

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

Ташкентский Архитектурно-Строительный Институт

На правах рукописи

Тагаева Ирина Зафаровна

**Тема: Конструктивно - технологические решения, направленные на  
повышение энергосбережения в строительстве.**

## **Диссертация**

на соискание академической степени магистра по специальности: 5А 340301  
“Реставрация, реконструкция, эксплуатация и благоустройство зданий и  
городских территорий”

Работа рассмотрена и допускается  
к защите.

Научный руководитель:  
проф. Ходжаев С.А.

Зак.Кафедрой "Городское строительство  
и хозяйство" доц. Хотамов А.Т.

Научный консультант:  
доц. Касымова С.Т.

---

Ташкент 2013

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ЗАДАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ.....	10
1.1 Анализ зарубежного опыта повышения энергоэффективности зданий.....	10
1.2 Отечественный опыт создания нормативно-методологической базы проектирования и строительства энергоэффективных зданий.....	17
1.3 Особенности структуры и физико-механических свойств теплоизоляционных материалов.....	24
1.4 Состояние производства и применения эффективных теплоизоляционных материалов в республике.....	27
Выводы по 1 главе.....	32
ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ.....	34
2.1 Материалы и методика, используемые в работе.....	34
2.2 Улучшение структуры и свойств пенобетона с пониженной плотностью..	36
Выводы по 2 главе.....	44
ГЛАВА 3. РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКТИВНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ОГРОЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	46
3.1 Концептуальные предпосылки создания эффективных ограждающих конструкций из пенобетона с улучшенными свойствами.....	46
3.2 Конструктивно-технологические решения утепления стен.....	55
3.3 Конструктивно-технологические решения утепления чердачных перекрытий и покрытий крыш.....	62
Выводы по 3 главе.....	80
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	81
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	83
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	

## **В В Е Д Е Н И Е**

### **Актуальность темы исследования.**

Во всём мире вопросы повышения эффективности энергопотребления и сокращения выбросов углекислого газа в атмосферу приобрели особую актуальность и приоритетное значение.

Вопросы эффективного энерго- и теплотребления и энергосбережения в нашей стране приобрели особую актуальность после подписания в 1997 году Президентом И.А. Каримовым Закона Республики Узбекистан «О рациональном использовании энергии» [1]. Одним из основных направлений государственной политики в области рационального использования энергии является стабилизация производства и потребления энергии, необходимой для интенсивного развития национальной экономики. Поэтому энергосбережение и эффективное энергопотребление, разработка и применение энергосберегающих технологий, использование возобновляемых источников энергии является важнейшей задачей во всех сферах экономики страны. Учитывая, что около половины всего энергопотребления приходится на здания и сооружения, актуальной научно-технической проблемой является разработка современных эффективных конструктивно-технологических решений ограждающих конструкций, всемерное энергосбережение и повышение энергоэффективности в жилищно-гражданском строительстве.

Среди возможных путей решения этой проблемы заслуживает внимание путь научно-критического изучения передовых зарубежных достижений в области концепций и нормативных документов, международного опыта по повышению энергоэффективности зданий, при объективном обосновании возможности в той или иной степени их использования в отечественных разработках с учетом природно-климатических условий нашей страны, наличия необходимых ресурсов и производственной базы.

### **Степень изученности проблемы.**

Анализ и обобщение мирового опыта энергосбережения и сокращения выбросов углекислого газа в атмосферу показывает, что наибольшее развитие эти вопросы получили в США, странах Западной Европы, особенно в Дании.

В результате постоянного пересмотра и ужесточения строительных норм по энергопотреблению, Датские нормы обеспечивают самый низкий уровень удельного потребления энергии в странах Евросоюза. Средний уровень энергопотребления к настоящему времени, по сравнению с докризисным уровнем в 1979 году, снижен в жилых зданиях более чем в 2 раза и составляет 85 кВт/м<sup>2</sup>/год. У нас, для сравнения, этот показатель составляет примерно 230 кВт/м<sup>2</sup>/год. В общественных зданиях средний норматив в Дании составляет 97 кВт/м<sup>2</sup>/год., а у нас - 296 кВт/м<sup>2</sup>/год.

Определенные меры в направлении энергосбережения в зданиях были предприняты и в нашей стране при создании в 90-х годах национальной системы нормативных документов в строительстве и ее развитием в 2004-2011 годах.

Достигнутый уровень теплозащиты зданий по действующим нормам в 1,65-4,5 раза превышает уровень нормативных требований советского периода. В то же время этот уровень в 2-3 раза ниже чем в странах Евросоюза.

В тоже время достигнутый достаточно высокий уровень теплозащиты зданий требует принципиального пересмотра применяемых материалов и технических решений ограждающих конструкций зданий. В настоящее время уже практически невозможно обеспечить требуемые показатели теплозащиты в однослойных конструкциях стен из кирпича или конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов, обладающих высокими показателями плотности и теплопроводности. Выполнение требований действующих норм требует применения многослойных конструкций с эффективными видами теплоизоляционных материалов.

Поэтому в настоящее время для развития в нашей стране производственной базы эффективных теплоизоляционных материалов необходимо проведение исследований по разработке таких материалов и технических решений ограждающих конструкций на их основе из местного сырья и отходов производства.

**Целью** работы является повышение энергоэффективности зданий за счет разработки пенобетона пониженной плотности с улучшенными физико-механическими свойствами и эффективных ограждающих конструкций на его основе для жилых и общественных зданий.

Достижение указанной цели обусловило необходимость постановки и решения следующих **задач**:

- изучение зарубежного опыта путей повышения энергоэффективности зданий;

- изучение состояния энергосбережения в отечественной практике строительства и пути снижения энергопотребления в зданиях;

- разработка пенобетона с улучшенными свойствами, позволяющими отнести его к эффективным теплоизоляционным материалам;

- разработка новых конструктивно-технологических решений ограждающих конструкций стен и крыш с использованием пенобетона;

- подготовка предложений для внесения в пособие по проектированию крыш и кровель энергоэффективных зданий.

**Объектом** исследования являются эффективные теплоизоляционные материалы и ограждающие конструкции для повышения энергоэффективности зданий.

**Предметом** исследования являются эффективные ограждающие конструкции зданий с использованием пенобетона с пониженной плотностью и относительно высокой прочностью.

**Методология и методы** исследования базировались на научных трудах ученых по проблемам энергосбережения и внедрению новых конструктивно-технологических решений ограждающих конструкций зданий, анализе опыта

энергосбережения в строительстве различных стран и практика энергосбережения в Узбекистане. Для изучения физико-механических свойств материалов использовали стандартные методы испытаний. При расчете ограждающих конструкций использованы методы расчета по новым нормам проектирования.

**Научная новизна** исследования заключается в следующем:

- разработаны составы пенобетона пониженной плотности ( $300-600 \text{ кг/м}^3$ ) с улучшенными физико-механическими свойствами (с прочностью  $0,1-2,5 \text{ МПа}$ );
- разработаны конструктивно-технологические решения ограждающих конструкций с использованием пенобетона с улучшенными свойствами;
- сформулированы предложения (рекомендации) по использованию пенобетона для утепления чердачных перекрытий и бесчердачных покрытий для включения в Пособие к КМК 2.03.10-95\* «Крыши и кровли».

