода теплоты в расчётный наиболее холодный час зимы с температурой **Б** наружного воздуха. На расчётные параметры **Б** разрабатываются все теплозащитные ограждения здания, системы отопления, вентиляции, а в летнее время и кондиционирования.

Соответственно, максимально допустимые расходы теплоты (в тёплый период года холода) на 1 м^2 общей площади зданий нормируются в КМК 2.01.18-2000* также при наружных условиях по параметрам **Б**, приводимых в

КМК 2.01.01-94 "Климатические и физико-геологические данные для проектирования".

В КМК 2.01.18.2000* нормируются значения общего расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование, необходимой для поддержания требуемых внутренних условий и воздухообмена во всех помещениях здания.

Для холодного периода года регламентируется предельно высокое значение удельного расхода теплоты на отопление $q_o^{тр}$, Вт/м² и на вентиляцию $q_v^{тр}$, Вт/м².

Для жилых домов и зданий, где нагрев поступающего в здание наружного воздуха осуществляется от систем отопления, нормируется единый показатель удельного расхода теплоты на отопление и вентиляцию $q_{ov}^{тр}$, Вт/м².

Для тёплого периода года устанавливается норматив (предельно высокое значение) удельного расхода холода на кондиционирование $q_k^{тр}$, Вт/м².

Удельным называется расход теплоты (холода) приходящийся на 1 м² общей площади здания.

1.4 (1.1, 1.4*, 1.5). Требования по соблюдению нормативов расхода энергии не устанавливаются для зданий и сооружений:

- уникальных и экспериментальных объектов;
- временных и мобильных зданий;
- зданий и сооружений особого назначения.

Нормативные удельные расходы теплоты $q_{ov}^{тр}$, $q_o^{тр}$, $q_v^{тр}$ следует определять на стадии выбора основных архитектурных и технических решений проектируемого объекта по таблицам КМК 2.01.18-2000*, руководствуясь положениями, изложенными в разделе 2, а для зданий, отсутствующих в таблицах, рассчитывать согласно разделу 3 данного Пособия.

Необходимо учитывать, что значения нормативов, включающие все расходы теплоты (холода), достижимы при проектировании объекта только

при внедрении в проект современных энергосберегающих решений, регламентированных строительными нормами и правилами.

Необходимо учесть, что в холодный период года теплота теряется не только через наружные ограждения здания. Термические сопротивления наружных ограждений нормируются в КМК 2.01.04-97*, но соблюдение требуемого уровня теплозащиты далеко не достаточно для достижения эффективного энергопотребления зданием.

Помимо трансмиссионных теплопотерь через ограждения, теплота будет расходоваться:

- на вентиляцию, то-есть на подогрев подаваемого в помещения свежего наружного воздуха в необходимом количестве;

- на покрытие дополнительных потерь теплоты от отопительных приборов и прокладываемых в неотапливаемых помещениях и пространствах трубопроводов и воздуховодов.

При кондиционировании можно значительно сократить энергопотребление, запроектировав для здания:

- эффективные солнцезащитные устройства на светопрёмах;
- всемерно сократив внутренние тепловыделения в помещениях от оборудования;

В процессе проектирования объекта следует обеспечивать рациональное использование энергии за счёт:

- сокращения потерь теплоты через ограждающие конструкции здания за счёт повышения их термического сопротивления и сопротивления воздухопроницанию, а также исключения излишних площадей светопрёмов;

- снижения теплопоступлений в тёплый период года с помощью солнцезащитных устройств;

- применения технологического оборудования и процессов с наименьшими выделениями вентиляционных вредностей;

- эффективного укрытия оборудования, выделяющего вредности, применения местных отсосов с высокой эффективностью захвата вредностей;

снижения расходов наружного воздуха в системах вентиляции и кондиционирования за счёт организации рационального воздухообмена, увеличения ассимилирующей способности приточного воздуха по газу, теплоте и холоду, применения специально рассчитанных по условиям холодного периода года вентиляционных систем;

снижения потерь теплоты и холода от оборудования, трубопроводов и воздухопроводов, расположенных вне отапливаемых помещений;

Следует также уделить особое внимание соблюдению нормоположений, отмеченных звёздочкой «*» в строительных нормах и правилах: ШНК 2.08.02-09* "Общественные здания и сооружения", КМК 2.01.04-97* "Строительная теплотехника", КМК 2.04.05-97* "Отопление, вентиляция и кондиционирование", КМК 2.08.04-04* "Административные здания", КМК 2.03.10-95* "Крыши и кровли", содержащих вновь введённые требования по повышению энергетической эффективности строительных объектов.

Для проектируемых систем отопления, вентиляции и кондиционирования необходимо выбирать оборудование (водогрейные аппараты и котлы, вентиляторы, электродвигатели, автономные кондиционеры, холодильные машины и др.) с энергетической эффективностью и запасом по производительности, нормируемыми в разделе 4 КМК 2.01.18-2000*. В данном разделе приводятся также требуемые значения других характеристик оборудования и устройств, влияющих на расход энергии, которые необходимо соблюдать при проектировании.

По завершению проекта систем отопления и вентиляции (до разработки проекта кондиционирования), проверяют соблюдение нормативов расхода теплоты. Действуют в следующей последовательности:

а) Вычисляют фактические значения удельных расходов теплоты на отопление и вентиляцию здания q_{ov} Вт/м² по формуле:

$$q_{ov}^{des} = \frac{\sum_1^i Q_{oi} + \sum_1^j Q_{vj}}{A_F}, \quad (1.1)$$

где: сумма расчётных тепловых потоков всех обслуживающих здание систем отопления, Вт, определяемых согласно приложению 11* КМК 2.04.05-97*;

$\sum_1^i Q_{oi}$, $\sum_1^j Q_{vj}$ – сумма расчётных тепловых потоков всех систем теплоснабжения воздухонагревателей вентиляционных систем здания, Вт;

A_F – общая площадь здания, определяемая как сумма площадей всех этажей здания, измеренных на уровне пола в пределах внутренних поверхностей наружных стен, м².

При расчёте величины q_{ov}^{des} не учитывается расход энергии на системы и оборудование, перечисленные п.1.6 КМК 2.01.18-2000*.

б) Сравнивают фактические значения удельного расхода теплоты с нормативным. При $q_{ov}^{des} \leq q_{ov}^{тр}$ энергопотребление зданием в холодный период года считается удовлетворительным, соответствующим требованиям КМК 2.01.18-2000*.

в) При $q_{ov}^{des} > q_{ov}^{тр}$ необходимо заменить проектные решения более энергоэкономичными, добиваясь соблюдения норматива расхода теплоты.

1.11 (1.5). Затем приступают к проектированию систем кондиционирования (охлаждения) здания.

По методике, изложенной в разделе 4 данного Пособия, рассчитывают норматив удельного расхода холода на кондиционирование $q_k^{тр}$.

Выбирают технические решения по кондиционированию, выполняют расчёты, подбирают оборудование и осуществляют компоновку и другие работы, необходимые для завершения проекта систем кондиционирования зданий.

Определяют на основе разработанного проекта систем кондиционирования фактическое значение удельного расхода холода q_k^{des} , Вт/м², для здания по формуле:

$$q_k^{des} = \frac{\sum_1^h Q_{kh}}{A_F}, \quad (1.2)$$

где: - сумма расчётных потоков холода воздухоохладителей всех систем кондиционирования (охлаждения), обслуживающих здание, Вт.

Сравнивают фактическое значение удельного расхода холода с нормативным. При $q_k^{des} \leq q_k^{тр}$ энергопотребление зданием в тёплый период года считают удовлетворительным.

При $q_k^{des} > q_k^{тр}$ заменяют проектные решения систем кондиционирования, добиваясь сокращения расхода холода до достижения соответствия требованиям КМК 2.01.18-2000*.

Нормативные удельные расходы теплоты приводятся для здания в целом.

По таблицам 1*, 2а*, 2б* КМК 2.01.18-2000* следует определять значение норматива для жилых домов и общественных зданий, которые приводятся в таблицах.

Пользоваться таблицами 1*, 2а*, 2б* КМК 2.01.18-2000* следует после того, как будут определены:

- требуемый уровень теплозащиты здания, устанавливаемый согласно разделу 3 Пособия к КМК 2.01.04-97*;
- значение градусо-суток отопительного периода для проектируемого здания в месте его строительства;
- расчётная температура наружного воздуха в холодный период года по параметрам B , °С.

Значение градусо-суток отопительного периода D_d , °С·сут, рассчитывают по формуле:

$$D_d = (t_p - t_{от.пер}) z_{от.пер}$$

где: t_p – расчётная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая равной:

- для жилых, лечебно-профилактических и детских учреждений, школ, лицеев, колледжей, интернатов – 20 °С;

- для других общественных, а также административных и бытовых зданий – 18 °С;

- для производственных зданий – по нормам их проектирования;

$t_{от.пер}$ – средняя температура наружного воздуха отопительного периода, °С. Отопительным периодом, согласно п.3.1 КМК 2.04.05-97* считается период со средней суточной температурой наружного воздуха 10 °С и менее, а для лечебных, детских дошкольных учреждений, школ и интернатов – 12 °С и менее. Значение $t_{от.пер}$ определяют по табл.4 КМК 2.01.01-94.

$z_{от.пер}$ – продолжительность, сут, отопительного периода, определяемую (с учётом типа здания) по табл.4 КМК 2.01.01-94.

2.4. Расчётную температуру наружного воздуха в холодный период по параметрам t_{ext} , °С, определяют для заданного пункта строительства здания по табл. 4 КМК 2.01.01-94.

Для жилого здания нормативный удельный расход теплоты на отопление и естественную вентиляцию $q_{ov}^{тр}$, Вт/м², определяют по табл.1* КМК 2.01.18-2000*.

Нормативный удельный расход теплоты на отопление и естественную вентиляцию жилого здания $q_{ov}^{тр}$, Вт/м², при расчётной температуре наружного воздуха по параметрам **Б** с учётом выделений

теплоты в здании следует принимать по табл. 1 в зависимости от значения градусо-суток отопительного периода $D_d, ^\circ\text{C}\cdot\text{сут}$, района строительства.

Таблица 1

Типы жилых домов и сельских жилых домов	Нормативный удельный расход теплоты на отопление и естественную вентиляцию, Ватт на 1 кв. м общей площади, при значении градусо-суток отопительного периода $D_d, ^\circ\text{C}\cdot\text{сут}$		
	до 2000	св. 2000 до 3000	св. 3000
<u>Жилые дома до 4-х этажей:</u>			
1 – этажные;	132	139	154
2 – этажные;	104	110	123
3 – этажные;	83	86	96
4 – этажные	77	81	91
<u>5-этажные жилые дома</u>	74	78	87
<u>9-этажные жилые дома</u>	66	70	79
<u>Сельские жилые дома</u>			
Одноквартирные:			
одноэтажные;	129	136	150
двухэтажные	103	108	122
Блокированные:			
одноэтажные;	116	123	136
двухэтажные	90	96	108

Недостатки

КМК 2.01.18-2000 «НОРМАТИВЫ РАСХОДА ЭНЕРГИИ НА ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЮ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ» с Изменениями № 1 утверждённое приказом Госархитектстроя РУз от 12.07.2011 г., № 46.

1. Энергоэффективность проектов контролируется по величине расхода теплоты в расчётный наиболее холодный час зимы, с температурой B наружного воздуха, когда в мировой практике общепринято в этом качестве использовать годовой расход энергии (теплоты)

на квадратный метр площади. (экономичность автомобилей определяется расходом бензина на 100км пробега).

2. Как показывают расчетные и экспериментальные исследования существующие здания 4-х этажный жилой дом на Куйлюке и разработанные по старым нормам сельские жилые дома отвечают нормам энергосбережения КМК 2.01.18-2000. Расход энергии с реальными объектами выявлены что значения данных норм $q_{ov}^{тр}$, Вт/м², (таблица 1. стр.5) завышены.

3. Не учтены увеличение доли пассивного солнечного отопления при наружной изоляции массивных ограждающих конструкций, за счет увеличения теплоаккумулирующей способности здания.

Основание: результаты проведенных предварительных исследований в одноэтажном здании школы 24 Занги- атинского района Ташкентской области. Эффект солнечного отопления для ориентированных на юг классных помещений согласно экспериментам - 20%.

4. Почему при расчете $q_{ov}^{тр}$, Вт/м² наружная температура принимается -14град.

5. Ошибки расчета расхода тепла на вентиляцию: Объем вентиляции по старым нормам принят однократным в течение часа или 60м³ на одного чел. в час. Во Франции и Германии 0,4- 0,5 кратный воздухообмен в течение часа.

В жилых домах в дневное время большая часть семьи находится вне дома что снижает требуемый объем вентилируемого воздуха.

6. Главный недостаток: При разработке перспективных проектов энергоэкономичных зданий первостепенное значение уделяется к архитектурному решению. Именно удачный выбор архитектурно – планировочной структуры архитектурный эффект минимизации тепловых потерь и эффективного использования теплозащитных свойств теплоизоляционных материалов. **Именно архитектура определяет где и как эффективно использовать теплоизоляцию ограждающих конструкций.** Многие зависит от правильного архитектурного Нормативные документы для

разработки проектов энергосберегающих зданий составлены без учета соответствующих специальных норм по **эффективным архитектурным решениям** которые являются определяющими в разработке перспективных проектов энергоэкономичных зданий.

7. Проблемы с градусосутками. В домах с наружной теплоизоляцией значения градусодней будет меньше чем в обычные домах.

8. Необоснованные коэффициенты в формуле расчета $q_{ov}^{тр}$, Вт/м² они скопированы от российских СНиПов без учета климатических параметров Узбекистана в частности интенсивность и продолжительность солнечного сияния и вероятностные показатели типов погоды. Где явно должны учитываться прибавки солнечного тепла для южной, восточной и западной ориентации. Эти коэффициенты должны определяться расчетным путем и экспериментальными исследованиями.

1.2.2. КМК 2.01.04-97* "Строительная теплотехника"

В 2011 году осуществлена переработка строительных норм и правил КМК 2.01.04-97* "Строительная теплотехника" и ряда других ШНК и КМК, в целях повышения энергетической эффективности зданий, сооружаемых в Республике Узбекистан. Введено значительное количество новых нормоположений по применению в проектах прогрессивных энергосберегающих архитектурно-типологических и технических решений.

В развитие строительных норм и правил и для успешной реализации в проектах отдельных усложнённых нормативных требований разработано Пособие по пользованию этим нормативным документом. Его цель – снабдить проектировщиков методическими рекомендациями по выбору и расчёту соответствующего проектного решения, вспомогательными и справочными материалами для проектирования и примерами проектных решений.

Пособие создано на основе обобщения передовых научно-технических достижений разных стран и отечественной науки в области энергосбережения

и с использованием результатов дополнительно проведённых исследований по данной теме.

Проектирование тепловой защиты здания согласно КМК 2.01.04-97* и КМК 2.01.18-2000* осуществляют в следующей последовательности:

а) определяют расчётные наружные климатические параметры для района строительства здания;

б) выбирают расчётные внутренние параметры в помещениях проектируемого здания в зависимости от его назначения;

в) разрабатывают объёмно-планировочные решения и рассчитывают геометрические размеры здания;

г) определяют уровень теплозащиты здания согласно разделу 3;

д) определяют требуемые для данного уровня теплозащиты сопротивления теплопередаче $R_o^{тр}$ наружных стен, покрытий (чердачных перекрытий), перекрытий над проездами и холодными подпольями и подвалами, окон, балконных дверей и фонарей согласно разделу 4;

е) разрабатывают конструктивные решения наружных ограждений, добиваясь выполнения условия $R_o \Rightarrow R_o^{тр}$ и соблюдения других требований КМК 2.01.04-97*;

ж) определяют, согласно КМК 2.01.18-2000* и Пособия к нему, нормативный удельный расход теплоты на отопление и вентиляцию здания $q_{ov}^{тр}$;

з) принимают основные решения по устройству систем отопления и вентиляции здания, определяют расчётные тепловые потоки данных систем и вычисляют удельный расход теплоты для проектируемого здания q_{ov} ;

Расчётные наружные климатические условия

Параметрами климатических условий, которые учитываются в расчётах по строительной теплотехнике, являются температура и влажность воздуха, скорость ветра, интенсивность солнечной радиации. В качестве расчётных занормированы следующие значения параметров:

– выбранные близко к экстремальным значения температуры, влажности и скорости движения наружного воздуха в холодный период года;

– температура, максимальная амплитуда суточных колебаний температуры, скорость движения наружного воздуха, максимальное и среднее значения суммарной солнечной радиации в наиболее жаркий месяц года – июль.