**Практическая значимость исследования.**

Для малоэтажного строительства жилых и общественных зданий (до 3 этажей) разработаны конструктивно-технологические решения утепления стен и крыш с применением пенобетонных блоков с плотностью до  $600 \text{ кг/м}^3$ , а в качестве теплоизоляционного слоя монолитного пенобетона с плотностью до  $300-400 \text{ кг/м}^3$ . Это позволит существенно повысить теплозащитные показатели и снизить стоимость зданий.

**Реализация результатов работы.**

По результатам работы сформулированы рекомендации по применению пенобетона для утепления кровельных покрытий, которые использованы при разработке Пособия по проектированию крыш и кровель энергоэффективных зданий (к КМК 2.03.10-95\*).

**Опубликованность.** Результаты работы использованы при разработке Пособия к КМК 2.03.10-95\* Крыши и кровли. Одна научная статья сдана в печать в сборник научных трудов ТАСИ.

**Объем работы:** Диссертационная работа состоит из: введения, 3-х глав, списка использованной литературы и приложения. Она включает 87 страницы

компьютерного текста, 12 рисунков, 7 таблиц, списка литературы из 40 наименований.

# **1. АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПУТЕЙ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ.**

## **1.1 Анализ зарубежного опыта повышения энергоэффективности зданий.**

Анализ и обобщение мирового опыта энергосбережения и сокращения выбросов углекислого газа в атмосферу показывает, что наибольшее развитие эти вопросы получили в США, странах Западной Европы, особенно в Дании.

Как известно, значительное количество расходуемой энергии идет на создание комфортных условий жизнедеятельности человека: отопление, горячее водоснабжение, вентиляцию и кондиционирование помещений, электроснабжение осветительных и других бытовых приборов. Наряду с применением эффективного теплотехнического оборудования, более совершенных схем теплоснабжения, энергоэкономичных объемно-планировочных решений, уменьшению расходов тепловой энергии безусловно способствует повышение теплозащиты зданий. Для уменьшения теплопотерь и эффективного использования энергии необходимо осуществлять проектирование и строительство новых зданий только с улучшенными теплозащитными свойствами, обеспечивающими повышение их энергоэффективности. Энергоэффективность зданий в значительной степени зависит от теплозащитных свойств наружной оболочки здания – ограждающих конструкций: стен, крыш, полов, световых проемов.

Основным методом сокращения расхода энергии во всех развитых странах мира в настоящее время считается улучшенная тепловая изоляция. Хорошая изоляция при обеспечении доходных капитальных вложений на нее может обеспечить сокращение затрат на отопление на 50 % в зданиях, построенных на современном уровне [2].

В развитых странах, особенно в Европе начало разработок по улучшению теплоэнергетических характеристик зданий явилось следствием энергетического кризиса 70-х годов. С 1976 года в большинстве стран осуществлялся периодический пересмотр нормативных документов с целью обеспечения жестких требований по энергопотреблению для вновь строящихся зданий. В результате к 2010 году нормируемые величины теплозащиты ограждающих конструкций увеличились в 2-3,5 раза, а энергопотребление в зданиях было уменьшено до 2,5 - 3 раза. При этом следует отметить, что уровень энергетических требований в строительных нормах Евросоюза отличается в достаточно широких пределах в 1,2 – 2,6 раза. Так например в Дании, Испании и Германии нормы энергопотребления в зданиях составляют соответственно 12, 14, 18 кВт/м<sup>3</sup>/год, а в Италии и Бельгии соответственно 28 и 32 кВт/м<sup>3</sup>/год [3]. Вместе с тем, несмотря на такие различия, научно-техническая политика в странах Евросоюза в области энергосбережения ориентирована на реализацию общей тенденции сокращения энергопотребления зданиями на 10÷20% каждые 3÷5 лет.

Заслуживает внимания опыт Скандинавских стран в повышении энергоэффективности зданий. Так в Финляндии после энергетического кризиса уже в 1974-х были введены новые повышенные нормы на теплозащиту, применяемые ко всем типам зданий. По новому финскому стандарту термические сопротивления наружных стен и кровельных покрытий составили 2,86 и 4,35 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт соответственно, а конструкций, соприкасающихся с грунтом – 2,5 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт, оконных и дверных заполнений не менее 0,48 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт [4].

По строительным нормам Швеции, введенным в 1978 году, термические сопротивления были приняты: для стен – 2,5, для покрытий – 4,0 и для полов – 2,86(м<sup>2</sup>·°C)/Вт. В 1985 году эти величины возросли соответственно до 4,0 для стен, и до 5,0 для покрытий, до 3,33 (м<sup>2</sup>·°C)/Вт для полов [4].

В Австрийских нормах теплозащиты зданий при остекленности стен, превышающей 30 %, требуется увеличение сопротивления теплопередачи стен на 100% и перекрытия (имеется ввиду чердачного) на 50 % по сравнению со зданиями, остекленность стен которых не превышает 30 % /4/.

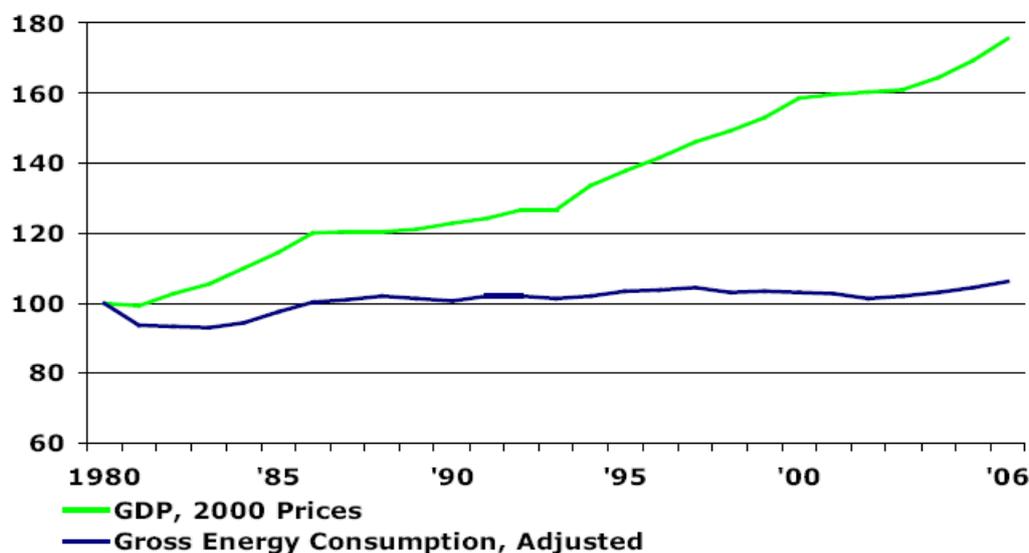
Среди Европейских стран Дания является наиболее развитой в области энергосбережения [3]. Не обладая собственными ископаемыми энергоресурсами, там раньше других стали решать задачи снижения энергопотребления в коммунальном хозяйстве, строительстве, производстве, транспорте. В результате за последние 30 лет при постоянном росте ВВП валовое потребление энергии в Дании сохраняется практически на уровне 1980 года (рис. 1.1). Это было достигнуто благодаря реализации следующих стратегических направлений в энергосбережении: директивное ежегодное ограничение потребления энергии на политическом уровне; создание единой сети электроснабжения с импортом и экспортом электроэнергии в соседние государства; ежегодный пересмотр строительных норм с обеспечением жёстких требований по энергопотреблению для вновь строящихся зданий; возможность продажи избыточно произведённой у потребителя электрической и тепловой энергии в общую сеть; проведение энергетического аудита и сертификация зданий по энергопотреблению; широкая пропаганда и воспитание населения в духе энергосбережливости.

В результате постоянного пересмотра и ужесточения строительных норм по энергопотреблению, Датские нормы обеспечивают самый низкий уровень удельного потребления энергии в странах Евросоюза (рис. 1.2).

Динамика снижения энергопотребления в жилом секторе Дании наглядно показывает эффективность применяемых мер (рис. 1.3). Так,

## Изменения ВВП и валового потребления энергии в Дании

*Development in GDP and gross energy consumption in Denmark*



*Рис. 1.1. Изменение ВВП и валового потребления энергии в Дании*

средний уровень энергопотребления к настоящему времени, по сравнению с докризисным уровнем в 1979 году, снижен в жилых зданиях более чем в 2 раза и составляет 85 кВт/м<sup>2</sup>/год. У нас, для сравнения, этот показатель составляет примерно 230 кВт/м<sup>2</sup>/год. В общественных зданиях средний норматив в Дании составляет 97 кВт/м<sup>2</sup>/год., а у нас - 296 кВт/м<sup>2</sup>/год.

Повышение энергоэффективности зданий стало одним из основных направлений развития строительства в странах СНГ в последние 15-20 лет.

Наиболее интенсивно вопросы энергосбережения развиваются в России, где был принят ряд законодательных актов. На правительственном уровне разработана энергетическая стратегия, определяющая цели и задачи энергетической политики, заключающаяся в максимально эффективном использовании природных ресурсов и потенциала энергетического сектора для

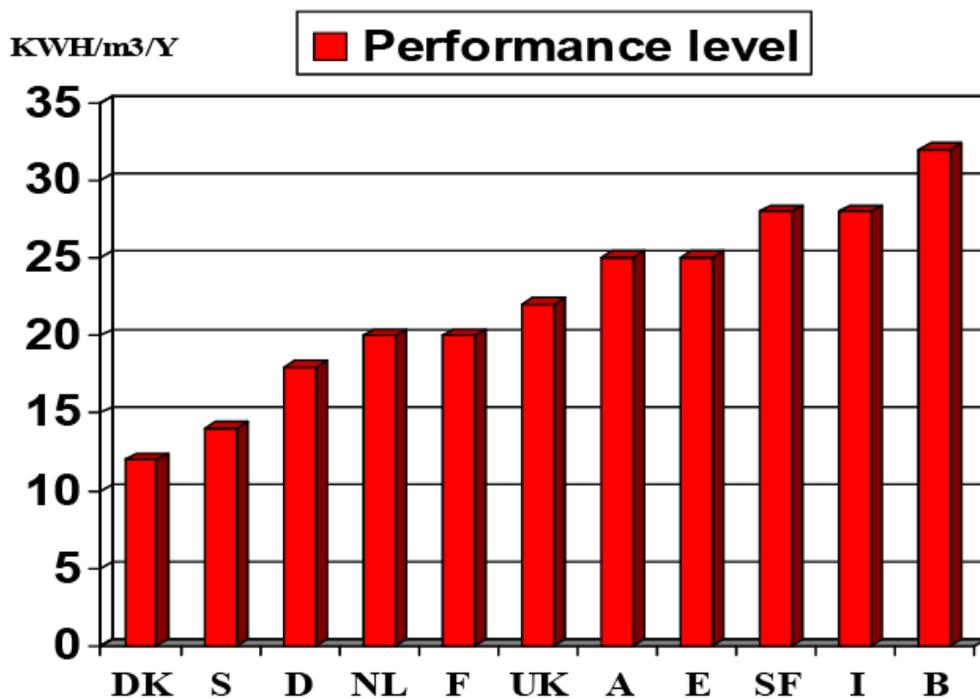


Рис. 1.2. Уровень энергетических требований в строительных нормах Евросоюза

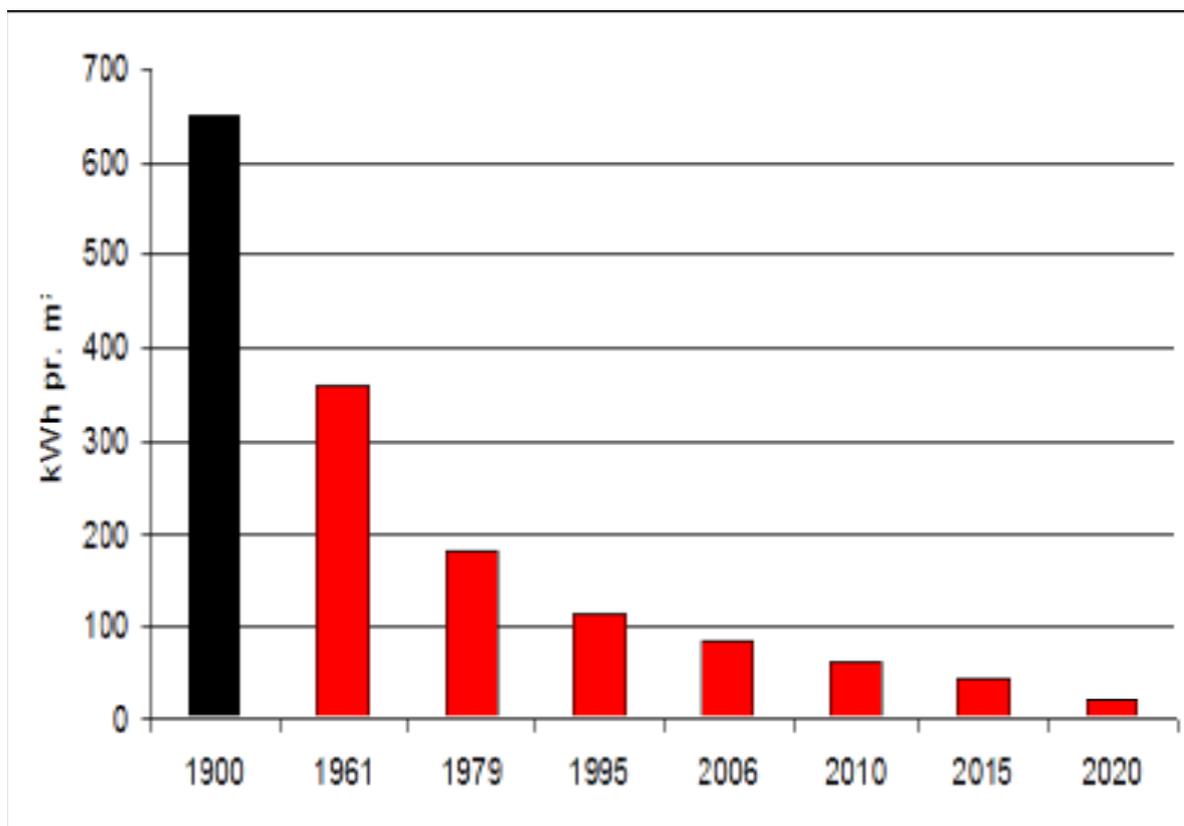


Рис. 1.3. Динамика снижения потребления энергии в жилом секторе в соответствии с Датскими Постановлениями по энергосбережению в зданиях

устойчивого роста экономики. Концепция [5] нормирования энергоэффективности зданий и сооружений предусматривает разработку и корректировку системы нормативно-методических документов, большинство которых в настоящее время отсутствуют или безнадежно устарели.