2.3. Расчётные значения наружных климатических параметров установлены положениями КМК 2.01.04-97* и приведены в КМК 2.01.01-94 "Климатические и физико-геологические данные для проектирования". При отсутствии данных для конкретного пункта, расчётные значения следует принимать для ближайшего населённого пункта, который указан в КМК 2.01.01-94.

Расчётная температура наружного воздуха в холодный период года для проектирования ограждающих конструкций установлена равной средней температуре столь холодной пятидневки, что за 100-летний период холодней её будут только 8 пятидневок (обеспеченность 0,92). Принятие в качестве расчётной экстремально низкой температуры привело бы к значительному и неоправданному удорожанию строительства.

Расчётные внутренние условия

Для проектирования ограждающих конструкций необходимо для холодного периода года принимать расчётные значения следующих параметров микроклимата помещений:

- температура, влажность и температура точки росы внутреннего воздуха;
- влажностный режим помещения и параметры условий эксплуатации ограждающих конструкций;
- для жилых зданий – по табл. 8 и 9 ШНК 2.08.01-05* "Жилые здания";
- для общественных зданий – по табл. 26÷38 ШНК 2.08.02-09* "Общественные здания и сооружения" на нормируемом уровне "Н". Если здание проектируется со вторым или третьим уровнем теплозащиты, допускается принимать расчётное значение t_v на граничном "Г" или

оптимальном "О" уровне, если это предусмотрено заданием на проектирование объекта;

2.10. Расчётные значения относительной влажности внутреннего воздуха ϕ_v , %, принимают:

- для помещений жилых зданий, больничных учреждений, амбулаторно-поликлинических учреждений, родильных домов, домов-интернатов, общеобразовательных школ, лицеев, колледжей, детских садов, яслей и детских домов – 55%;

- для помещений кухонь – 60%;

- для ванных комнат – 65%;

- для тёплых подвалов и подполий с коммуникациями – 75%;

- для помещений общественных зданий (кроме вышеуказанных) – 50%;

- для производственных помещений – по технологическим данным.

Значение температуры точки росы t_p , °С, необходимые при расчётах на предотвращение образования конденсата на поверхностях ограждений, определяют по расчётным значениям температуры t_v , °С, и относительной влажности ϕ_v , %, внутреннего воздуха по формуле:

$$t_p = \frac{236 \cdot M - 657,5}{10,245 - M}, \quad (2.1)$$

где;
$$M = \frac{657,5 + 10,245 \cdot t_v}{236 + t_v} - 2 + \lg \phi_v \quad (2.2)$$

Для ряда значений t_v и ϕ_v температура точки росы t_p , °С, приведены в табл.2.1.

Таблица 2.1

Относительная влажность воздуха ϕ_v , %	Температура внутреннего воздуха t_v , °С				
	16	18	20	22	25
40	2,4	4,2	6,0	7,8	10,5
50	5,6	7,4	9,3	11,1	13,8
55	7,0	8,8	10,7	12,5	15,3
60	8,2	10,1	12,0	13,9	16,7
75	11,6	13,5	15,4	17,4	20,3

2.12 (1.3). Влажностный режим помещения оказывает значительное влияние на теплотехнические характеристики строительных материалов и конструкций: на их теплопроводность, теплоусвоение, способность аккумулировать влагу в порах материала и др. Для проектируемого объекта влажностный режим находят по табл.1 КМК 2.01.04-97*.

Требуемое расчётное значение величины воздухообмена инфильтрацией распространяется на все типы жилых, общественных и производственных зданий, независимо от наличия и вида вентиляционных систем, за исключением объектов, для которых установлены другие технологические требования по поступлению наружного воздуха или требования по особой герметичности ограждающих конструкций.

ВЫБОР УРОВНЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ

Строительными нормами и правилами предусмотрены три уровня теплозащиты: первый, второй и третий. Они различаются по требованиям, предъявляемым к энергетической эффективности объекта строительства, и введены в целях дифференциации и поэтапного сокращения энергопотребления зданиями.

Первый уровень теплозащиты является минимально допустимым. Он предусматривает необходимое соблюдение в зданиях требуемых санитарно-гигиенических условий и исключение образования конденсата на внутренних поверхностях наружных ограждений.

Второй уровень теплозащиты соответствует повышенным энергосберегающим требованиям. **В зданиях со вторым уровнем потребление энергии снижается в 1,4÷1,8 раз по сравнению с первым уровнем теплозащиты.**

Наиболее энергоэкономичными являются объекты с третьим уровнем теплозащиты. **Третий уровень по сравнению с первым уровнем теплозащиты предусматривает сокращение энергопотребления в 2,5÷3 раза.**

Теплотехнические требования к различным уровням теплозащиты представлены в таблицах 2а*, 2б* и 2в* КМК 2.01.04-97*, а для общественных зданий также в таблицах 2а* и 2б* КМК 2.01.18-2000*.

В таблицах КМК 2.01.04-97* нормируются значения термических сопротивлений $R_o^{тр}$, $м^2 \cdot \text{С}/\text{Вт}$, наружных ограждений, которыми должны обладать здания с тем или иным уровнем теплозащиты:

- наружных стен;
- бесчердачных покрытий и чердачных перекрытий;
- перекрытий над проездами и холодными подпольями и подвалами;
- окон и балконных дверей;

3.3 (2.1*). Процедуру выбора для проектируемого объекта уровня теплозащиты следует начинать с рассмотрения обязательности, возможности и целесообразности принятия для объекта второго или третьего уровня.

Второй уровень теплозащиты следует обязательно принимать при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых зданий, лечебно-профилактических учреждений, детских учреждений, школ, лицеев, колледжей, интернатов, если оно осуществляется за счёт государственных капитальных вложений или местных бюджетов, или если данный уровень теплозащиты установлен заданием на проектирование перечисленных объектов.

При строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых, общественных и производственных зданий рекомендуется принимать второй или третий уровень теплозащиты в следующих случаях:

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ В СООТВЕТСТВИИ С ВЫБРАННЫМ УРОВНЕМ

4.1. Потери теплоты в отопительный период через наружные ограждающие конструкции составляют 60-70% от общего расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, а потери холода в перегревной период года

доходят до 80% от общего энергопотребления на кондиционирование и вентиляцию.

Поэтому следует принимать рациональные компоновочные и конструктивные решения, при которых потоки теплоты через строительную оболочку здания будут сокращены до допустимых и соответствующих принятому уровню теплозащиты.

Тепловую защиту здания разрабатывают в следующей последовательности:

а) принимают рациональные объёмно-планировочные и конструктивные решения здания;

б) определяют в соответствии с выбранным уровнем теплозащиты нормируемые сопротивления теплопередаче всех наружных ограждений;

При выборе объёмно-планировочных решений и компоновке здания следует стремиться к реализации следующих энергосберегающих решений:

а) добиваться возможно меньших площадей наружных ограждений, уменьшение числа углов, увеличение ширины здания;

б) более тёплые и влажные помещения предпочтительно размещать у внутренних стен здания;

в) применять меридиональную или близкую к ней ориентацию продольного фасада здания;

Основные конструктивные решения при обеспечении требуемой тепловой защиты здания следует принимать, учитывая следующие положения:

а) ограждающие конструкции должны обладать необходимой прочностью, долговечностью, удовлетворять архитектурным, эксплуатационным, санитарно-гигиеническим требованиям. Материалы конструкций должны иметь надлежащую морозостойкость, влагостойкость, биостойкость, стойкость к разрушающему воздействию окружающей среды;

б) следует применять, как правило, типовые технические решения, изделия и материалы комплектной поставки со стабильными теплоизоляционными свойствами и возможностью взаимозаменяемости применяемых элементов;

В соответствии с выбранным уровнем теплозащиты определяют нормируемые значения приведённых сопротивлений теплопередаче R_{0}^{TP} наружных ограждающих конструкций по таблицам 2а*, 2б* или 2в* КМК 2.01.04-97*.

Рассчитывают для заданного района расположения проектируемого объекта число градусо-суток отопительного периода D_d , °С·сут, по формуле:

$$D_d = (t_{в.ср} - t_{от.пер}) z_{от.пер} \quad (4.1)$$

где: $t_{в.ср}$ – расчётная средняя температура внутреннего воздуха здания, °С;

$t_{от.пер}$, $z_{от.пер}$ – средняя температура, °С, и продолжительность, сут, отопительного периода.

Температуру $t_{в.ср}$ принимают равной:

- для жилых, лечебно-профилактических и детских учреждений, школ, лицеев, колледжей, интернатов – 20 °С;
- для других общественных, а также административных и бытовых зданий – 18 °С;
- для производственных зданий – по нормам их проектирования.

Значения $t_{от.пер}$ и $z_{от.пер}$ принимают по табл.4 КМК 2.01.01-94 как для периода со средней суточной температурой воздуха:

- не более 12 °С – при проектировании лечебно-профилактических и детских учреждений, школ, лицеев, колледжей, интернатов;

Требуемое сопротивление теплопередаче входных дверей определяют по формуле:

$$R_{0,д}^{TP} = 0,6 R_{0,к}^{TP} , \quad (4.2)$$

где $R_{0, \text{норм}}$ – требуемое сопротивление теплопередаче наружных стен здания, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$. 0 °C – в остальных случаях.

Если в здании имеются помещения, соседствующие на одном этаже с более прохладными помещениями, в которых внутренняя температура ниже на 10 °C и более, то определяют также нормируемое сопротивление теплопередаче внутреннего ограждения разделяющего такие помещения, по формуле:

$$R_{0, \text{вн}}^{\text{норм}} = \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{в.см}}}{\Delta t^{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{в}}}, \quad (4.3)$$

где: $t_{\text{в}}$, $t_{\text{в.см}}$ – расчётная температура внутреннего воздуха более тёплого и более прохладного помещения, °C ;

$\Delta t^{\text{н}}$, $\alpha_{\text{в}}$ – нормируемый температурный перепад, °C , и коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности разделяющего ограждения со стороны более тёплого помещения, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$, определяемые по табл.4* и 5* КМК 2.01.04-97*.

Если такие помещения расположены одно над другим то расчёты по формуле (4.3) выполняют при $(t_{\text{гр.см}} - t_{\text{в.см}}) \geq 5 \text{ °C}$.

Приведенное сопротивление теплопередаче R_0 учитывает наличие в ограждении неоднородных по площади ограждения теплопроводных включений и определяется следующим образом.

Если конструкция однослойная или состоит из n однородных слоёв, то величина R_0 определяется по формуле:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (4.4)$$

где: $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{н}}$ – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$;

R_i – термическое сопротивление каждого из слоёв конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{С}/\text{Вт}$.

Если в многослойной ограждающей конструкции имеется слой (слои), состоящий из участков различных материалов, то её приведённое сопротивление определяют в следующей последовательности:

б) Суммируют термические сопротивления всех однородных и неоднородных слоёв в ограждающей конструкции. Тем самым получают приближённое (с недостатком) значение её термического сопротивления R_a , $\text{м}^2 \cdot \text{С}/\text{Вт}$.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Приведённое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций R_o должно быть не менее значения $R_o^{тр}$, определяемого по п.2.2, исходя из санитарно-гигиенических условий и исключения конденсатообразования, а также не менее значений, соответствующих первому уровню теплозащиты, установленных табл. 2а.

При строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых зданий, лечебно-профилактических учреждений, детских учреждений, школ, лицеев, колледжей, интернатов, осуществляемом за счет государственных капитальных вложений или местных бюджетов, следует принимать второй уровень теплозащиты согласно табл. 2б.

При строительстве, реконструкции и капитальном ремонте жилых, общественных и производственных зданий, осуществляемом за счет внебюджетных ассигнований, рекомендуется принимать второй (табл. 2б) или третий (табл. 2в) уровень теплозащиты в соответствии с заданием на проектирование.

При проектировании теплозащиты здания по более высокому уровню, чем первый, допускается для отдельных ограждающих конструкций принимать $R_o^{тр}$ по первому уровню при увеличении термического сопротивления другого

или других ограждений. Суммарные потери теплоты через все ограждающие конструкции здания не должны превышать теплотерьер, рассчитанных по значениям $R_{\text{о}}^{\text{тр}}$, установленным таблицей для проектируемого уровня теплозащиты.

Таблица 3.

Таблица 2а(КМК)

ПЕРВЫЙ УРОВЕНЬ ТЕПЛОЗАЩИТЫ

Здания и сооружения	Градусо-сутки отопительного периода, $D_{\text{д}}$, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, $R_{\text{о}}^{\text{тр}}$, ($\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$)/Вт				
		наружных стен	бесчердачных покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами и холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы,	До 2000	0,75	1,2n	1,7n	0,39	0,15
	2000-3000	0,94	1,4n	2,0n	0,39	0,31
	свыше 3000	0,94	1,6n	2,4n	0,39	0,31
лицей, колледжи, интернаты						
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые	До 2000	0,75	1,0n	1,4n	0,39	0,15
	2000-3000	0,75	1,1n	1,6n	0,39	0,15
	свыше 3000	0,90	1,2n	1,9n	0,39	0,31
Производственные	До 2000	0,45	0,8n	1,2n	0,15	0,15
	2000-3000	0,65	0,9n	1,5n	0,15	0,15
	свыше 3000	0,75	1,0n	1,8n	0,31	0,15
<p>Примечания:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Значение коэффициента n следует принимать по табл.3*. 2. Приведенное сопротивление теплопередаче глухой части балконных дверей должно быть не менее, чем в 1,5 раза выше сопротивления теплопередаче светопрозрачной части этих изделий. 3. Для кондиционируемых (охлаждаемых) зданий значения $R_{\text{о}}^{\text{тр}}$ бесчердачных покрытий и чердачных перекрытий следует принимать по таблице с коэффициентом 1,5. 						

ВТОРОЙ УРОВЕНЬ ТЕПЛОЗАЩИТЫ

Здания и сооружения	Градусо-сутки отопительного периода, $D_{\text{от}}$, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, $R_{\text{от}}^{\text{пр}}$, ($\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$)/Вт				
		наружных стен	бесчердачных покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами и холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей	фонарей
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, лицей, колледжи, интернаты	До 2000	1,4	2,1 n	1,8 n	0,39	0,31
	2000-3000	1,8	2,6 n	2,3 n	0,39	0,31
	свыше 3000	2,2	3,2 n	2,8 n	0,42	0,34
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые	До 2000	1,2	1,6 n	1,4 n	0,39	0,31
	2000-3000	1,5	2,0 n	1,8 n	0,39	0,31
	свыше 3000	1,8	2,4 n	2,0 n	0,42	0,31
Производственные	До 2000	0,9	1,4 n	1,2 n	0,15	0,15
	2000-3000	1,1	1,6 n	1,6 n	0,31	0,15
	свыше 3000	1,4	2,0 n	1,9 n	0,34	0,15
Примечания – см. примечания к табл. 2а.						