Практика проектирования и строительства в России и в других странах СНГ принципиально отличается от европейской и ориентирована на определение расчетных показателей максимального энергопотребления системами инженерного обеспечения зданий с учетом нормируемого уровня теплозащиты наружных ограждений. По расчетным максимальным показателям выбирается установленная мощность теплоэлектро-потребляющего инженерного оборудования. Поэтому было принято решение [5] о целесообразности гармонизации Российской концепции энерго-эффективности с концепцией стран Европейского союза, определенных директивой ЕС/6/, с обязательным учетом отечественного опыта разработки нормативных документов, особенности состояния и развития производственно-строительной индустрии, экономики, климатических и географических особенностей.

Основная задача, сформулированная при создании системы нормативных документов, состояла в реализации потенциала энергосбережения в строительном комплексе за счет улучшения энергетической эффективности новых, реконструируемых и эксплуатируемых зданий и систем их энергообеспечения. Была поставлена задача улучшить энергетическую эффективность зданий не менее, чем на 35-45 %, начиная с 2000 года по сравнению с базовым уровнем 1995 г., сократить выбросы экологически вредных веществ при энергоснабжении вновь возведенного и реконструированного существующего жилого фонда, особенно массовой застройки 50-60 годов, и тем самым содействовать как охране окружающей среды, так и энергетической безопасности России. На основе полученного опыта в регионах РФ был разработан и в 2003 году введен в действие новый СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» и соответствующий ему свод

правил СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий», а также новый СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные» с разделом «Энергоэффективность». В результате создано новое поколение системы нормативных документов по проектированию и эксплуатации зданий со сниженным потреблением энергии.

На основе накопленного опыта проектных организаций Украины [7], анализа принципов обеспечения энергоэффективности зданий, принятых в России и Европейских странах, где проблемам энергосбережения придается приоритетное значение, разработаны украинские строительные нормы ДБН В.2.6-31:2006. «Строительные конструкции. Тепловая изоляция зданий». Принципиальные изменения [7], внесенные в указанные нормы, предусматривают: повышение минимального уровня теплозащиты ограждающих конструкций жилых и административных зданий в среднем на 15-40 % для наружных стен, на 20-25% для покрытий, на 20 % для окон; нормативные показатели максимально допустимых значений теплотрат на отопление зданий; введение энергетической паспортизации зданий при новом строительстве и реконструкции; введение норм по показателям тепловой надежности теплоизоляционной оболочки зданий.

В Республике Беларусь мероприятия по снижению энергопотребления в жилищно-коммунальном секторе реализуются в рамках отраслевой программы, они включают комплекс организационно-технических, нормативных и законодательно-правовых мер, которые охватывают все этапы жизненного цикла зданий, включая проектирование, строительство, эксплуатацию, техническое обслуживание, ремонт и реконструкцию [8]. Одним из мероприятий, позволяющих значительно снизить энергопотери зданий, и, следовательно, потребление тепловой энергии на отопление, признано повышение их теплозащиты за счет увеличения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Вместе с тем, обращается

внимание на то, что повышение сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций связано с увеличением стоимости ограждений и зданий в целом. В этой связи при нормировании сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в Республике Беларусь, по аналогии с зарубежной практикой, исходят из экономически целесообразного значения сопротивления теплопередаче. Такой подход к определению сопротивления теплопередаче в мировой практике признан наиболее обоснованным. Расчеты свидетельствуют также о том, что рост стоимости энергоресурсов повышает и значимость экономически целесообразного уровня сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий. Этот факт подтверждается практикой поэтапного повышения нормативного сопротивления теплопередаче развитыми странами.

Технико-экономическая оценка возможного увеличения сопротивления теплопередаче оболочки здания, выполненная в республике Беларусь для наружных стен, покрытий, чердачных перекрытий, свидетельствует об экономической целесообразности такого шага. Окупаемость единовременных затрат на повышение термического сопротивления ограждающих конструкций жилых зданий составляет не более 8 лет при стоимости энергоресурсов на данный период, при увеличении стоимости энергоресурсов (газа) в 2 раза окупаемость единовременных затрат составит около 5 лет [8].

## **1.2 Отечественный опыт создания нормативно-методологической базы проектирования и строительства энергоэффективных зданий.**

Определенные меры в направлении энергосбережения в зданиях были предприняты и в нашей стране при создании в 90-х годах

национальной системы нормативных документов в строительстве по результатам приоритетных направлений исследований, выполненных в рамках Государственных научно-технических программ. Так в 1996 - 2000 годах АО УзЛИТТИ, ТАСИ и ФТИ НПО «Физика-солнце» АН РУз были разработаны и введены в действие Госкомархитектстроем строительные нормы и правила [9, 10, 11], регламентирующее проектирование теплозащиты зданий, нормы расхода энергии на отопление, кондиционирование и вентиляцию, а также применение солнечного горячего водоснабжения, а в 2004 году «Изменения № 1» [12] к строительным нормам [10]. При разработке этих нормативных документов сделаны первые попытки повысить требования к теплозащите зданий и сооружений, а также были более полно учтены особенности проектирования зданий в климатических условиях Узбекистана и повышение их энергоэффективности в условиях развития рыночной экономики.

Вместе с тем, в условиях прогрессирующего сокращения запасов и соответствующего роста цен на традиционные невозобновляемые топливно-энергетические ресурсы (ТЭР) строительные нормы и правила должны постоянно совершенствоваться и соответствовать современным требованиям с учетом реального развития экономики страны.

Работы в направлении повышения эффективности энергопотребления в зданиях получили дальнейшее развитие с реализацией с 2009 года международного научно - технического проекта «Повышение энергоэффективности объектов социального назначения в Узбекистане»[3]. Проект осуществляется совместными усилиями Правительства республики в лице Государственного комитета по архитектуре и строительству (Госархитектстрой), Программы Развития ООН (ПРООН) и Глобального Экологического Фонда (ГЭФ). Для разработки проекта были привлечены научно-исследовательские и проектные организации Госархитектстроя и АН РУз, ВУЗы. Данный проект имел своей целью снижение потребления энергии

и соответствующих выбросов парниковых газов в атмосферу и способствует повышению энергоэффективности зданий. Поставленная цель решается путем: консолидации научно-технического потенциала страны, создания и развития нормативно-методологической базы проектирования, строительства, энергоаудита и сертификации энергоэффективных зданий; апробации разработанных нормативных документов при строительстве пилотных объектов; совершенствования управления энергопотреблением зданий; разработки информационных систем по фактическому энергопотреблению; повышения осведомленности, научно-технического и организационного потенциала работников научно-исследовательских, проектных и строительных организаций, специалистов и служащих ведомств, связанных с формированием политики в области эффективного энергопотребления.

Разработку нормативно-методологической базы необходимо было выполнить с учетом передовых технических достижений и научных исследований, выполненных в развитых странах в области энергосбережения и эффективного использования энергии в зданиях, а также достижений отечественной науки и техники в данной области, физико-климатических особенностей и технико-экономических возможностей республики. В 2011 году в рамках реализации указанного проекта головными научно-исследовательскими и проектными организациями Госархитектстроя (ТошуйжойЛИТТИ, Узтиблойиха, Республиканский центр стандартизации и сертификации в строительстве) были переработаны, введены в действие и изданы семь строительных норм и правил [13,14,1], в том числе основополагающие: КМК 2.01.04-97\* «Строительная теплотехника» [15]; КМК 2.01.18-00\* «Нормы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений» [13]; КМК 2.03.10-95\* «Крыши и кровли» [16]; КМК 2.04.05-97\* «Отопление, вентиляция и кондиционирование» [17]; ШНК 2.08.02-09\* «Общественные здания и сооружения» [18]. Новые нормативные положения строительных норм и правил предусматривают существенное повышение теплозащитных показателей ограждающих

конструкций, применение прогрессивных энергосберегающих архитектурно-типологических и объемно-планировочных решений зданий, современных эффективных теплоизоляционных материалов, инженерных систем и оборудования и обеспечивают соответственно снижение норм расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий без снижения нормируемых параметров микроклимата помещений в них.

В соответствии с основополагающими строительными нормами и правилами КМК 2.01.04-97\* «Строительная теплотехника» [15] 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  $1,4 \div 1,8$  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  $2,5 \div 3$  раза.

Достигнутый уровень теплозащиты зданий по действующим нормам в  $1,65-4,5$  раза превышает уровень нормативных требований советского периода (таблица 1.1). В то же время этот уровень в 2-3 раза ниже чем в странах Евросоюза [3, 19, 6]. Для достижения мирового уровня в энергосбережении, необходимо продолжить систематические исследования в этом направлении.

**Минимально допустимые сопротивления теплопередаче наружных ограждений жилых зданий  $R^{TP}_0$ , ( $m^2 \cdot ^\circ C$ )/Вт**

Таблица 1.1

Вид и тип наружного ограждения	Страна, годы	$R^{TP}_0$ при расчетной температуре наружного воздуха	
		-15	-20
Стена средней инерционности (массивности)	СССР, 1958-1972	0,71	0,81
	1972-1975	0,73	0,84
	1976-1991	0,66	0,76
	Россия, 1991-1997	0,66	0,76
	1997-2000	1,2	1,6
	С 2003	2,1	2,8
	Узбекистан, с 1997 с 2004	0,67	0,77
	первый уровень		0,75*
	второй уровень		1,30*
	третий уровень с 2011		2,40*
первый уровень		0,94*	
второй уровень		1,80*	
третий уровень		2,60*	
Великобритания,	до 1973	0,50	0,58
	до 1978	0,86	0,99
	до 1985	1,58	
Германия,	до 1973	0,56	
	до 1978	1,08	1,24
	до 1985	1,84	2,12
Франция,	до 1973	0,56	0,64
	до 1978	1,24	1,43
	до 1985	2,12	
Скандинавские страны,		1,25	1,72

	до 1973	1,69-2,08	2,32-2,86
	до 1978	2,43-2,69	3,35-3,70
	до 1985	5	5,75
	до 2006	5,8	6,7
	после 2006		
Покрытие средней инерционности	СССР, 1965-1973	0,96	1,1
	1973-1991	1,01	1,15
	Россия, 1991-1997	1,01	1,15
	1997-2000	1,8	2,5
	с 2003	3,2	4,2
	Узбекистан, с 1997	1,00	1,15
	с 2004		
	первый уровень		1,15*
	второй уровень		2,10*
	третий уровень		3,70*
с 2011			
первый уровень		1,40*	
второй уровень		2,60*	
третий уровень		3,70*	
Великобритания			
до 1978	0,87	0,99	
до 1985	2,1	2,4	
Германия,			
до 1973	0,87	0,99	
до 1978	1,05	1,2	
до 1985	1,86	2,12	
Франция,			
до 1973	0,38	0,43	
до 1978	1,09	1,25	
до 1985	1,23	1,41	
Скандинавские страны,			
до 1973	0,98-1,86	1,11-2,12	
до 1978	2,19-2,45	2,5-2,8	
до 1985	2,92-3,61	3,34-4,12	
до 2006	5,9	6,6	
после 2006	6,7	7,7	

\*Примечание: приведенные данные соответствуют требованиям для условий с 2000 -3000 градусо-суток отопительного периода.

Вместе с тем достигнутый уже достаточно высокий уровень требований по теплозащите зданий требует принципиального пересмотра вопросов касающихся конструктивных решений ограждающих конструкций и физико-механических свойств применяемых теплоизоляционных материалов. Стеновые ограждения из традиционных стеновых материалов (кирпич, конструкционно-теплоизоляционные легкие бетоны), выполняющих одновременно несущие и теплоизолирующие функции в однослойных конструкциях, в настоящее время уже не могут применяться без дополнительной теплоизоляции с использованием эффективных теплоизоляционных материалов с достаточно низким коэффициентом теплопроводности.

Так, например, для обеспечения второго уровня теплозащиты, являющегося по нормам КМК 2.01.04-97\* [15] обязательным для зданий социального назначения (школы, колледжи, лицеи и др.), стены из глиняного обыкновенного кирпича должны иметь толщину 1.26 м. Естественно такая толщина стен экономически нецелесообразна.

С учетом вышеизложенного следует отметить несомненную важность и необходимость развития исследований по дальнейшему совершенствованию нормативной базы проектирования энергоэффективных ограждающих конструкций, обеспечивающих все возрастающие требования по теплозащите зданий. В условиях когда насыщенность рынка и отечественная промышленность строительных материалов не покрывают потребности строительства в теплоизоляционных материалах, разработка эффективных их видов и ограждающих конструкций на их основе с использованием местных сырьевых материалов и отходов производства приобретают особую значимость и актуальность. В нашей стране предстоит провести большую работу по развитию импортозамещающего производства в республике эффективных теплоизоляционных материалов и изделий, ограждающих конструкций.

### 1.3 Особенности структуры и физико-механических свойств теплоизоляционных материалов.

**Теплоизоляционными** называют неорганические и органические малотеплопроводные материалы, предназначенные для тепловой изоляции строительных конструкций зданий и сооружений, промышленного оборудования и трубопроводов [20].

Теплоизоляционные материалы и изделия подразделяются на следующие группы:

**1) по виду исходного сырья:**

а) *неорганические*;

б) *органические*;

**2) по структуре, форме и внешнему виду:**

а) *штучные волокнистые изделия* (минераловатные плиты, стекловатные плиты, древесностружечные плиты, фибролитовые плиты);

б) *штучные ячеистые изделия* (из ячеистых бетонов, пеностекла, ячеистых пластмасс);

в) *рулонные и шнуровые материалы* (маты, шнуры, жгуты);

г) *рыхлые волокнистые материалы* (минераловатная смесь);

д) *сыпучие зернистые материалы* (вспученный перлит, вермикулит);

**3) по сжимаемости:**

а) *мягкие* (деформация свыше 30%);

б) *полужесткие* (деформация 6 – 30%);

в) *жесткие* (деформация не более 6%).

### Основные свойства теплоизоляционных материалов

**Теплопроводность** – свойство материала передавать тепло сквозь свою толщу. Количественно определяется коэффициентом

теплопроводности  $\lambda$ , выражающим количество тепла, проходящее через образец материала толщиной 1 м и площадью 1 м<sup>2</sup> при разности температур на противоположных поверхностях 1<sup>0</sup>С за 1 час.