ТРЕТИЙ УРОВЕНЬ ТЕПЛОЗАЩИТЫ

Здания и сооружения	Градусо-сутки отопительного периода, $D_{\text{от}}$, $^{\circ}\text{C}\cdot\text{сут}$	Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, $R_{\text{от}}^{\text{пр}}$, ($\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C}$)/Вт				
		наружных стен	бесчердачных покрытий и чердачных перекрытий	перекрытий над проездами и холодными подпольями и подвалами	окон и балконных дверей, витрин и витражей	фонарей
1	2	3	4	5	6	7
Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, лицей, колледжи, интернаты	До 2000	2,2	3,2 n	2,8 n	0,42	0,34
	2000-3000	2,6	3,7 n	3,2 n	0,42	0,34
	свыше 3000	3,0	4,2 n	3,6 n	0,53	0,34
Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые	До 2000	1,8	2,4 n	2,0 n	0,39	0,31
	2000-3000	2,2	2,8 n	2,4 n	0,39	0,31
	свыше 3000	2,6	3,2 n	2,7 n	0,42	0,34
Производственные	До 2000	1,4	2,0 n	1,4 n	0,31	0,31
	2000-3000	1,8	2,2 n	1,7 n	0,34	0,31
	свыше 3000	2,2	2,4 n	2,0 n	0,39	0,31
Примечания – см. примечания к табл. 2а.						

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям определяют по формуле

$$R_0^{тр} = \frac{n(t_{в} - t_{н})}{\Delta t^n \alpha_{в}}, \quad (1)$$

где n – коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху по табл. 3*;

$t_{в}$ – расчётная температура внутреннего воздуха, °С, принимаемая согласно нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений;

$t_{н}$ – расчётная зимняя температура наружного воздуха, °С, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 по

КМК 2.01.01-94;

Δt^n – нормативный температурный перепад между температурой внутреннего воздуха и температурой внутренней поверхности ограждающей конструкции, °С, принимаемый по табл. 4*;

$\alpha_{в}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих

конструкций, принимаемый по таблице 5*. Таблица 5.

Таблица 3* Ограждающие конструкции	Коэффициент n
1. Наружные стены и покрытия (в том числе вентилируемые наружным воздухом), перекрытия чердачные (чердак открытый) и над проездами	1
2. Перекрытия над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытия чердачные (чердак холодный)	0,8
3. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами со световыми проёмами в стенах	0,7
4. Перекрытия над неотапливаемыми подвалами без	0,6

световых проёмов в стенах, расположенных выше уровня земли	
5. Перекрытия над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	0,4

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	Коэффициент теплоотдачи α_v , Вт/(м ² ·°С)
1. Стен, полов, гладких потолков с выступающими рёбрами при отношении высоты h рёбер к расстоянию a между гранями соседних рёбер $h / a \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими рёбрами при отношении $h / a > 0,3$	7,6
3. Окон	8,0
4. Зенитных фонарей	9,9
<p>Примечание: Коэффициент теплоотдачи α_v внутренней поверхности ограждающих конструкций животноводческих и птицеводческих зданий следует принимать в соответствии с КМК 2.09.07-97.</p>	

Требуемое сопротивление теплопередаче $R_o^{тр}$ дверей (кроме балконных) и ворот должно быть не менее $0,6 \cdot R_o^{тр}$ стен зданий и сооружений, определяемого по формуле (1) при расчётной зимней температуре наружного воздуха, равной средней температуре наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92.

1.3. Энергетическая реконструкция существующих зданий

Наиболее рациональными видами энергоэффективных наружных ограждающих конструкций являются **многослойные композитные**

конструкции стен и покрытий с использованием минеральных эффективных материалов.

Основные **резервы теплосбережения** можно реализовать **при утеплении зданий**. Утепление наружных стен – самый дорогостоящий и трудоемкий процесс – обеспечивает снижение теплопотерь в зимнее время примерно на 12 – 15%.

К наиболее известным и распространенным способам утепления наружных стен относятся: конструкции утепления наружных стен с использованием минераловатных и полистирольных плит с креплением их непосредственно на стены или на каркас, а также всевозможные сочетания этих вариантов с использованием местных утеплителей.

Еще больший эффект достигается **при комплексном решении вопроса**. **Все, ограждающие от внешней среды конструкции, должны иметь соответствующую теплоизоляцию** – применении системы фасадной изоляции в сочетании с энергоэффективными конструкциями кровли, оконных и дверных блоков.

Обобщающая оценка тепло изолированности определяется через среднее значение сопротивления теплопередаче по зданию R^o_{cp} определяемая по формуле:

$$R^o_{cp} = \frac{R_{ст} S_{ст} + R_{ок} S_{ок} + R_{пок} S_{пок} + R_{пол} S_{пол}}{S_{ст} + S_{ок} + S_{пок} + S_{пол}}$$

где $R_{ст}$, $R_{ок}$, $R_{пок}$, $R_{пол}$ - соответственно сопротивления теплопередаче глухих участков стен, окон, покрытия и пола;

$S_{ст}$, $S_{ок}$, $S_{пок}$, $S_{пол}$ - соответственно площади стен, окон, покрытия и пола.

При строительстве зданий преследуются ясные цели – здание должно быть функциональным и комфортным. Комфортность включает в себя несколько аспектов. Один из важнейших – это требования к физическим параметрам внутренней среды в помещениях. Для обеспечения здоровья и работоспособности человека там всегда должны быть чистый, богатый кислородом воздух и тепло-влажностная атмосфера. Огромная роль в этом отводится проектированию наружных ограждающих конструкций: стен, покрытий, оконных заполнений, полов нижних этажей, через которых происходит передача тепла, воздуха и влаги.

С развитием в 60 – 80-е годы прошлого столетия индустриального домостроения большинство жилых зданий и мелкоячеистых общественных возводились крупнопанельными. Домостроительные комбинаты выпускали одно-, двух- и трехслойные наружные стеновые панели.

Однослойные стеновые панели

Однослойные панели наиболее просты в изготовлении. В таких панелях нет тепловых мостов (Рис. 6).

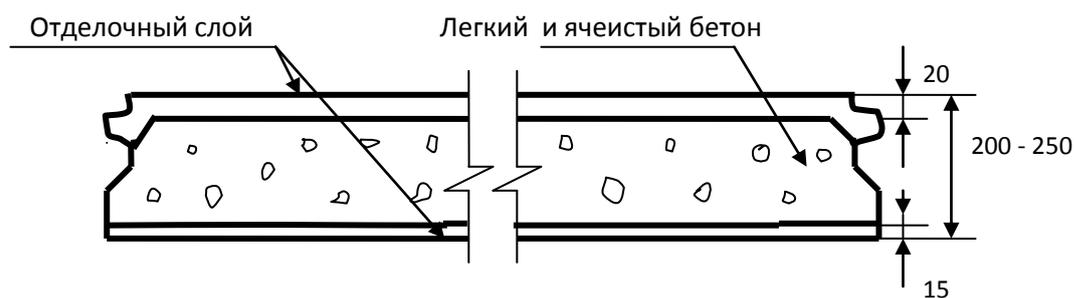


Рис. 5. Конструкция однослойной стеновой панели

В качестве материалов однослойных панелей применяют:

- а) легкие бетоны на пористых заполнителях из керамзита, перлита, аглопорита и т.п. со средней плотностью $800 - 1400 \text{ кг/м}^3$;

б) ячеистые бетоны автоклавного твердения со средней плотностью 700 – 900 кг/м³;

в) тяжелые и плотные силикатные бетоны.

Такие панели имеют, как правило, неравномерную структуру в плане и по сечению, имеют высокую отпускную влажность 22-28%, что значительно снижает их теплотехнические характеристики в первые годы эксплуатации. Скорость освобождения панели от отпускной влажности зависит от ее толщины и от однородности структуры панели по ее сечению.

Двухслойные стеновые панели

Двухслойные стеновые панели состоят из несущего армированного слоя плотного или тяжелого бетона и утепляющего слоя из теплоизоляционного легкого или ячеистого бетона или жестких плит-утеплителей.

Двухслойные стеновые панели изготавливают из следующих материалов:

а) для несущих слоев – тяжелый и силикатный бетон класса В 12,5 – В 22,5, легкий бетон на пористых заполнителях класса не ниже В 7,5 со средней плотностью не более 1800 кг/м³;

б) для теплоизолирующего слоя – ячеистый бетон со средней плотностью не более 500 кг/м³, легкий бетон со средней плотностью не более 600 кг/м³.

Стены с вентилируемой прослойкой обеспечивают надежную защиту от атмосферной влаги, систематическое осушение внутреннего слоя, необходимое при использовании утеплителей с малой средней плотностью и высокой пористостью, а также при повышенной влажности внутри помещения. Наличие защитного экрана позволяет снизить требования к герметизации стыковых соединений панелей и самого экрана, поскольку

влага, попадающая внутрь прослойки, будет стекать по тыльной стороне экрана, а размеры экрана могут и не совпадать с размерами панелей.

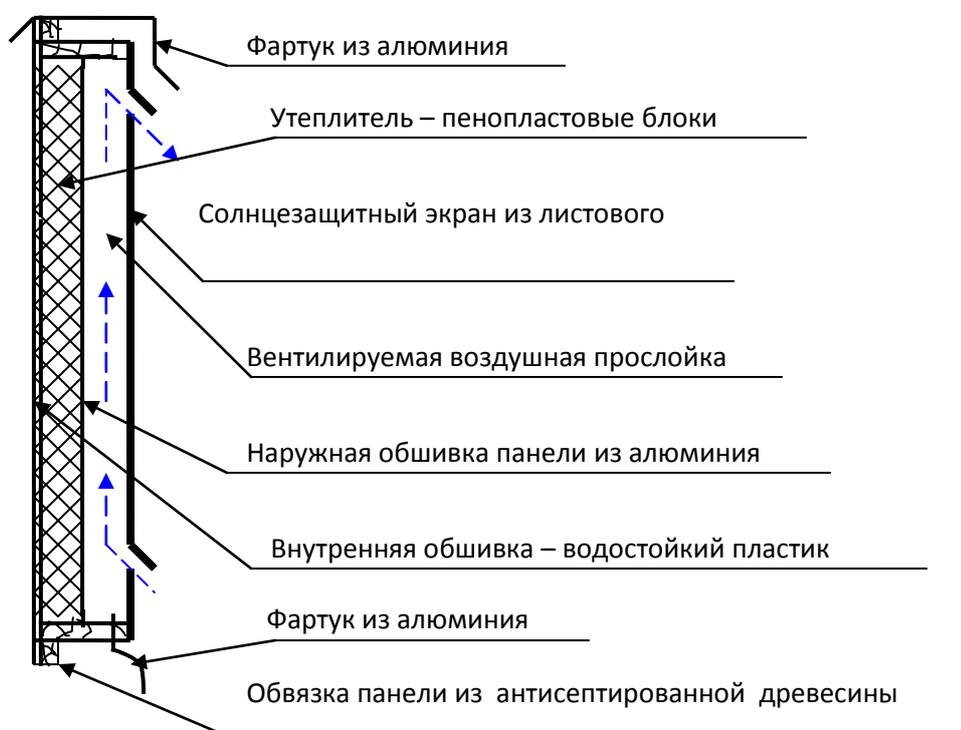


Рис. 6. Конструктивное решение стеновой панели с вентилируемой воздушной прослойкой

При проектировании зданий с наружными стенами с вентилируемой воздушной прослойкой необходимо уделять серьезное внимание конструктивному решению узлов, обеспечивающих движение воздуха в прослойке. Кроме того, до сих пор остается открытым вопрос о движении воздуха не только в воздушной прослойке, но и в утеплителе. Даже небольшое движение воздуха в утеплителе способно переносить количество теплоты, сопоставимое с тепловыми потерями стеновых конструкций без фильтрации.

Стены из штучных материалов

Несмотря на бурное развитие полносборного и монолитного домостроения, штучные материалы (кирпичи и мелкие блоки) по-прежнему находят широкое применение в строительстве. Традиционно применяемые конструкции стен с однослойной кирпичной кладкой толщиной 380 мм имеют

показатели сопротивления теплопередаче не соответствующие проектированию энергоэффективных зданий. В связи с этим, в строительство внедряются новые штучные материалы с повышенным сопротивлением теплопередаче, а также конструкции многослойных стен.

Современные энергосберегающие конструкции наружных стен

В зависимости от расположения утеплителя в ограждающей конструкции различаются три основных типа теплоизоляционных систем:

- утеплитель расположен с внутренней стороны ограждающей конструкции;
- утеплитель – внутри ограждающей конструкции;
- утеплитель – снаружи ограждающей конструкции.

В последнем случае широко применяются две системы: система «мокрого типа» - с оштукатуриванием или с облицовкой фасада и фасадная система с вентилируемым воздушным зазором.

Системы с утеплителем с внутренней стороны ограждающей конструкции

Расположение теплоизоляционного материала на внутренней поверхности стены преимущественно используют в случае реконструкции существующих зданий (рис. 10). Такое расположение утеплителя позволяет сохранить архитектурный облик здания (особенно если оно является архитектурным памятником); проводить утепление только тех стен, которые в этом нуждаются; производить работы по утеплению в любое время года, при этом не требуются средства подмащивания.

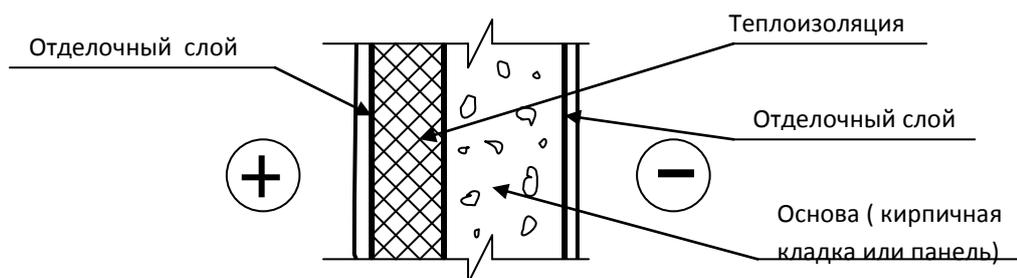


Рис.7 . Конструкция стены с утеплителем с внутренней стороны

Однако утепление стен с внутренней стороны имеет два существенных недостатка.

Во-первых, уменьшается площадь помещений. Во-вторых, массивная, хорошо аккумулирующая тепло часть стены оказывается зимой в зоне низких температур. Это резко снижает тепловую инерцию ограждающей конструкции, и, следовательно, ухудшает микроклимат помещений.

Для правильного утепления стен изнутри необходимо учитывать физику процессов тепло- и влагопереноса. Температура ограждающей конструкции за слоем утеплителя значительно снижается. Поэтому в зимнее время водяной пар, образующийся внутри помещений, неизбежно конденсируется за слоем утеплителя на внутренней поверхности кирпичной стены. Накопившаяся за зимний период влага не удаляется наружу даже летом, что приводит к отсыреванию стен и развитию микроорганизмов.

Системы с утеплителем внутри ограждающей конструкции

Большое распространение в многоэтажном строительстве получили несущие слоистые наружные стены с облицовкой кирпичом. Утеплитель расположен внутри самой ограждающей конструкции (колодцевая кладка). При такой системе ограждающая конструкция выполняется из двух параллельных стенок, соединенных между собой жесткими или гибкими связями, а образуемое между ними пространство заполняется утеплителем (рис.11). С позиции теплотехники эти связи являются «мостиками холода» и они могут значительно снизить термическое сопротивление всей ограждающей конструкции. Наиболее перспективны в этом отношении стеклопластиковые связи. При их использовании теплотери, как правило, не превышают 2%. Такое конструктивное решение утепления используется в одной из разновидностей системы «PAROC». В качестве утеплителя в ней используется изоляционная продукция на основе базальтового волокна.