По теплопроводности теплоизоляционные материалы делят на три класса:

класс А – *малотеплопроводные* – с теплопроводностью до 0,058 Вт/(м ·<sup>0</sup>С);

класс Б – *среднетеплопроводные* - 0,058 – 0,116 Вт/(м ·<sup>0</sup>С);

класс В – *повышенной теплопроводности* – не более 0,18 Вт/(м ·<sup>0</sup>С).

В строительных нормах [15] установлено, что к эффективным теплоизоляционным материалам относятся утеплители с коэффициентом теплопроводности материала в сухом состоянии ( $\lambda_0$ ) не более 0.10 Вт/(м ·<sup>0</sup>С).

На величину теплопроводности оказывают влияние средняя плотность материала; вид, размеры и расположение пор (пустот); температура и влажность материала. Так, например, теплопроводность пористых материалов резко возрастает при увлажнении, так как теплопроводность воды в 22 раза больше теплопроводности воздуха. **Средняя плотность** – отношение массы сухого материала к его объему, определенному при заданной нагрузке.

По средней плотности теплоизоляционные материалы делятся на:

- *особо легкие* – (15 – 100) кг/м<sup>3</sup>;

- *легкие* - свыше 100 до 350 кг/м<sup>3</sup>;

- *тяжелые* – свыше 350 до 600 кг/м<sup>3</sup>.

**Прочность на сжатие** – это величина нагрузки (МПа), вызывающей изменение толщины изделия на 10%. Прочность большинства теплоизоляционных материалов сравнительно невелика - (0,2 – 2,5) МПа.

Основной прочностной характеристикой волокнистых материалов является предел прочности при изгибе. У неорганических материалов он составляет (0,15 – 0,5) МПа, у древесных плит – (0,4 – 2 ) МПа. Гибкие теплоизоляционные материалы (минераловатные маты, войлок, асбестокартон) испытывают на растяжение.

Прочность материала должна быть такова, чтобы обеспечилась его сохранность при перевозке, складировании, монтаже, и эксплуатационной стадии.

**Сжимаемость** – способность материала изменять толщину под действием заданного давления. Для теплоизоляционных материалов величина нагрузки составляет 0,002 МПа.

**Водопоглощение** – способность материала впитывать и удерживать в порах влагу при непосредственном контакте с водой. Водопоглощение не только ухудшает теплоизоляционные свойства пористого материала, но также понижает его прочность и долговечность. Изделия с преимущественно замкнутыми порами имеют более низкое водопоглощение, чем с сообщающимися порами.

**Температуростойкость** – способность материала сохранять свои свойства при нагревании до определенной температуры. Она характеризует технические и экономические предельные температуры применения.

**Паропроницаемость** – способность материала обеспечить диффузионный перенос водяного пара. Теплоизоляционные материалы с сообщающимися открытыми порами пропускают значительное количество водяного пара. Благодаря малому сопротивлению паропроницаемости они почти всегда сухие; конденсация пара наблюдается в основном в следующем слое на более холодной стороне ограждения.

**Воздухонепроницаемость.** Теплоизолирующие свойства основываются на том, что предотвращается движение воздуха внутри

изоляции. Мягкие изоляционные материалы настолько хорошо пропускают воздух, что движение воздуха приходится предотвращать путем применения отдельной ветрозащиты.

**Огнестойкость** – способность материала выдерживать в течение определенного времени действие пожара. Сгораемые материалы можно применять только при осуществлении мероприятий по защите от возгорания.

**Химическая и биологическая стойкость.** Большая пористость теплоизоляционных материалов благоприятствует проникновению в них агрессивных газов и паров, находящихся в окружающей среде. Стойкость теплоизоляции повышают благодаря защитным покрытиям.

**Морозостойкость** – способность материала в насыщенном влагой состоянии испытывать попеременное замораживание и оттаивание. От этого свойства зависит долговечность всей конструкции.

Таким образом следует отметить, что теплоизоляционные материалы должны отвечать самым разнообразным требованиям: от низкой плотности и, соответственно, низкой теплопроводности до определённой прочности и долговечности. Следует отметить важность проведения исследований по обеспечению оптимального сочетания физико-механических свойств теплоизоляционных материалов, а также их невысокой стоимости и доступности. При этом важным является обеспечить сочетание необходимой прочности и деформативности с минимально возможной плотностью и теплопроводностью.

#### **1.4 Состояние производства и применения эффективных теплоизоляционных материалов в республике.**

К теплоизоляционным материалам, производимым у нас в стране относятся: минеральная вата и изделия из нее сравнительно небольшой

номенклатуры с плотностью 50-200 кг/м<sup>3</sup>; пенополистирол и изделия из него с плотностью 15-50 кг/м<sup>3</sup> также недостаточной номенклатуры; конструкционный, конструкционно-теплоизоляционный и теплоизоляционный пенобетон неавтоклавного твердения с плотностью 400-1400 кг/м<sup>3</sup>; камышитовые маты; вермикулит; перлит; керамзит, с плотностью 450-500 кг/м<sup>3</sup> для засыпного утеплителя, и др.

В мировой практике на долю минераловатных изделий приходится около 80% от всех применяемых в строительстве теплоизоляционных материалов. Минеральная вата состоит из тонких стекловидных волокон диаметром 5 – 15 мкм, получаемых из расплава легкоплавких горных пород (мергелей, доломитов и др.), металлургических и топливных шлаков. Волокна минеральной ваты обычно имеют длину от 2 до 10 мм.

Коэффициент теплопроводности не превышает 0,04 Вт/(м · °С). Содержание неволоконистых включений размером более 0,25 мм должно быть в пределах 12-25%.

На качество минераловатных теплоизоляционных материалов в значительной степени влияет связующее. Для строительных целей предпочтительней использовать фенольное связующее, как наиболее водостойкое

В последнее время в нашей стране начинают производиться и применяться различные виды эффективных теплоизоляционных материалов. Основным производителем минеральной ваты из изделий из нее является ОАО “Ахангаранцемент” (табл. 1.2). Однако из-за применения устаревшей технологии, а в качестве сырья – известняк и глину, качество продукции этого предприятия оставляет желать лучшего. Видимо с этим связаны нестабильные объемы ее производства. Более перспективно производить минеральное волокно из базальтовых пород, благо их запасы в республике неограничены.

ООО «STROYTEPLOIZOLYASIYA BIZNES» освоено производство минераловатных изделий с использованием местной горной породы – базальта, а также теплоизоляционных пенополистирольных плит «ПОЛИПЛЕКС». Плотность минераловатных плит составляет 50-100 кг/м<sup>3</sup> с коэффициентом теплопроводности ( $\lambda_0$ ) равным 0,048-0,051 Вт/(м·°С). Они используются как для теплоизоляции, так и звукоизоляции конструкций. Теплоизоляционные плиты «ПОЛИПЛЕКС» получают экструдированием. Они обладают равномерной мелкоячеистой структурой, являются горючим материалом плотностью 38-40 кг/м<sup>3</sup>, прочностью 0,25 МПа, с  $\lambda_0=0,027-0,030$  Вт/(м·°С). Этот материал был успешно использован для утепления монолитных наружных стен из железобетона при строительстве в г. Ташкенте здания симпозиумов по ул. Навои.

Производством базальтового волокна и изделий плотностью 40-50 кг/м<sup>3</sup> на его основе занимается также ООО «Электроизолит». Изделия представляют собой маты прошивные для теплоизоляции трубопроводов, теплового технологического оборудования. Аналогичную продукцию из минеральной ваты выпускает фирма «ISSIQLIKMONTAJ». К сожалению эти организации не производят продукцию для утепления ограждающих конструкций. В то же время при минимальных затратах на этих предприятиях можно было бы организовать соответствующее производство и занять нишу в достаточно емкой сфере применения минеральных волокон в строительстве.

Фирмой «JAVONIR» производится утеплитель из каменной ваты. Ими выпускаются рулонные маты на основе супер тонкого волокна, облицованные фольгой, что дополнительно повышает теплозащитные качества изделий.

Таблица 1.2

## Динамика производства минеральной ваты и изделий из нее по ОАО «Ахангаранцемент»

		2008г.		2009 г.		2010 г.		2011 г.	
		кол-во	сумма, т.сум	кол-во	сумма, т.сум	кол-во	сумма, т.сум	кол-во	сумма, т.сум
<b>Минеральная вата и изделия из нее</b>	т.м <sup>3</sup>	<b>21,1</b>	<b>816089</b>	<b>28,1</b>	<b>1285679</b>	<b>21,9</b>	<b>1063108</b>	<b>14,4</b>	<b>717028</b>
из нее									
а) вата товарная	т.м <sup>3</sup>	8,8	279672	11,2	450085	5,3	213298	8,2	331224
б) плиты минераловатные на синтетическом связующем									
в т.ч.									
Плита П-200	т.м <sup>3</sup>	1,1	144450	2,7	434056	2,2	362327	0,4	71732
в пересчете									
на сырую вату	т.м <sup>3</sup>	3,7		9,4		7,7		1,6	
Плита П-175	т.м <sup>3</sup>	1,5	167037	1,4	181350	1,7	225035	0,6	97117
в пересчете									
на сырую вату	т.м <sup>3</sup>	3,8		3,5		4,3		1,6	
Плита П-150	т.м <sup>3</sup>	2,3	224930	1,9	220188	2,2	262447	1,4	221760
в пересчете									
на сырую вату	т.м <sup>3</sup>	4,8		4		4,6		3	

Компания «Evro Panel» предлагает фасадные термopanели с облицовочной плиткой, предназначенные для отделки фасада и утепления наружных стен зданий. Фасадные термopanели – это система теплоизоляции и облицовки фасада здания на основе теплоизоляционной панели из жесткого пенополиуритана и облицовочной плитки. Продукция компании сертифицирована, обладает высокими теплозащитными качествами. Компания занимается не только производством, но и монтажом на стройплощадке фасадных термopanелей.

Предприятие ООО «Бустон Талк» осуществляет деятельность по добыче и переработке вермикулитовых руд с месторождения «Темир-булак», в том числе, по вспучиванию вермикулитового концентрата и производству изделий из него. Вермикулит относится к минералам группы гидрослюд. Благодаря своим тепло(звучо)изоляционным и огнезащитным свойствам, а также необычной легкости, приобретаемой при нагревании, вспученный вермикулит начинает находить применение в тяжелой и легкой промышленности, строительстве, сельском хозяйстве и в др.

ООО «Vermikulit industriya» также выпускает теплоизоляционную засыпку из вспученного вермикулита для чердачных перекрытий, смеси строительные теплоизоляционные для наружной теплоизолирующей штукатурки, а также цементно-вермикулитовые строительные смеси для теплоизоляции чердачных перекрытий.

Все эти предприятия расположены в основном в Ташкенте. В областных регионах предприятия по производству минеральной ваты имеются лишь в Ташкентской и Навоинской областях.

Анализ состояния производства и применения указанных теплоизоляционных материалов показывает, что большинство из них практически мало используется в ограждающих конструкциях зданий и

сооружений. Это связано с небольшими объемами их производства, недостаточной востребованностью, отсутствием данных о долговечности. Наиболее эффективные из них, например, минеральная вата, получаемая из базальта, характеризуется низкой экологичностью как при производстве так и применении. Пенополистирол характеризуется высокой горючестью и т.п. Имеются отдельные производства по выпуску пенополистирола слабой горючести. В то же время в мировой практике производятся негорючий пенополистирол [21, 22] в который вводятся антипирены.

Все это говорит о том, что для устранения вышеприведенных недостатков теплоизоляционных материалов необходимо развивать исследования по их совершенствованию, изучать и применять опыт зарубежных стран по выпуску аналогичной продукции с высокими потребительскими качествами, экологичностью и пожаробезопасностью. Важно применение современных известных, зарекомендовавших себя технологий.

Это направление открывает больше перспективы перед предпринимателями нашей страны. Инвестиции в этом направлении сулят большие выгоды в ближайшей перспективе, поскольку эта ниша в нашей экономике практически пустует. В тоже время в ближайшие годы вопросы энергосбережения и потребность в энергоэффективных материалах и технологиях будут ощущаться все острее и острее.

Вместе с тем в настоящее время среди вышеперечисленных теплоизоляционных материалов наиболее доступным и получившим наибольшее применение в строительстве является пенобетон неавтоклавного твердения. Он используется как стеновой материал, так и в утеплении покрытий общественных и производственных зданий.

Одним из перспективных направлений в сейсмостойком и одновременно энергоэффективном строительстве является совершенствование структуры, физико-механических свойств и

технологии пенобетона безавтоклавного твердения. Компания «XORIJQURILISH TEXNOLOGIYA» является одной из ведущих компаний на рынке легких конструкционных и теплоизоляционных материалов в Узбекистане. Компания производит по немецкой технологии оборудование по производству пенобетона плотностью 400-1600 кг/м<sup>3</sup> и  $\lambda_0=0,12-0,52$  Вт/(м·°С). Оборудование и пеноконцентрат запатентованы и имеют сертификат соответствия Республики Узбекистан. Область наибольшего эффективного использования пенобетона плотностью 400-600 кг/м<sup>3</sup>, с прочностью на сжатие 0,5-0,15 МПа и  $\lambda_0=0,12-0,14$  Вт/(м·°С) является утепление покрытия общественных и производственных зданий. В стенах малоэтажных зданий используются, пенобетонные блоки с плотностью 800-1200 кг/м<sup>3</sup> и прочностью 2,5-7,5 МПа с  $\lambda_0=0,21-0,34$  Вт/(м·°С). При этом для соответствия требованиям строительных норм [15] необходимо, как уже отмечалось, дополнительное утепление.

Для эффективного применения пенобетона с более низкой плотностью в качестве стенового материала требуется более высокая прочность. Это ставит задачу поиска и исследования путей улучшения физико-механических свойств и совершенствования технологии пенобетона с обеспечением более высокой прочности с максимально возможной низкой плотностью. Как известно прочность легких бетонов ячеистой структуры зависит от прочности межпоровых перегородок в них. Как считают в работе [23], существенного упрочнения межпоровой перегородки газобетона неавтоклавного твердения можно добиться введением в газобетонную смесь волокнистых добавок как минеральных, так и синтетических, в количестве 0,5-1,5 % от массы цемента. Как нам представляется несмотря на различия в технологии газобетона и пенобетон, использование в последнем дисперсного армирования тоже может дать аналогичные положительные результаты. Исследования в этом

направлении представляют большой интерес. Другим также результативным направлением может стать использование более высоких марок и специальных цементов, в особенности, напрягающего, позволяющего уменьшить расход вяжущего, а также усадочные деформации.