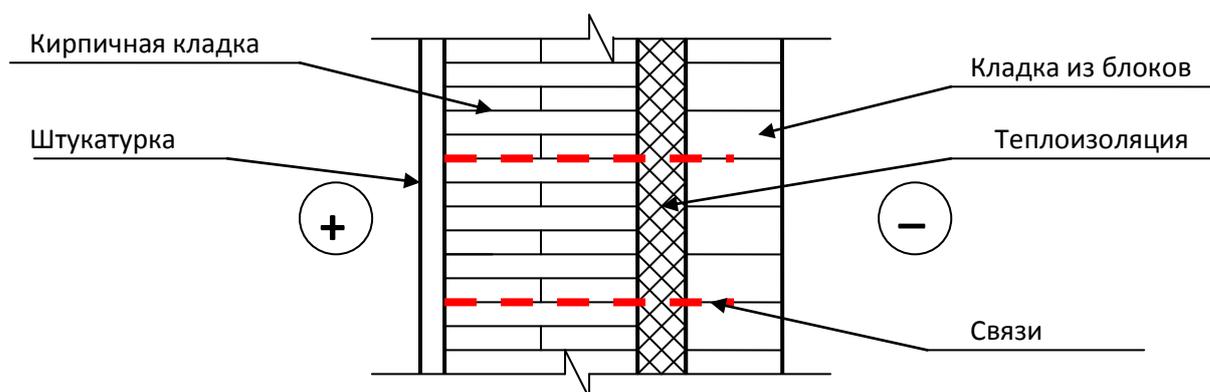


Рис. 8. Конструкция несущей слоистой наружной стены с облицовкой кирпичом

Такая система имеет и существенные недостатки. Во-первых, под ограждающие конструкции требуется более объемный и дорогостоящий фундамент, чем под обычные стены. Во-вторых, влага конденсируется между внешней и внутренней стенками на теплоизоляционном материале и на внутренней поверхности наружной стенки. При этом утеплитель не высыхает даже в теплое время года, так как наружный слой является паробарьером. Это приводит к снижению термического сопротивления ограждающей конструкции и ее ускоренной амортизации.

Системы наружной теплоизоляции «мокрого» типа

В системах наружной теплоизоляции «мокрого» типа можно выделить три основных слоя (рис. 12) :

- теплоизоляционный – плиты из теплоизоляционного материала с низким коэффициентом теплопроводности (например, плиты из минеральной ваты или пенополистирола);
- защитно-декоративный – грунтовка и декоративная штукатурка (минеральная или полимерная), возможна окраска специальными «дышащими» красками. В качестве защитно-декоративного слоя может также применяться клинкерная плитка или натуральный камень.

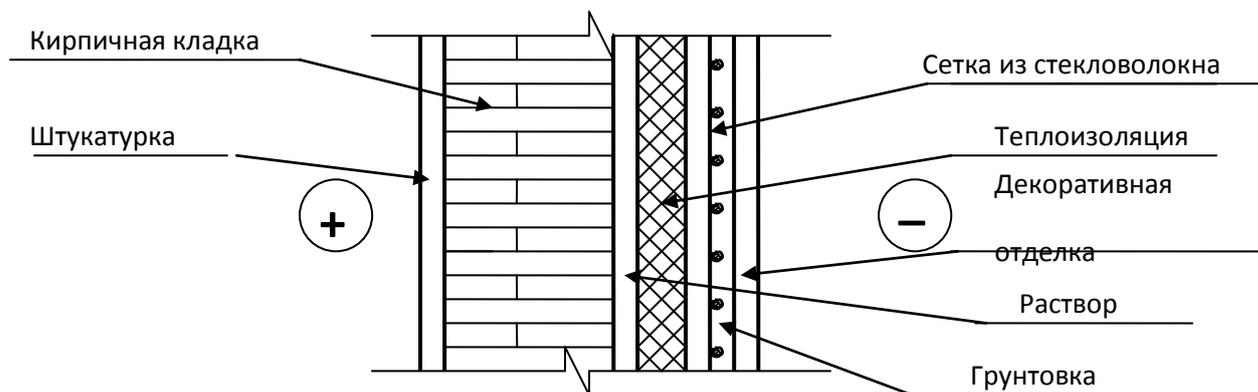


Рис. 9. Конструкция системы утепления «мокрого типа»

Каждый слой выполняет в системе свою функцию. Теплоизоляционный материал обеспечивает утепление ограждающей конструкции, его толщина определяется теплотехническим расчетом, а тип материала — противопожарными требованиями.

Армированный слой необходим для обеспечения адгезии защитно-декоративного слоя к поверхности теплоизоляционной плиты.

Защитно-декоративный слой выполняет две функции: защищает теплоизоляционный материал от внешних воздействий, а также придает фасаду эстетичный внешний вид.

Такими системами являются системы наружной теплоизоляции «ROCKWOOL», «БАУКОЛОП», «CERESIT», «PAROC», «TERMOMAX», «СИНТЕКО», «ISOTHERM», «ТЕРРАКО», «RELIUS».

При проектировании таких систем необходимо обеспечивать совместимость смежных слоев по тепловому расширению, водопоглощению, морозостойкости, паропроницаемости (с увеличением наружу), а также надлежащее сцепление друг с другом (возрастающее по мере движения снаружи вовнутрь).

Системы утепления фасадов с нанесением штукатурных слоев по утеплителю подразделяются на два конструктивных типа: системы с жестким закреплением утеплителя на стене и системы с гибкими элементами крепления теплоизоляции (рис. 13).

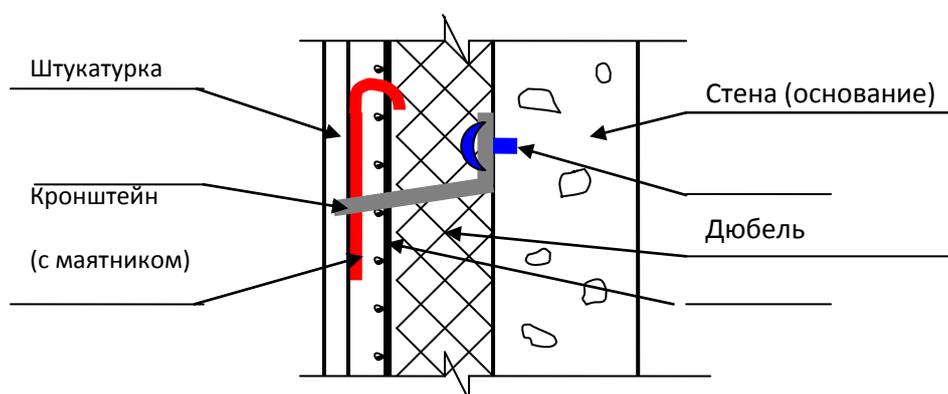


Рис.10. Схема крепления подвижных кронштейнов

(система «ТЕРМОФАСАД»)

В системах с гибкими элементами крепления («SERPOROCK», «ТЕРМОФАСАД») исключается передача осадочных деформаций на отделочный штукатурный слой. Кроме того, действия на поверхность штукатурки температурных и ветровых нагрузок не передается на основание ограждающей конструкции (кирпичные стены, панели) здания.

Системы наружного утепления «мокрого» типа достаточно эффективны. Внутреннее тепло здания в зимний период прогревает толщу основания стеновой ограждающей конструкции, имеющей низкое сопротивление теплопередаче, а основную роль по сохранению тепла берет на себя эффективный утеплитель. При этом «точка росы» выносится в утеплитель и не происходит накопления конденсата, так как материал несущей конструкции обладает низкой паропроницаемостью, а утеплитель и тонкий слой штукатурки достаточно паропроницаемы.

Фасадные системы с вентилируемым воздушным зазором

Принципиальное конструктивное решение фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором следующее. С внешней стороны несущих конструкций наружной стены (основание) из железобетона, кирпича или различных бетонных блоков крепится каркас из металла (подконструкция), на который навешивают плитный или листовой отделочный слой (экран). Расстояние между основанием и экраном принимается таким, чтобы можно

было разместить там слой плит утеплителя и оставить воздушный зазор 40 – 100 мм между экраном и утеплителем (рис. 14 и 15).

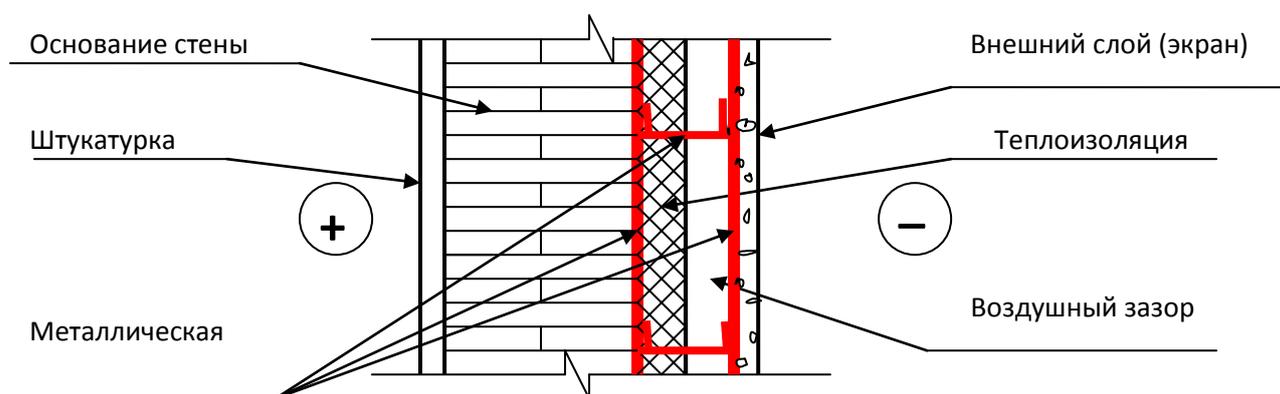


Рис.11. Конструкция фасадной системы с вентилируемым воздушным зазором

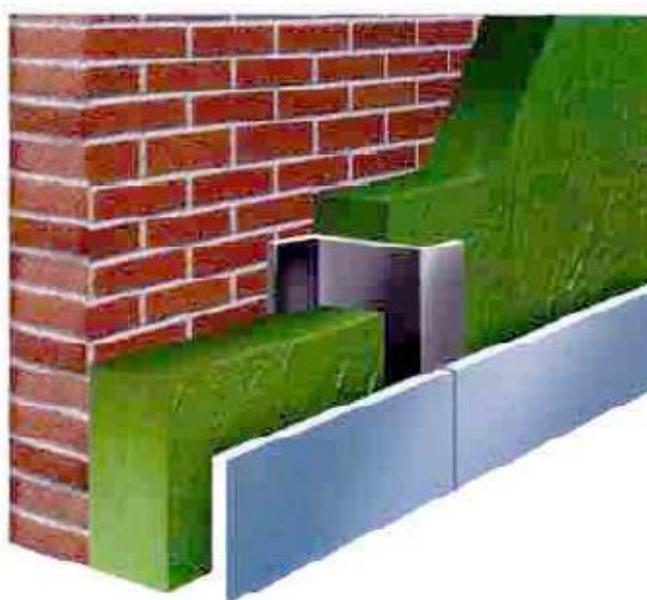


Рис.12. Фрагмент фасадной системы «PAROC» с

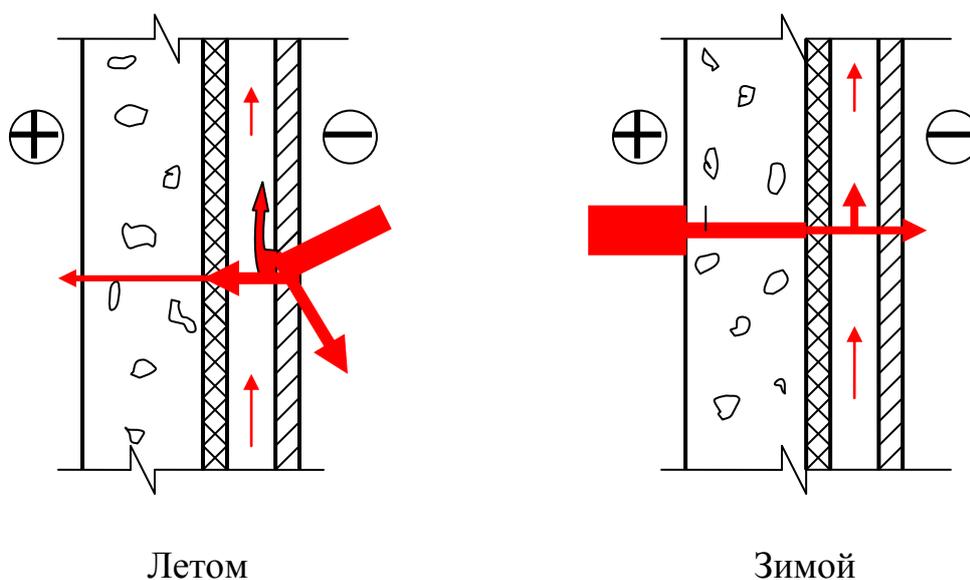
вентилируемым воздушным зазором

Такая схема расположения слоев является оптимальной, так как в этом случае слои различных материалов до воздушного зазора располагаются по мере увеличения коэффициента паропроницаемости.

Благодаря тому, что в данной системе слой теплоизоляции расположен снаружи, основание стены защищено от попеременного замерзания и оттаивания. Выравниваются также температурные колебания массива стены,

что препятствует появлению деформаций. Зона конденсации сдвигается в наружный теплоизоляционный слой, внутренняя часть стены не отсыревает, и не требуется дополнительной пароизоляции. Из теплоизоляционного слоя влага удаляется через воздушный зазор между ним и облицовкой.

Воздушный зазор, благодаря перепаду давления, работает «по принципу действия вытяжной трубы» (рис. 16). В результате чего внутренняя влага свободно удаляется в окружающую среду.



Примечание: + - внутренняя среда; - - наружная среда

Рис13. Схема потоков тепла в вентилируемых фасадах

Вентилируемый воздушный зазор снижает теплопотери в отопительный период, так как температура воздуха в нем несколько выше, чем снаружи.

При проектировании конструкций фасада с воздушным зазором особое внимание следует обращать на возможность свободной циркуляции воздуха. При этом рассчитывается как толщина самого воздушного зазора, так и размеры входных и выходных отверстий [17].

Таковыми системами являются системы наружной теплоизоляции «ROCKWOOL», «BREVITOR», «PAROC», «GASELL», «АЙДО-С», «ДИАТ», «ДЮВИЛС» и другие.

В качестве утеплителя в вентилируемых фасадах используются минераловатные утеплители, изготовленные из влагостойкой и водоотталкивающей базальтовой или стеклянной ваты. Так как в воздушной прослойке могут возникать интенсивные воздушные потоки, которые могут разрушить верхний слой мягкого утеплителя, то для защиты последнего используют ветрозащитную паропроницаемую пленку. Могут применяться и жесткие теплоизоляционные плиты. Прижим утеплителя к несущей стене осуществляется тарельчатыми пластиковыми дюбелями.

Металлические подконструкции состоят из кронштейнов, которые крепятся с помощью специальных анкерных элементов непосредственно на стену, и несущих профилей (направляющих), устанавливаемых на кронштейны. На несущие профили монтируются плиты облицовки.

Требуемая номенклатура изделий подконструкции для конкретного здания зависит от климатического района строительства, высоты и конфигурации здания, вида материала несущей стены, толщины и типа утеплителя, типа облицовки и способа ее крепления. В каждом конкретном случае расчет под конструкции должны выполнять специалисты.

У фасадных систем с воздушным зазором (вентилируемых фасадов) много достоинств, но и много проблем.

Во-первых, вентилируемые фасады очень многокомпонентные системы, и от качества каждого из этих компонентов будет зависеть эффективность всего технического решения. Причем составляющие компоненты производятся различными предприятиями. Следовательно, необходим строжайший технический контроль как каждой составляющей, так и всей системы в целом.

Во-вторых, очень сложно решается вопрос примыкания к общестроительным конструкциям. Для каждой системы в зависимости от типов применяемых материалов нужны специально разработанные элементы.

В-третьих, при устройстве вентилируемых фасадов необходимо обеспечить беспрепятственный и эффективный воздушный поток по всей внутренней поверхности стены, чтобы не образовывались «мертвые зоны».

В-четвертых, очень важно обеспечить быстрое выравнивание давления наружного воздуха и давления в вентилируемой прослойке, которое необходимо для исключения попадания дождевых капель в воздушную прослойку и избежание излишней ветровой нагрузки при переменном ветровом давлении. Это достигается при точном расчете и обеспечении при строительстве ширины открытых швов облицовки, толщины вентилируемой воздушной прослойки и воздухопроницаемости основной конструкции наружной стены.

В-пятых, воздушный зазор является «акустической трубой». Любые звуки, производимые в нем, будут распространяться по всей плоскости фасада. Для уменьшения гудения фасада при порывах ветра, приходится уменьшать зазоры между плитами облицовки.

В-шестых, отсутствует единая методика расчета систем с вентилируемыми фасадами.

При проектировании современных энергосберегающих конструкций наружных стен следует учитывать следующие положения:

- теплоизоляционный материал целесообразно размещать с наружной стороны конструкции;
- избегать «мокрых» процессов при устройстве ограждающей конструкции, чтобы не вносить в конструкцию строительную влагу или уменьшить до минимума ее количество;
- при конструировании не допускать расположения теплоизоляционного материала между мало паропроницаемыми слоями;
- создание условий, благоприятных для испарения конденсационной влаги;

1.4 Энергосберегающие технологии в крупнопанельных жилых домах Берлина

Развитие промышленного производства, рост народонаселения на Земном шаре обусловили в течение второй половины XX века существенное увеличение потребностей в топливно-энергетических ресурсах. По данным Всемирного энергетического союза к 2020 году потребность в топливно-энергетических ресурсах возрастает с 10,8 млрд. т.н.э. до уровня 16,0 млрд.т.н.э. Самым главным отрицательным результатом развития мировой энергетики основанной на использование традиционных топливно-энергетических ресурсов является неуклонный рост эмиссии парниковых газов. К 2020 году выброс парниковых газов CO₂ увеличивается вдвое и может составит 10,23 млрд. тонн.

Определяя энергетическую проблему, одним из важнейших факторов в устойчивом развитии общества мировое сообщество на ряде своих форумов выработало принципиальные рекомендации, выдвинув проблему энерго-и ресурсосбережения в качестве главного направления, при этом ставится задача всемерного развития работ по использованию различных видов возобновляемой энергии.

Так Европейская комиссия обязала членов ЕС разработать программы, обеспечивающие к 2010 году покрытие 10% своих энергетических потребностей за счет возобновляемых источников энергии. Англия и Германия уже разработали такие программы. В Чехии принята Правительственная программа по возобновляемой энергетике.

По вопросам энергетической реконструкции большой опыт накоплен в Германии.

Санация – это комплекс мероприятий с учетом технических, экономических/финансовых и социальных факторов многоэтажного жилого дома в целях:

1. Восстановление первоначального технического состояния здания;

2. Проведение строительных мероприятий для **улучшения условий проживания на длительный срок времени, устойчивой экономии энергии**, сокращения потери и повышение рыночной стоимости жилья.
3. Санацию в жилых домах проводят, как правило, без отселения жильцов.

1. Опыт Германии

Германия является признанным передовым государством по экономии энергии в строительстве и энергетической санации существующих зданий. Вопрос санации крупнопанельных жилых домов 1970-90ых годов строительства, на территории бывшей ГДР, возникла в 1990г. после объединения ГДР и ФРГ.

В Германии жители квартир многоэтажных домов являются квартиросъемщиками. Решение о санации и финансирование принимаются владельцами жилых домов как правило, без отселения жильцов и предусматривает полностью обновление квартиры. Начиная с замены стояков медными трубами замены инженерного и сантехнического оборудования, рам и дверей до полного обновления квартиры отвечающих современным стандартам повышенного комфорта. В этих целях даже в домах средней этажности устанавливаются навесные лифты. Особое внимание уделяется внешнему виду зданий, цветовому решению фасадов. Тщательно обновляются балконы, входные узлы в подъезды и прилегающие к дому территории.

Результаты санации серийного жилого фонда на примере Берлина

- 60 % жилого фонда комплексно saniрованы.
- 25 % жилого фонда частично saniрованы.

С 1993 г. по 2003 г. в санацию панельного жилфонда Восточного Берлина инвестировали около 6,2 млрд. Евро. Это в среднем - **23.000 Евро** на квартиру, в т.ч. около **8.500 Евро** за энергосберегающие мероприятия.

Возврат средств производится за счет повышения квартплаты на 11%, которые частично saniруются государством. Жителям энергосберегающих

квартир с улучшенными условиями проживания на длительный срок времени обходятся удорожанием квартплаты на 6-8%. При этом существенно снижается оплата на отопление.

Энергосберегающая санация.



Рис.14. многоэтажные крупнопанельные жилые дома после проведения энергетической санации.

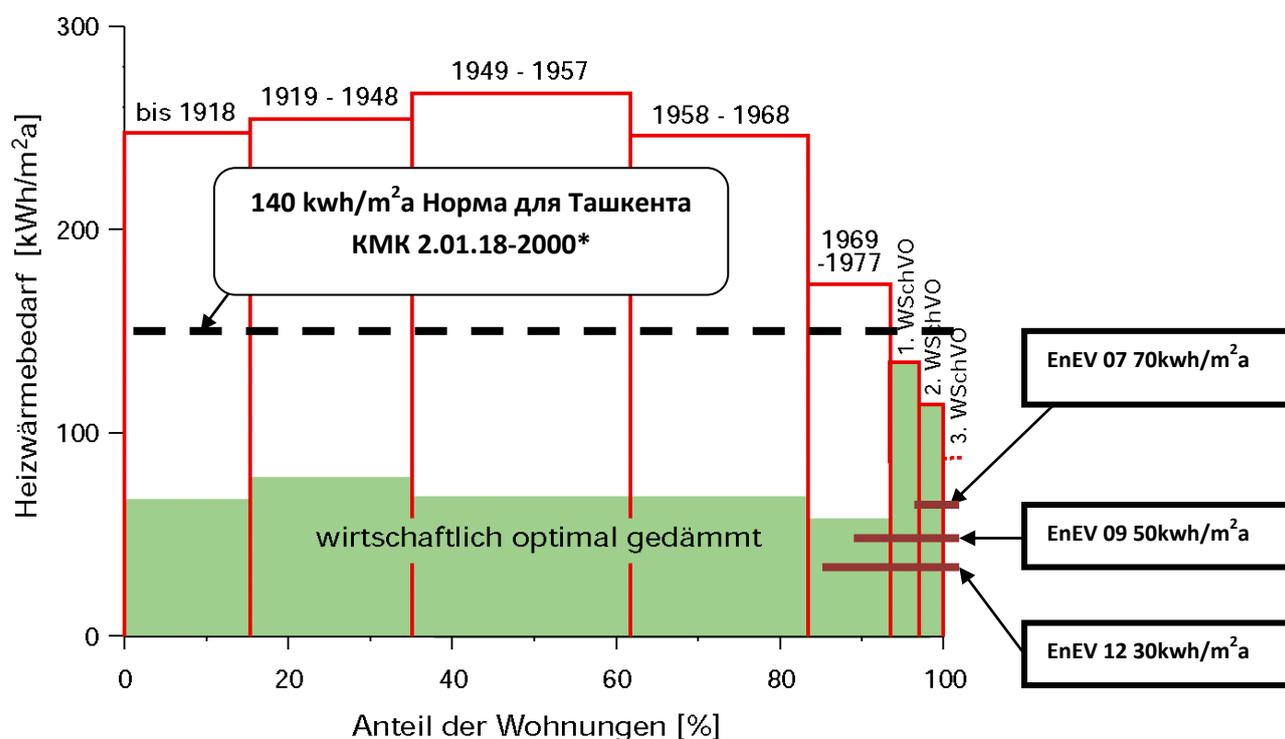


Рис.15.Динамика изменения потребления энергии на отопление в Германии

По данным Франк У. Фогт профессора кафедры «Строительной физики и строительных конструкций» Технического университета Берлина.

В процессе санации были учтены нормы расхода энергии EnEV 07(2007г.)-70 кВт ч/м² год, EnEV 09(2009г.)-50кВт ч/м² год. Для сравнения норма расхода тепла для Узбекистана (Ташкент) 140 кВт ч/м² год. В два раза больше чем норма в Германии 2007г., почти в три раза больше нормы 2009г. и пять раз больше принимаемой в ближайшее время нормы EnEV 12. Это притом, что в Германии 1,4 раза холоднее.



Рис.16. Берлин многоэтажный крупнопанельный жилой дом после энергетической санации.

Энергосбережение в старых жилых постройках в Германии

В жилых домах в Германии все еще тратится большое количество лишней электроэнергии. Это в первую очередь касается старых зданий, где часто используются большое по размеру или устаревшее оборудование, которое потребляет много электроэнергии.

По данным ASUE (Arbeitsgemeinschaft für Sparsamen und Umweltfreundlichen Energieverbrauch – Объединение по эффективному и экологически чистому энергопотреблению), более четырех миллионов отопительных приборов в Германии технологически устарели. Высоким тепловым потерям также способствуют неизолированные теплотрассы и негерметичные окна. Какой способ сегодня можно считать наиболее эффективным в энергосбережении?

\

II. ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ 9-Х ЭТАЖНЫХ КРУПНОПАНЕЛЬНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

2.1. Описание проекта и объекта по результатам обследования

. Рис. 17. Ориентация здания – широтная с отклонением на запад на 10 градусов

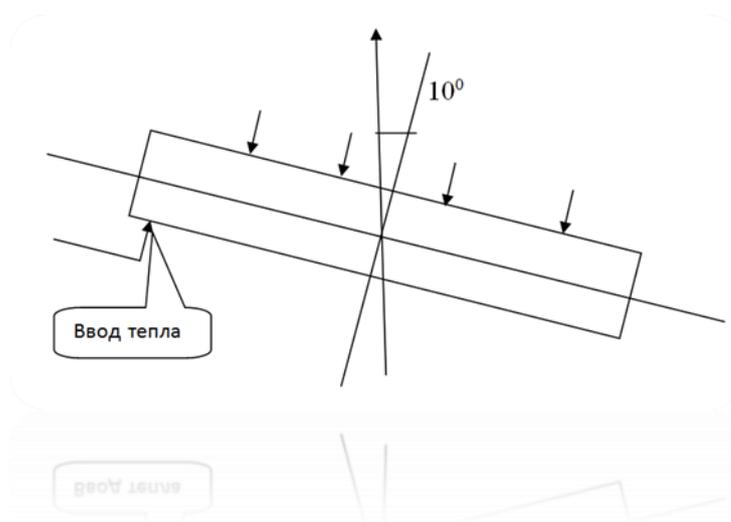


Рис. 18. Вид с юга, востока, севера и запада соответственно.

Внешние стены- двухслойные 350 мм с внутренним несущим слоем из тяжелого железобетона -160мм. Теплоизоляция керамзитобетон $\gamma=1000\text{кг/м}^3$ толщиной 190мм.

Термическое сопротивление стены

$$R_0 = R_B + R_K + R_H = 1/\alpha_B + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\alpha_H = 1/8,7 + 0,16/1,92 + 0,19/0,67 + 1/23 = 0,819 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}$$

/Вт. Коэффициент теплопроводности $U = 1/R = 1.22 \text{ Вт/ м}^2 \text{ } ^\circ\text{С}$.

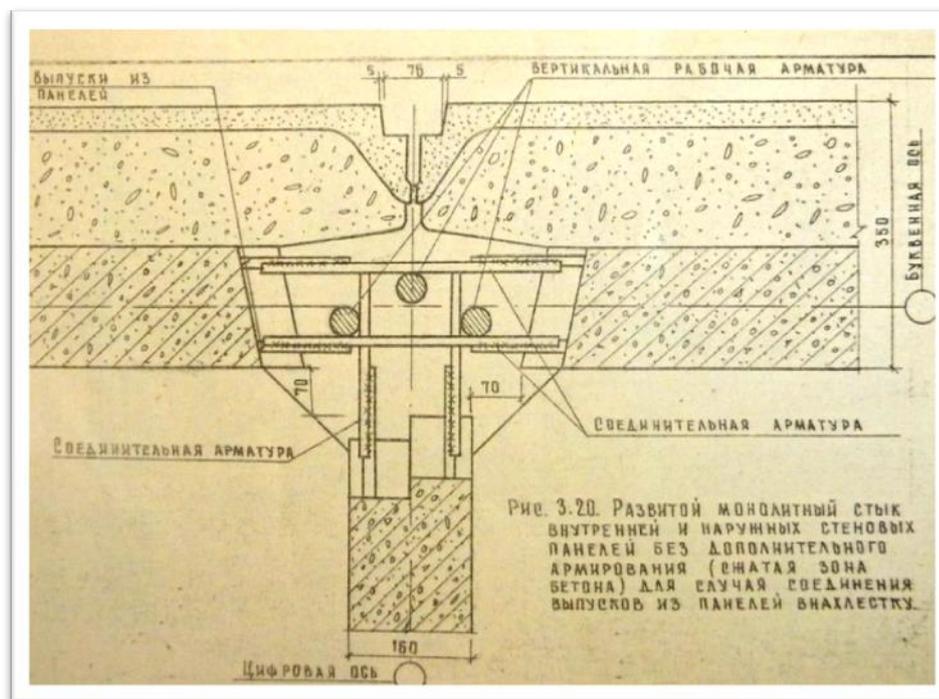


Рис . 19. Сорпряжение наружных стен с внутренней несущей стеной

Площадь стен по ориентациям: ЮГ -2059,3м², Север-432м²

Западные и южные торцы полностью заняты остекленным балконом

Окна выходящие непосредственно в окружающую среду

С деревянными переплетами двойное остекление (первоначальный вариант)

$R = 0.39 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/Вт}$.

Площади окон: по южной ориентации 340,7м², торец запад-126м², восток-126м², север 54м².

С алюминиевыми и ПВХ переплетами двойное остекление $R = 0.31 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{С/Вт}$.

К расчету потери тепла через балкон

Здание было сдано в эксплуатацию со сплошным одинарным остеклением балкона, тогда остекленный объем балкона играл роль буферной зоны, снижая теплопотери здания. В сегодняшний день сложилась следующая ситуация

значительно влияющая на теплопотери зданием. Во многих квартирах жители произвольно стали убирать двери и окна гостиной и кухни соединяющие с балконом, тем самым включая площадь не утепленного балкон в отапливаемый объем квартиры. В некоторых случаях на балкон выносили газовую плиту. Отдельно, в табличной форме, представлены данные о балконах, а именно их остекление, слои стекла, материал переплета, размеры площади рам и данные о соединении или не соединении балкона в отапливаемый площадь квартиры.

Обследование показало что, балконы по остеклению и соединению с квартирой можно разделить на 4 группы. Сплошное остекление балкона $1,5 \times 6,4 = 9,6 \text{ м}^2$, и балконы с двумя окнами прим. 5 м^2 . Такие решения остекления балкона примерно в одинаковом количестве. Случаи, где входные двери на балкон сохранились, то есть балкон разделен от квартиры составляет 41,5%. Случаи, когда не утепленный балкон включен в отапливаемый балкон, то есть балкон соединен помещениями квартиры через арочные проемы составляет-58,5%.

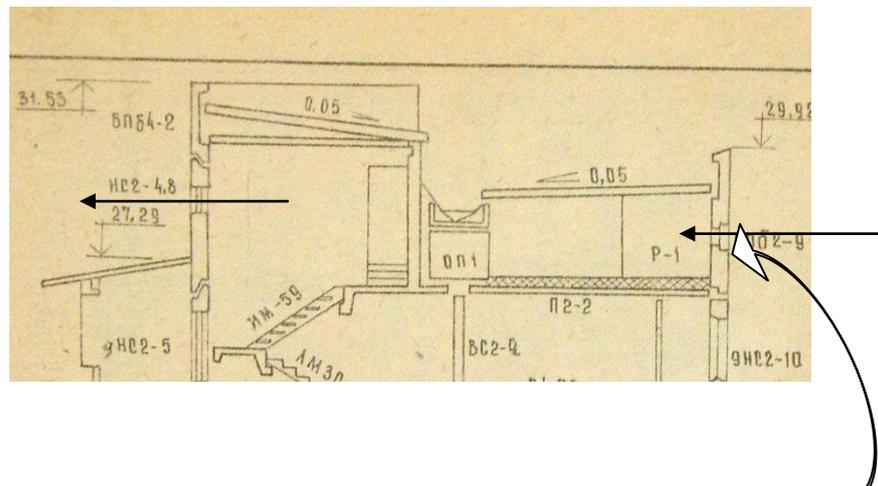
Покрытия и крыша. Конструкция крыши решена как «теплый чердак», все уходящие теплые газы из вентиляционных шахт попадают в чердачное пространство оттуда через другие шахты уходят в окружающую среду. Благодаря чему температура на чердаке увеличивается что приводит сокращению тепловых потерь покрытием.



Рис.20. Теплоизоляция покрытия из керамзитобетона с объемным весом $\gamma=800\text{кг/м}^3$ со средней толщиной слоя 60мм $\lambda=0,24\text{ Вт/м}^0\text{С}$.

$$R_0 = R_{\text{в}} + R_{\text{к}} + R_{\text{н}} = 1/\alpha_{\text{в}} + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\alpha_{\text{н}} = 1/8,7 + 0,16/1,92 + 0,1/0,31 + 1/23 =$$

$$= 0,563 \text{ м}^2\text{ }^0\text{С/Вт.} \quad U = 1/R = 1.78 \text{ Вт/ м}^2\text{ }^0\text{С.}$$



Рисм. 21. Отверстия для проветривания чердачного пространства в летний период.





Рис. 22.

Сейсмический шов. В сейсмических районах здание делится на отдельные отсеки сейсмическими швами которые представляют собой расположенные на определенном расстоянии парные стены. В 4-х этажных домах минимальное расстояние между стенами должно быть 100мм. При 9-ти этажных домах 150мм и более.

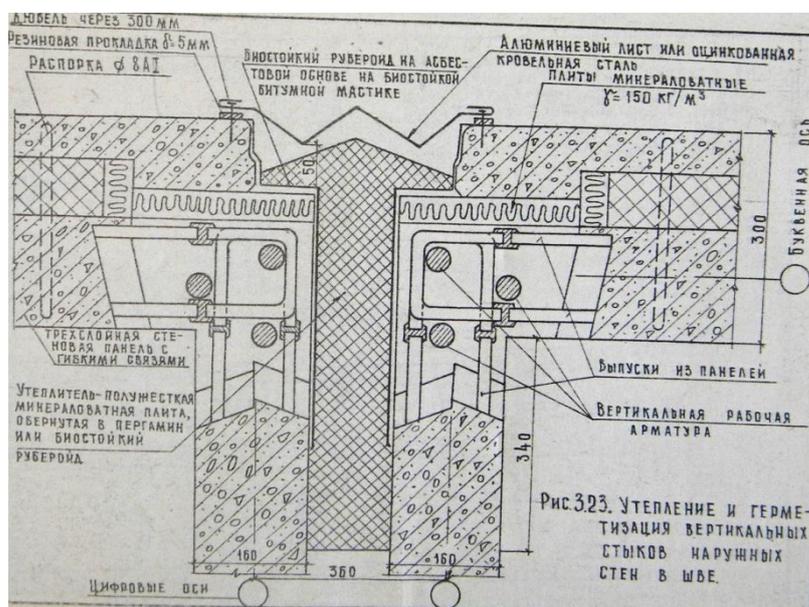


Рис. 23. Узел сейсмического шва

Герметизирующий шов утеплитель образует замкнутое пространство между стенами. Теплопотери через эти стены практически равны нулю.

В действительности, как показывает обследование во многих местах герметичность нарушено и идет интенсивные потери тепла через эти стены так как они выполнены из тяжелого бетона толщиной 160мм.



Рис. 24. Дефекты конструкции выявленные обследованием.

Расчет теплопотерь через сейсмический шов возможен только после определения инструментальным путем некой средней температуры в зимний период. Например на 4-х этажном доме на Куйлюке (проект ESIB) среднее значение температуры была 7-8⁰С вместо теоретической 20⁰С. В 4-х этажном доме №2 Кара камыш 2/4 герметизация шва настолько разрушена до такой степени он насквозь просматривается.

Цоколь и подвал Цокольные элементы выполнены из тяжелого бетона толщиной 350мм.

$$R_0 = R_v + R_k + R_n = 1/\alpha_v + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\alpha_n = 1/8,7 + 0,35/1,92 + 1/23 = 0,339 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

$$U = 1/R = 2,95 \text{ Вт}/\text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

По периметру предусмотрены отверстия для вентиляции.



Рис. 25. Отверстия в подвале.

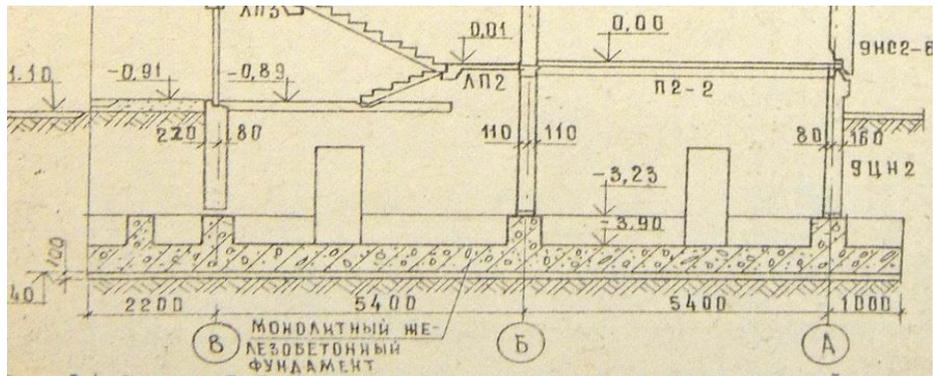


Рис. 26. Разрез подвала

Коммуникации. Подача тепла воздушная. Ввод тепла в подвал через западное крыло здания.

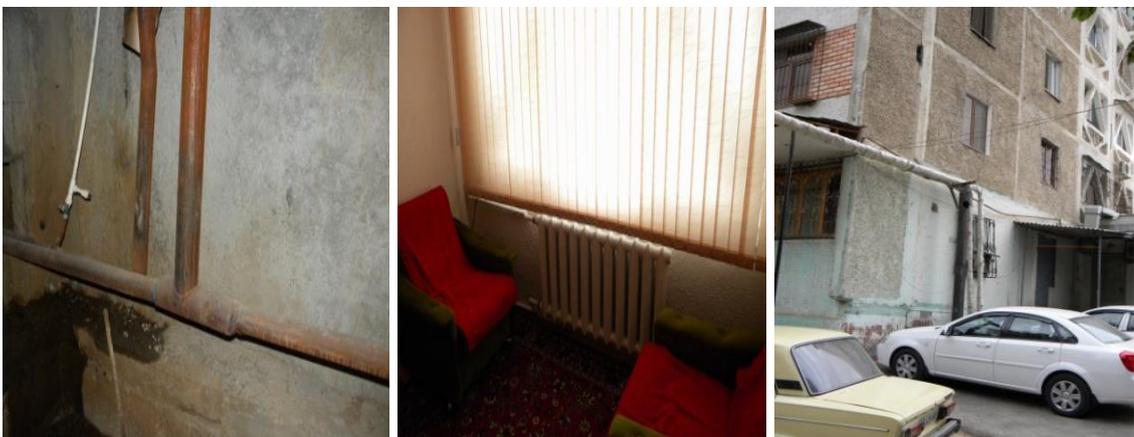


Рис 27. Фотографии характерных узлов влияющих энергопотребление здания.

2.2. Состояние энергопотребления здания в момент строительства в 1984ом году

Адрес г. Ташкент, пл. Беруни дом 2. 9-ти этажный жилой дом крупнопанельной конструкции. 4 подъезда.

Серия проекта 148 СП с теплым чердаком.

Габариты здания - длина -81,8м, ширина – 11,24м, высота – 27,1м.

Общая отапливаемая площадь -5834,3м².

Год строительства 1984г.

Состояние здания - хорошее. Состав квартир: 1ком -18 шт, 2ком-18 шт, 3 ком- 9шт, 4 ком- 36 шт, 5 ком-9шт. Общее количество квартир- 90 шт.

Ориентация здания – широтная с отклонением на запад на 10 градусов.

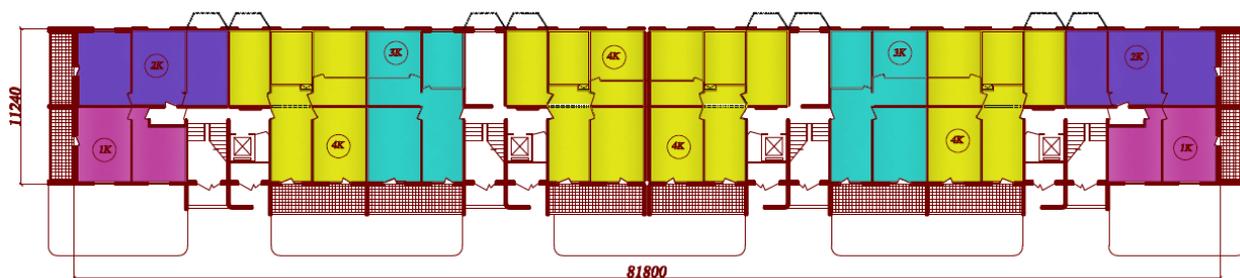
Параметры климата – градусо-дни = 2300. Средняя температура отопительного периода +2,4⁰С.

1. Энергоаудит по первоначальному состоянию

Принимаемые в расчет условия:

1. Все балконы открыты, без остекления.
2. Сейсмические швы обеспечивают достаточную герметичность.
3. Лестничная клетка герметична, входные двери закрываются плотно, люки на крышу также плотно закрыты. Лестничная клетка рассматривается как герметичный неотапливаемый объем примыкающий к отапливаемым квартирам.

План первого этажа



План типового этажа

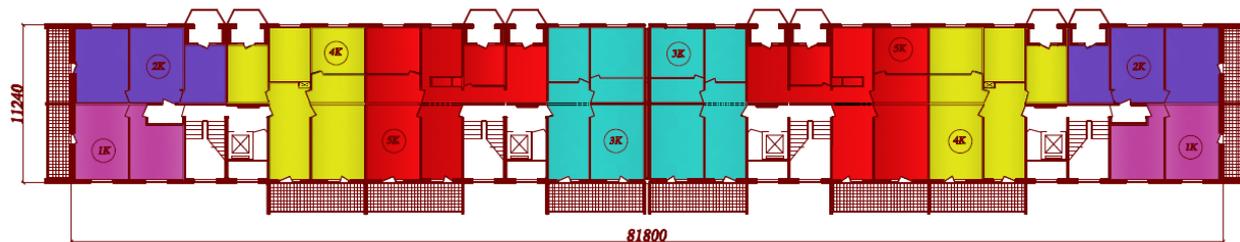


Рис. 28. Первоначальное состояние проекта.

ТАБЛИЦА 6

Расчетные площади ограждающих конструкций для первоначального состояния с учетом принимаемых условий

S площади	север	восток	юг	запад
S стена своб.	362,8м ²	-	1643,3м ²	-
S стена балкон	748,6м ²	271м ²	-	271м ²
S стена ЛК	592,2м ²	-	-	-
S окна свободн.	67м ²	-	436м ²	-
S окна на балк.	343м ²	-	-	-
S окна балкона	545,9м ²	142м ²	-	142м ²
S пола	849,3м ²			
S крыша	849,3м ²			

Стены - 350 мм двухслойные с внутренним несущим слоем из тяжелого железобетона -160мм. Теплоизоляция керамзитобетон $\gamma=1000\text{кг/м}^3$ толщиной 190мм. $R_0 = R_b + R_k + R_n = 0,819 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$. $U=1/R=1.22\text{Вт/ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

Окна выходящие непосредственно в окружающую среду.

(в первоначальном варианте балкон не учитывается)

С деревянными переплетами двойное остекление (первоначальный вариант)

$$R=0.39\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}.$$

С алюминиевыми и ПВХ переплетами двойное остекление $R_0=0.31\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$.

*) - Остекленный балкон на торцах дома – 126м².

Пол – железобетонная плита 150мм. + выравнивающая стяжка 20мм + линолеум, площадь 848,9м².

1. Вариант $R_0 = R_b + R_k + R_n = 1/\alpha_b + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\alpha_n = 1/8,7 + 0,15/1,92 + 0,01/0,29 + 1/23 = 0,274 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C /Вт}$ - в случаи когда технический подвал интенсивно проветривается через открытые проемы на цоколе и другие проемы.

2. Вариант $R_0 = 2,15 \text{ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}$ для замкнутых глубоких подвалов*.

*) – В расчетах теплоотдача от отопительных труб и стояков не учитывается.

Потолок (крыша) интенсивно проветривается наружным воздухом - конструкция железобетонная панель 150 мм+ керамзитобетон 100мм. $R_0 =$

$$R_b + R_k + R_n = 1/\alpha_b + \sum \delta_i/\lambda_i + 1/\alpha_n = 1/8,7 + 0,16/1,92 + 0,1/0,31 + 1/23 =$$

$$= 0,563\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}. \quad U=1/R=1.78\text{Вт/ м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

ТАБЛИЦА 7

Структура тепловых потерь дома начального проектного варианта к моменту строительства здания. Общая отапливаемая площадь 5834,3м²

Наименование конструкции	Площадь м2	R ₀ , м ² °C /Вт	Темп. коэфф.	Тепло потери Вт ч/°C	%
Стена свободная	2006,1	0,819	1,0	2449,1	
Стена на балкон	1290,6	0,819	0,8	1575,8	
Стена лестничной клетки	592,2	0,819	0,2	144,4	
Окна свободная	67сев+43бюг	0,39	1,0	1289,7	
Окна на балкон	343сев.	0,39	0,8	702,5	
Окна балкона	545,9сев 142вост 142запад	В проектом варианте балкон не отапливается		0,0	
Пол 1 го этажа Вариант 1	849,3м2	0,274	0,7	2169,7	
Пол 1 го этажа Вариант 2	849,3м2	2,15	-	395,6*	
Потолок 9го этажа	849,3м2	0,563	0,9	1357,5	
Лестничная клетка	Площадка закрывается герметично и чрезмерные потери отсутствуют			0,0	-
Сейсмический шов	Шов герметичен и потери тепла через него отсутствуют			0,0	
Трансмиссионные потери				9688,7/ 7914,6*	
Трансмиссионные потери на 1м2 отапливаемой площади при разности 1°С				1,661/1,357*	
Расход тепла на	1,0	1x15753x0,24/5		0,65	

вентиляцию 5834,3x2,7= 15752,6м3	кр.возд.обмен	834=0,65			
	0,5 кр.возд.обмен	0,5x15753x x0,24/5834		0,32	
Общие потери на 1 град разницы температуры	1,0 кр.возд.обме			2,311/2,007	
	0,5 кр.возд.обмен			1,981/1,677*	
Годовой расход энергии на 1м2 отапливаемой площади	1,0 кр.возд.обме	2,311x24x2232=123,8 кВт ч/м2 год В подвале имеются открытые форточки			
		2,007x24x2232=107,5 кВт ч/м2 год Подвальное пространство герметично закрыта			
	0,5 кр.возд.обмен	1,981x24x2232=106,1 кВт ч/м2 год В подвале имеются открытые форточки			
		1,677x24x2234=89,5 кВт ч/м2 год Подвальное пространство герметично закрыта			



Рис. 29. Диаграмма потребления энергии отдельными элементами здания.

Выводы по энергоаудиту по проектному состоянию:

1. Расход тепла на отопление и вентиляцию в проектном состоянии при 1,0 кратном воздухообмене и наличии отверстий в подвале составляет 123,8 кВт ч/м² год. Это практически равно нормативному значению 121 кВт ч/м² год. То есть дом построенный в 1984 г. По старым советским нормам отвечает новым нормативным требованиям утвержденным 2011г.
2. Тоже случай но с закрытыми отверстиями в подвале потери уменьшаются до 16% -107,5 кВт ч/м² год.
3. Максимально достигаемая экономия в проектном варианте обеспечивается при 0,5 кратном воздухообмене и закрытых отверстиях в подвале 89,5 кВт ч/м² год на 26% меньше ныне установленная норма расхода энергии на отопление и вентиляцию 9-ти этажного жилого дома построенного в условиях 2000-3000 градусо-сутки.

III. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

3.1. Фактические расходы тепловой энергии в существующих жилых домах

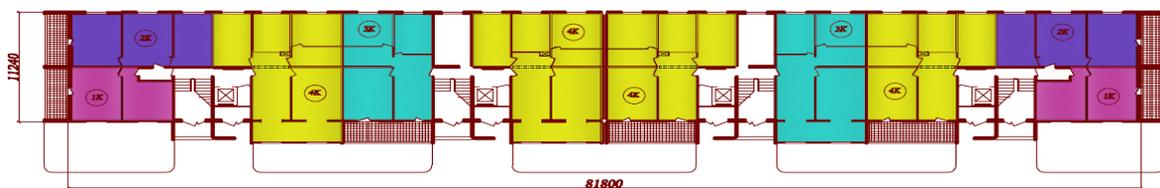
Фактическое состояние дома 2013г. отличается от первоначального нарушением первоначальной герметичности здания.

1. Проведенным обследованием установлено, в нынешнем состоянии 50% 3, 4 и 5 комнатных квартирах остекленный балкон включен в отапливаемый объем квартиры вызывая чрезмерные потери тепла через балкон.

2. В процессе эксплуатации здания нарушены герметичности сейсмического шва проходящие как правило через каждые два подъезда. В крупнопанельных зданиях отсеки выходят на сейсмический шов неизолированными стеновыми панелями что приводит также чрезмерным потерям тепла.

3. Со временем эксплуатации здания нарушена необходимая герметичность лестничной клетки. Окна и фрамуги плотно не закрываются, некоторые не имеют остекления. Входные двери плотно не закрываются и в большинстве случаев они просто оставляются открытыми позволяя свободному доступу наружного воздуха в большом количестве. Квартиры в подъезд также выходят не теплоизолированными железобетонными стеновыми панелями толщиной 140-160мм, что является причиной чрезмерных потерь.

План первого этажа



План типового этажа

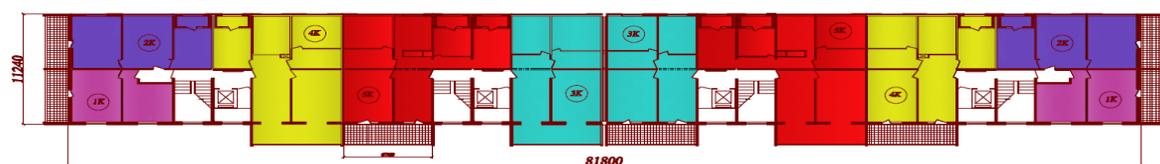


Рис. 30. Фактическое состояние дома с показаниями включений балконов в отапливаемую площадь квартиры.

ТАБЛИЦА 8.

Расчетные площади ограждающих конструкций для фактического состояния м²

Наименование площади	север	восток	юг	запад
S ст.своб., м ²	362,8	-	1489,5	-
S ст.балкона, м ²	375,2	271	-	271
S ст кв. на ЛК, м ²	1794,2	-	-	-
S ок.своб., м ²	67	-	518,4	-
S ок. на балкон, м ²	171,7	-	-	-
S ок. балкона, м ²	272,9	142	-	142
S ст.отап.балкона, м ²	417,3	-	-	-
S ок.отап.балкона, м ²	129,6	-	-	-
S пола	849,3м ²			
Скрыши	849,3м ²			
S ст.сейсм.шва, м ²	296,7х2=593,5м ²			

ТАБЛИЦА 9

Структура тепловых потерь по нынешнему состоянию здания. Общая отапливаемая площадь 5834,3м².

Наименование конструкции	Площадь м ²	R ₀ , м ² °C /Вт	Темп. коэфф.	Тепло потери Вт ч/°C	%

Стена свободная	1852,3	0,819	1,0	2261,7	
Стена на отдельный балкон	971,2/2=485,6	0,819	0,8	473,9	
Стены квартир выходящих на лестничную клетку	1794,2	0,22	0,5	4077,7	
Окна свободная	585,4	0,39	1,0	1498,6	
Окна на балкон в изолированных квартирах	171,2/2=85,6	0,39	0,8	175,3	
Окна балкона соединенных с квартирой	556,9/2=278,5	0,39	1,0	714,1	
Стены отапливаемого балкона	583,2/2=291,6	0,22	1,0	1325,5	
Пол первого этажа отапливаемого балкона	36,0	0,22	0,8	130,9	
Крыша отапливаемого балкона 9 этажа	36,0	0,563	0,8	51,2	
Стены сейсмического шва	593,5	0,22	0,5	1348,9	
Пол 1 го этажа Вариант 1	849,3м2	0,274	0,7	2169,7	
Пол 1 го этажа Вариант 2	849,3м2	2,15	-	395,0	
Потолок 9го этажа	849,3м2	0,563	0,9	1357,7	
Трансмиссионны				15585/	

е потери				13810,5	
Трансмиссионные потери на 1м² отапливаемой площади при разности 1⁰С				2,671/2,367	
Расход тепла на вентиляцию 5834,3x2,7=15752,6м³	1,0 кр.возд.обмен	$1 \times 15753 \times 0,24 / 5834 = 0,65$		0,65	
	0,5 кр.возд.обмен	$0,5 \times 15753 \times 0,24 / 5834 = 0,32$		0,32	
Общие потери на 1 град разницы температуры	1,0 кр.возд.обме			3,321/2,967	
	0,5 кр.возд.обмен			2,991/2,687	
Годовой расход энергии на 1м² отапливаемой площади	1,0 кр.возд.обме	3,321x24x2232=177,9 кВт ч/м² год В подвале имеются открытые форточки			
		2,967x24x2232=158,9 кВт ч/м² год Подвальное пространство герметично закрыта			
	0,5 кр.возд.обмен	2,991x24x2232=160,2 кВт ч/м² год В подвале имеются открытые форточки			
		1,677x24x2234=144,1 кВт ч/м² год Подвальное пространство герметично закрыта			

3.2. Технико-экономической оценки энергетической реконструкции существующих зданий и выбор стратегии энергетической реконструкции

В сводной таблице представлены данные энергопотребления здания в момент строительства и по нынешнему состоянию. В момент обследования здания из-за нарушения герметичности оболочки здания потребление энергии на отопление и вентиляцию возросло 99,7%-практически в 2 раза. Исходя из этого выбрана стратегия энергетической реконструкции:

- Учитывая тот факт что фактическое значение энергопотребление в 2 раза превышает первоначального потребления энергии, на первый этапе энергосбережения необходимо включить мероприятия по обеспечению первоначальной герметичности здания.
- Обеспечение герметичности подвального пространства.
- Восстановление герметичности сейсмического шва.
- Обеспечение герметичности лестничной клетки.
- Раздел балкона от отапливаемого объема квартиры.

Таблица 10

Сравнительных значений в кВт ч/м² год при норме 121 кВт ч/м² год

Проектное состояние	1,0	В подвале имеются открытые форточки	123,8	+38,9%
		Подвальное пространство герметично закрыта	107,5	+20,6%
	0,5	В подвале имеются открытые форточки	106,1	+19%
		Подвальное пространство герметично закрыта	89,1	100%
Фактическое состояние	1,0	В подвале имеются открытые форточки	177,6	+99,7%
		Подвальное пространство герметично закрыта	158,9	+78,3%
	0,5	В подвале имеются открытые форточки	160,2	+79,8%

		Подвальное пространство герметично закрыта	144,1	+61,7%
Цель 1. Реально достигаемая экономия за счет обеспечения первоначальной герметичности здания	1,0	В подвале имеются открытые форточки	128,1	+43,8%
		Подвальное пространство герметично закрыта	111,8	+25,5%
	0,5	В подвале имеются открытые форточки	110,4	+23,9%
		Подвальное пространство герметично закрыта	94,3	+5,8%

Цель 1. Обеспечение первоначальной целостности и необходимой герметичности внешней оболочки здания.

ТАБЛИЦА 11

Структура тепловых потерь дома с учетом обеспечения герметичности лестничной клетки и сейсмического шва. Общая отапливаемая площадь 5834,3м²

Наименование конструкции	Площадь м ²	R ₀ , м ² °C/Вт	Темп. коэфф.	Тепло потери Вт ч/°C	%
Стена свободная	1852,3	0,819	1,0	2261,7	
Стена на отдельный балкон	971,2/2=485,6	0,819	0,8	473,9	
Стены квартир выходящих на лестничную клетку	1794,2	0,22	0,5	4077,7	
Окна свободные	585,4	0,39	1,0	1498,6	

Окна на балкон в изолированных квартирах	$171,2/2=85,6$	0,39	0,8	175,3	
Окна балкона соединенных с квартирой	$556,9/2=278,5$	0,39	1,0	714,1	
Стены отапливаемого балкона	$583,2/2=291,6$	0,22	1,0	1325,5	
Пол первого этажа отапливаемого балкона	36,0	0,22	0,8	130,9	
Крыша отапливаемого балкона 9 этажа	36,0	0,563	0,8	51,2	
Стены сейсмического шва	593,5	0,22	0,5	1348,9	
Пол 1 го этажа Вариант 1	849,3м ²	0,274	0,7	2169,7	
Пол 1 го этажа Вариант 2	849,3м ²	2,15	-	395,0	
Потолок 9го этажа	849,3м ²	0,563	0,9	1357,7	
Трансмиссионные потери				10158/ 8390	
Трансмиссионные потери на 1м ² отапливаемой площади при разности 1 ⁰ С				1,741/1,438	
Расход тепла на вентиляцию $5834,3 \times 2,7 =$	1,0 кр.возд.обмен	$1 \times 15753 \times 0,24/5$ $834 = 0,65$		0,65	

15752,6м3	0,5 кр.возд.обмен	$0,5 \times 15753 \times$ $\times 0,24 / 5834 =$ $= 0,32$	0,32
Общие потери на 1 град разницы температуры	1,0 кр.возд.обме		2,391/2,088
	0,5 кр.возд.обмен		2,061/1,758
Годовой расход энергии на 1м2 отапливаемой площади	1,0 кр.возд.обме	2,391x24x2232=128,1 кВт ч/м2 год В подвале имеются открытые форточки	
		2,088x24x2232=111,8 кВт ч/м2 год Подвальное пространство герметично закрыта	
	0,5 кр.возд.обмен	2,061x24x2232=110,4 кВт ч/м2 год В подвале имеются открытые форточки	
		1,758x24x2234=94,3 кВт ч/м2 год Подвальное пространство герметично закрыта	

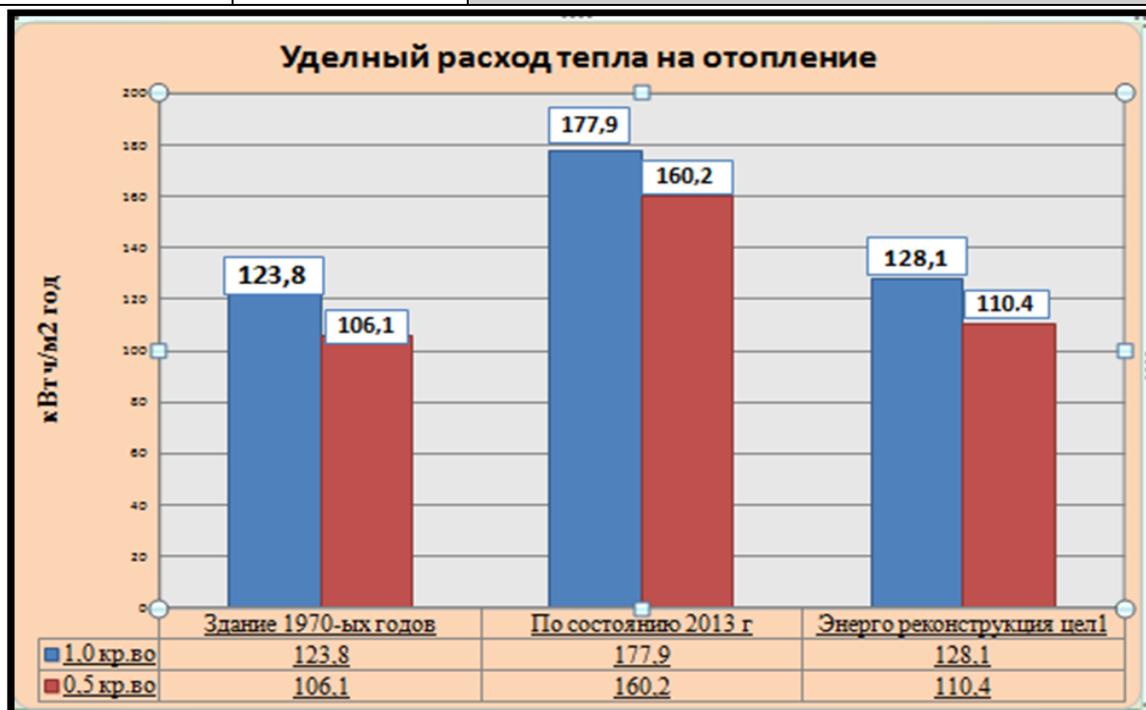


Рис. 31. Диаграмма потребления энергии зданием в момент строительства, в настоящий период и после санации.

Выводы по главе

1. Из-за повышенности нормативов многоэтажные дома построенные в 1984 г. по старым нормативам удовлетворяют новые нормы энергосбережения 123 кВт ч /м² год при норме 121 кВт ч /м² год.
2. Нарушение первоначальной герметичности оболочки здания в течение эксплуатации являлась причиной фактического потребления энергии на отопление почти в два раза. Цель 1 при санации здания должен служить комплекс мероприятий по восстановлению первоначальной герметичности оболочки здания.
3. Выбранная стратегия санации при Цели 1 без применения теплоизоляционных материалов позволяет до 90% сократить расходы энергии на отопление.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

4. В Республике утверждены с 2011г. ряд нормативных документов для проектирования энергоэффективных зданий. Основными из которых являются КМК 2.01.18-2000*"Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений", и КМК 2.01.04-97*. **Энергоэффективность проектов контролируется по величине расхода теплоты в расчётный наиболее холодный час зимы, с температурой B** наружного воздуха, когда в мировой практике общепринято в этом качестве использовать годовой расход энергии (теплоты) на квадратный метр площади. (экономичность автомобилей определяется расходом бензина на 100км пробега).
5. Как показывают расчетные и экспериментальные исследования существующие здания 4-х этажный жилой дом на Куйлюке, и 9-ти этажного дома в пл. Беруни д.2 и разработанные по старым нормам сельские жилые дома отвечают нормам энергосбережения КМК 2.01.18-2000. Расход энергии с реальными объектами выявлены что значения данных норм $q_{ov}^{тр}$, Вт/м², завышены.

6. Энергетическая реконструкция существующих многоэтажных жилых зданий становится актуальной проблемой так как в существующих домах имеется огромный потенциал энергосбережения.
7. В энергосбережении в зданиях особого внимания заслуживает опыт Германии Восточного Берлина по санации многоэтажных жилых домов крупнопанельной конструкции. В Германии на основе изучения реального фонда зданий в том числе жилищного фонда определены перспективные направления санации жилых домов без выселения населения. Установлены нормы годового расхода тепла на отопление, $E_{nEV\ 07}$ 70 кВт ч /м² год, $E_{nEV\ 09}$ - 50кВт ч/м² год и $E_{nEV\ 12}$ - 30 кВт ч/м² год. Нормы Узбекистана по сравнению с нормами Германии также сильно завышены, например 9-ти этажный жилой дом в Узбекистане потреблять энергию 121 кВт ч /м² год. Больше чем 2 раза превосходит норму Германии.
8. Из-за повышенности нормативов многоэтажные дома построенные в 1984 г. по старым нормативам удовлетворяют новые нормы энергосбережения 123 кВт ч /м² год при норме 121 кВт ч /м² год.
9. Нарушение первоначальной герметичности оболочки здания в течение эксплуатации являлась причиной фактического потребления энергии на отопление почти в два раза. Цель 1 при санации здания должен служить комплекс мероприятий по восстановлению первоначальной герметичности оболочки здания.
10. Выбранная стратегия санации при Цели 1 без применения теплоизоляционных материалов позволяет до 90% сократить расходы энергии на отопление.

Список использованных литератур

Нормативно – правовые документы:

1. Закон Республики Узбекистан «О рациональном использовании энергии» от 25 апреля 1997 года, № 412-І.

2. Доклад Президента Республики Узбекистан Ислама Каримова на заседании Кабинета Министров, посвященном итогам социально-экономического развития в 2013 году и важнейшим приоритетным направлениям экономической программы на 2014 год / Газета: Вечерний Ташкент, от 20 января 2014года.

3. Указ Президента Республики Узбекистан Ислама Абдуганиевича Каримова «Об усилении государственной поддержки жилищного строительства в городе Ташкенте» от 31.01.96 г.

4. Указ «О мерах по дальнейшему совершенствованию архитектуры и градостроительства в Узбекистане» от 26.04.2000 г.

5. КМК 2.01.18-2000* Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений / Госархитектстрой РУз – Тошкент, ИВЦ АҚАТМ, 2011-40с.

6. КМК 2.01.04-97* «Строительная теплотехника»

7. Пособие по проектированию новых энергосберегающих решений по строительной теплотехнике (к КМК 2.01.04-97*) / ОАО «ToshuyjoyLITI» - Ташкент, ИВЦ АҚАТМ, 2012-70с.

8. ҚМҚ 2.01.01-94 Климатические и физико-геологические данные для проектирования. – Т., 1994.

9. ШНҚ 2.08.01-94 Жилые здания. - Т., 1996.

Учебники и учебные пособия:

10. Альбом технических решений применения эффективного утеплителя «Термобазальт»: - Москва: «МО АНДРЕЕВКА», 2009. – 72с.

11. Бужевич Г.А. Легкие бетоны на пористых заполнителях. – М.: Стройиздат, 1970г.

12. Васильев Б.Ф. Методика натуральных наблюдений температурно-влажностного режима жилых зданий. - М.: Госстройиздат, 1969г.
13. Ветошкин С.И. Гигиенические основы проектирования и строительства жилищ в условиях жаркого и сухого климата Средней Азии. - Ташкент: Медгиз, 1954г.
14. Архитектурные конструкции: Под редакцией З.А. Казбек – Казиева: - Москва: «Архитектура – С», 2011.
15. Горомосов М.С., Лицкевич В.К. Строительные санитарно-гигиенические нормативы жилища. – М.: Стройиздат, 1975г.
16. Деллос К.П. Легкие бетоны в мостах. – М.:Транспорт, 1986г.
17. Джонс Р., Гэтфилд Г. Ультразвуковой импульсный способ испытания бетона. – М.:Промстройиздат, 1957г.
18. Дмитриев В.М. Вопросы использования архитектуры узбекского народного жилища в современной практике. - Ташкент: Фан, 1980г.
19. Заривайская Х.А., Таций Е.А., Фтокарев Е., Ферг А.Р. и др. Гигиенические качества современных жилых домов. – М.:Стройиздат, 1975г.
20. Исследования по микроклимату жилища и строительной теплофизике. / под. ред. Васильева Б.Ф. – М.: Госстройиздат, 1960г.
21. Любимов М.С. Рациональные конструкции стен, рекомендуемых для применения в различных районах страны. /Основные направления совершенствования конструктивных решений полносборных жилых зданий: тезисы докладов. – М.:Стройиздат, 1982г.
22. Объедков В.А., Соловьев А.К., Кондратьев А.Н. и др. Лабораторный практикум по строительной физике. – М.:Высшая школа, 1979г.
23. Пирадов А.Б. Конструктивные свойства легкого бетона и железобетона. – М.:Стройиздат, 1973 г.
24. Пособие по проектированию ограждающих конструкций зданий. НИИ строительной физики, – М.: Стройиздат, 1979г.
25. Санитарные норма и правила проектирования жилых домов в климатических условиях Узбекистана/ СанПиН РУз № 0146-04 – Т.: 2004.

26. Скатынская В.И., Ногин С.И., Коршунов Д.А., Геращенко С.А., Методы не разрушающего контроля качества железобетонных конструкций. – Киев, 1972г.

27. Теплотехнические качества и микроклимат крупнопанельных жилых зданий./под. ред. Семеновой Е.И. - М.: Стройиздат, 1974г.

28. Фирсанов В.М. Архитектура гражданских зданий в условиях жаркого климата. -М.: Стройиздат, 1982г.

29. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. - М.: Стройиздат, 1973г.

29. Чуев В.Е. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал Республики Узбекистан. – Ташкент, 2000г.

30. Швецов К.К. Проектирование зданий для районов с особыми природно-климатическими условиями. – М.: Высшая школа, 1986г.

31. Яворского А.К., Агеева Н.А., Ефимчук В.Н., Гуревича С.Л., Миловодова В.В., Керамзитобетон в крупнопанельном домостроении. – М.:Стройиздат, 1976г.

32. Маракаев Р.Ю. и др. Физико – технические основы проектирования зданий: Учебное пособие – Ташкент: «ТАСИ», 2003. – 193с.

33. Маракаев Р.Ю. и др. Основные принципы, характеристики практического анализа и оценки влияния климата районов строительства на проектирование зданий: Учебно – методическое пособие – Ташкент: «ТАСИ», 2012. – 106с.

34. Маракаев Р.Ю. и др. Лабораторно – исследовательский практикум по архитектурно – строительной физике: Учебно – методическое пособие – Ташкент: «ТАСИ», 2005. – 132с.

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

Статьи из научных журналов:

36. Аскарлова А. За скандинавским опытом в области энергоэффективного строительства // Архитектура и строительство Узбекистана – Ташкент, 2010 – № 5, 6 – С. 50.

37. Ахмедов С.И. и др. О методике проектирования ограждающих конструкций энергоэффективных зданий // Архитектура и строительство Узбекистана – Ташкент, 2009 – № 5 – С. 36-37.

38. Кучкаров Р. Вопросы повышения энергоэффективности 3-х, 4-х и 5-ти комнатных сельских жилых домов, проектируемых с применением новых нормативных документов // Архитектура и строительство Узбекистана – Ташкент, 2013 – № 4, 5, 6 – С. 38-42.

39. Кучкаров Р. Результаты анализа и сравнения переработанных нормативных документов (КМК, ШНК) с целью повышения энергоэффективности зданий // Архитектура и строительство Узбекистана – Ташкент, 2011 – № 6 – С. 47-50.

40. Усмонов К. Время поговорить о результатах – проект «Повышения энергоэффективности в общественных зданиях» набирает обороты // Архитектура и строительство Узбекистана – Ташкент, 2010 – № 5,6 – С. 46-47.

Интернет:

41. <http://www.stroyka.uz> (Строительный портал Узбекистана).

42. <http://www.masterok.uz> (Строительство в Узбекистане).

43. <http://www.rsustroy-servis.ru> (Стройсервис).

44. <http://www.abok.ru> (Некоммерческое партнерство инженеров по строительной теплофизике).

45. <http://www.meteo.uz> (Центр гидрометеорологической службы при Кабинете Министров РУз).

46. <http://www.pogodaiklimat.ru> (Погода и климат).

47. <http://www.wikipedia.org> (Википедия).

48. <http://www.meteonovosti.ru> (Метеоновости).

49. <http://www.rockwool.ru> (Теплоизоляция плоских кровель).

50. <http://www.stroy38.ru>

ПРИЛОЖЕНИЕ

Исходные данные для расчета 9-ти этажного жилого дома 148СП серии построенной в г. Ташкенте пл .Беруни д.2.

Taschkent					утз 2	утз 3	цель 01	цель 02
наружная стена								
крупные панели	2 500 kg/m ³	1,920 W/(mK)	0,160 m		0,083 m ² K/W			
Керамзита бетон 1000 кг/м3		0,330 W/(mK)	0,190 m		0,576 m ² K/W			
Тепловое сопротивление					0,659 m ² K/W			
Проходное сопротивление тепла					0,819 m ² K/W	1,300 m ² K/ W	2,400 m ² K/ W	0,819 m ² K /W
Коэффициент прохода тепла					1,22 W/(m ² K)		1,22 W/(m ² K)	1,22 W/(m ² K)
		Untersch reitung WS2/WS 3			0,481 m ² K/ W	1,581 m ² K/ W		
		WS2 / WS3 достигае т изоляци и толщино й тепла			0,019 m	0,063 m		
		при проводи мости тепла от			0,040 W/(m K)			
наружная стена лестничная клетка								
крупные панели	2 500 kg/m ³	1,920 W/(mK)	0,160 m		0,083 m ² K/W			
Керамзита бетон 1000 кг/м3		0,330 W/(mK)	0,190 m		0,576 m ² K/W			
Тепловое сопротивление					0,659 m ² K/W			
Проходное					0,819	1,300	2,400	0,819

сопротивление тепла					m^2K/W	m^2K/W	m^2K/W	9 m^2K $/W$	9 m^2K $/W$
Коэффициент прохода тепла					1,22 $W/(m^2$ $K)$			1,22 $W/($ m^2K $)$	1,22 $W/($ m^2K $)$
		Untersch reitung WS2/WS 3				0,481 $m^2K/$ W	1,581 $m^2K/$ W		
		WS2 / WS3 достигае т изоляци и толщино й тепла				0,019 m	0,063 m		
		при проводи мости тепла от				0,040 $W/(m$ $K)$			
крыша									
керамзитобетон 100мм	1 000 kg/m^3	0,330 $W/(mK)$	0,100 m		0,303 m^2K/W				
плита крыши 160 mm полный бетон	2 500 kg/m^3	1,920 $W/(mK)$	0,160 m		0,083 m^2K/W				
Тепловое сопротивление					0,386 m^2K/W				
Проходное сопротивление тепла					0,56 m^2K/W	1,840 $m^2K/$ W	2,560 $m^2K/$ W	0,55 m^2K $/W$	5,00 m^2K $/W$
Коэффициент прохода тепла					1,799 $W/(m^2$ $K)$			1,79 $W/($ m^2K $)$	0,20 $W/($ m^2K $)$
		Unterschreitung WS2/WS3				1,284 $m^2K/$ W	2,004 $m^2K/$ W		
		WS2 / WS3 достигает изоляции толщиной тепла				0,051 m	0,080 m		0,20 m
		при проводимости тепла от				0,040 $W/(mK)$			0,04 5 $W/($ $mK)$

пол								
железобетонная плита 150мм	2 500 kg/m ³	1,920 W/(mK)	0,160 m	0,083 m ² K/W				
выравнивающая стяжка 20мм		0,290 W/(mK)	0,020 m	0,069 m ² K/W				
Тепловое сопротивление				0,069 m ² K/W				
Проходное сопротивление тепла							0,229	2,229
Проходное сопротивление тепла				0,229 m²K/W	1,840 m ² K/W	2,560 m ² K/W	0,229 m²K/W	2,229 m²K/W
Wärmedurchgangskoeffizient				4,367 W/(m²K)			4,367 W/(m²K)	0,449 W/(m²K)
					1,611 m ² K/W	2,331 m ² K/W		
				Unterschreitung WS2/WS3				
				WS2 / WS3 достигает изоляции толщиной		0,064 m	0,093 m	0,080 m
				при проводимости тепла от		0,040 W/(mK)		0,040 W/(mK)
стены балкона								
страничная								
внутренняя штукатурка		1,000 W/(mK)	0,015 m	0,015 m ² K/W				
Beton	2 400 kg/m ³	2,100 W/(mK)	0,370 m	0,176 m ² K/W				
наружная штукатурка		1,000 W/(mK)	0,030 m	0,030 m ² K/W				
Тепловое сопротивление				0,221 m ² K/W				
Проходное сопротивление тепла							0,391	0,391
Проходное сопротивление тепла				0,391 m²K/W	1,300 m ² K/W	2,400 m ² K/W	0,391 m²K/W	0,391 m²K/W
Коэффициент прохода тепла				2,558 W/(m²K)			2,558 W/(m²K)	2,558 W/(m²K)
					0,909 m ² K/W	2,009 m ² K/W		
				Unterschreitung WS2/WS3				

		WS2 / WS3 достигает изоляции толщиной тепла			0,036 m	0,080 m		
		при проводимости тепла от			0,040 W/(mK)			
стены балкона(бокавая)	Brüstung							
железобетон		2,100 W/(mK)	0,120 m	0,057 m ² K/W				
Тепловое сопротивление				0,057 m ² K/W				
Проходное сопротивление тепла				0,227 m ² K/W	1,300 m ² K/ W	2,400 m ² K/ W	0,227 m ² K/ W	0,227 m ² K/ W
Коэффициент прохода тепла				4,405 W/(m ² K)			4,405 W/(m ² K)	4,405 W/(m ² K)
		Unterschreitung WS2/WS3			1,073 m ² K/ W	2,173 m ² K/ W		
		WS2 / WS3 достигает изоляции толщиной тепла			0,043 m	0,087 m		
		при проводимости тепла от			0,040 W/(mK)			
стены балкона (Окно группы)								
внутренняя штукатурка		1,000 W/(mK)	0,015 m	0,015 m ² K/W				
кипичная кладка	1 600 kg/m ³	0,680 W/(mK)	0,120 m	0,176 m ² K/W				
наружная штукатурка		1,000 W/(mK)	0,000 m	0,000 m ² K/W				
Тепловое сопротивление				0,191 m ² K/W				
Проходное сопротивление тепла				0,361 m ² K/W	1,300 m ² K/ W	2,400 m ² K/ W	0,361 m ² K/ W	0,361 m ² K/ W
Коэффициент прохода тепла				2,770 W/(m ² K)			2,770 W/(m ² K)	2,770 W/(m ² K)
		Unterschreitung WS2/WS3			0,939 m ² K/ W	2,039 m ² K/ W		
		WS2 / WS3 достигает			0,038	0,082		

		изоляция толщиной тепла			m	m		
		при проводимости тепла от			0,040 W/(mK)			
нижний потолок балконов								
без утепления							23	
плита 160 mm полный бетон		2,100 W/(mK)	0,160 m		0,076 m ² K/W			
Тепловое сопротивление					0,076 m ² K/W			
Проходное сопротивление тепла					0,416 m ² K/W	1,840 m ² K/ W	2,560 m ² K/ W	0,416 m ² K/ W
Коэффициент прохода тепла					2,404 W/(m ² K)			2,404 W/(m ² K)
		Unterschreitung WS2/WS3			1,424 m ² K/ W	2,144 m ² K/ W		
		WS2 / WS3 достигает изоляции толщиной тепла			0,057 m	0,086 m		0,086 m
		при проводимости тепла от			0,040 W/(mK)			0,040 W/(mK)
Входные двери								
сталь		60,000 W/(mK)	0,004 m		0,000 m ² K/W			
Тепловое сопротивление					0,000 m ² K/W			
Проходное сопротивление тепла					0,170 m ² K/W	0,390 m ² K/ W	0,390 m ² K/ W	0,170 m ² K/ W
Коэффициент прохода тепла					5,882 W/(m ² K)			5,882 W/(m ² K)
		Unterschreitung WS2/WS3			0,220 m ² K/ W	0,220 m ² K/ W		

Окно (Апартаменты)									
двойное застекление					0,175				
деревянные/пластиковые рамки					0,330				
Тепловое сопротивление					0,221				
Проходное сопротивление тепла					0,391	0,390	0,390	0,391	0,391
Коэффициент прохода тепла					2,555			2,555	2,555
		Unterschreitung WS2/WS3				-0,001	-0,001		
Окно (лестницы)									
одное застекление					КМК				
пластиковые рамки					2.01.04				
Тепловое сопротивление					.97*				
Проходное сопротивление тепла					пролж.				
Коэффициент прохода тепла					5				
		Unterschreitung WS2/WS3				0,210	0,210		
Окно (балконы)									
двойное застекление					0,175				
деревянные/пластиковые рамки					0,330				
Тепловое сопротивление					0,221				

				$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$				
Проходное сопротивление тепла				0,391 $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	0,390 $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	0,390 $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	0,391 $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	0,391 $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$
Коэффициент прохода тепла				2,555 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$			2,555 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$	2,555 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$
		Unterschreitung WS2/WS3			-0,001 $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$	-0,001 $\text{m}^2\text{K}/\text{W}$		