### **Выводы по 1 главе.**

1. Во всём мире вопросы повышения эффективности энергопотребления и сокращения выбросов углекислого газа в атмосферу приобрели приоритетное значение.

2. Действующая в настоящее время нормативно-методологическая база проектирования и строительства зданий предусматривает заметное повышение теплозащиты ограждающих конструкций, что требует принципиального пересмотра их конструктивных решений с применением эффективных теплоизоляционных материалов.

3. Объемы производства и номенклатура, применение эффективных теплоизоляционных материалов из различного сырья, в том числе завозимого из-за пределов республики, далеко не полностью покрывает имеющиеся потребности в них. В связи с этим необходимо развивать производство эффективных теплоизоляционных материалов, за счёт разработки новых их видов и совершенствования технологии производства теплоизоляционных материалов, в особенности, на основе местного сырья и отходов производства. Это позволит улучшить свойства, снизить стоимость материалов и обеспечить их доступность для широких слоев общества.

4. Проведенный анализ позволил сформировать цели и задачи настоящей магистерской диссертации, заключающиеся в поиске путей улучшения физико-механических свойств пенобетона неавтоклавного

твердения, обеспечивающих сочетание низкой плотности с относительно высокой прочностью такого материала и разработке с его применением эффективных ограждающих конструкций для жилых и общественных зданий.

## **2. РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МЕСТНОГО СЫРЬЯ.**

### **2.1 Материалы и методика, используемые в работе.**

Для изучения влияния состава пенобетона на его физико-механические свойства были использованы следующие материалы:

- в качестве вяжущего – портландцемент марки М400 Д0 по ГОСТ 10178, а также М400 Д20;

- в качестве мелкого заполнителя – песок для строительных работ по ГОСТ 8736;

- в качестве пенообразователя и пластифицирующей добавки для улучшения свойств пенобетонной смеси – пеноконцентрат по KSt 64-15010205-01.

Изучение влияния расхода цемента и тонкости его помола на прочность и плотность пенобетона неавтоклавного твердения использовали пенобетонные образцы кубы размером 150 \* 150 \* 150 мм, изготавливаемые в металлических формах на производственной базе ООО «XORIJQURILISH».

Прочность и плотность контрольных образцов определялась в лаборатории Республиканского центра стандартизации и сертификации в строительстве Госархитектстроя. Хранение образцов перед испытаниями осуществлялось в нормальных условиях (температура воздуха 20 +- 3 °С и относительная влажность 95 +- 5 %).

Прочность пенобетона определялась проведением испытаний трех контрольных образцов в каждой серии на гидравлическом прессе грузоподъемностью 50 т, по методике, регламентированной в ГОСТ 10180-90 (СТСЭВ 3978-83).

Прочность пенобетона на сжатие, МПа(кг/с/см<sup>2</sup>) вычисляли по формуле:  $R = \alpha F/A k_w$ , (2.1)

где:  $F$  - разрушающая нагрузка, Н(кг/с);

$A$  - площадь рабочего сечения образца, см<sup>2</sup>;

$\alpha$  - масштабный коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базовых размера и формы (в нашем случае  $\alpha=1$  для образцов кубов размером ребра 150 мм);

$k_w$  – поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий влажность образцов в момент испытания.

Для пенобетона прочность в серии образцов определяли как среднее арифметическое всех испытанных образцов (3-х образцов).

Плотность (объемная масса) пенобетона определялась также на контрольных образцах кубах размером 150 \* 150 \* 150 мм по методике ГОСТ 12730.1-78:

- в воздушно-сухом состоянии образцов, которые перед испытанием выдерживались не менее 28 суток в помещении при температуре 25 +/- 10 °С и относительной влажности воздуха 50 +/- 20 %;

- в сухом состоянии образцов, высушенных до постоянной массы в соответствии с требованиями ГОСТ 12730.2-78.

При определении плотности пенобетона объем образцов вычисляли по их геометрическим размерам. Размер образцов определяют линейкой или штангенциркулем с погрешностью не более 1 мм по методике ГОСТ 10180–+8. Вес образцов определяли на технических весах по ГОСТ 24104-80. Массу образцов определяли взвешиванием с погрешностью не более 0,1 %.

Плотность пенобетона образца вычисляли с погрешностью до 1 кг/м<sup>3</sup> по формуле:  $\rho_w = m/V \cdot 1000$ , (2.2)

где:  $m$  – масса образца, г;

$V$  – объем образца, см<sup>3</sup>.

Учитывая, что настоящая работа в основном посвящена получению теплоизоляционного пенобетона с плотностью 300-500 кг/

м<sup>3</sup> в соответствии с требованиями ГОСТ 25485-89 испытаний на морозостойкость мы не проводили, поскольку для таких бетонов такие испытания не требуются.

Требования к показателям физико-механических свойств ячеистых бетонов, в том числе пенобетона, по ГОСТ 25485-89 проведены в таблице 2.1.

## **2.2 Улучшение структуры и свойств пенобетона с пониженной плотностью.**

Как известно [24, 25, 26] ячеистые бетоны занимают одно из ведущих мест в мировой практике строительства в качестве конструкционно-теплоизоляционного и теплоизоляционного материала при строительстве зданий различного назначения. Широкое применение ячеистобетонных изделий обусловлено использованием относительно простых технологий, позволяющих за счет изменения степени поризации и свойств межпорового материала получать ячеистый бетон для тепло- и звукоизоляции, стеновых конструкционно-теплоизоляционных и конструктивных изделий со средней плотностью от 250 до 1200 кг/м<sup>3</sup> и прочностью от 1,0 до 25,0 МПа.

В современных условиях, когда требования к теплозащитным свойствам ограждающих конструкций зданий повышены более чем в три раза, одним из немногих строительных материалов, пригодных для возведения однослойных наружных стен приемлемой толщины (менее 50 см), является ячеистый бетон [24]. Однослойные ограждающие конструкции имеют в 1,3 – 1,5 раза большую теплотехническую однородность, чем многослойные, что обусловлено структурной неоднородностью последних, наличием мостиков холода и конденсацией водяных паров на них. Кроме того, слоистые стены (например стены из

## Показатели физико-механических свойств ячеистых бетонов

Таблица 2.1

Вид бетона	Марка бетона по средней плотности	Бетон автоклавный		Бетон неавтоклавный	
		класс по прочности на сжатие	марка по морозостойкости	Класс по прочности на сжатие	Марка по морозостойкости
Теплоизоляционный	D300	B0,75 B0,5	Не нормируется	-	-
	D350	B1 B0,75			
	D400	B1,5 B1		B0,75 B0,5	Не нормируется
	D500	-	B1 B0,75		
Конструкционно-теплоизоляционный	D500	B2,5 B2,5 B1,5 B1	От F15 до F35	-	-
	D600	B3,5 B2,5 B2,5 B1,5	От F15 до F75	B2 B1	От F15 до F35
	D700	B5 B3,5 B2,5 B2	От F15 до F100	B2,5 B2 B1,5	От F15 до F50
	D800	B7,5 B5 B3,5 B2,5		B3,5 B2,5 B2,5	От F15 до F75
	D900	B10 B7,5 B5 B3,5	B5 B3,5 B2,5		
Конструкционный	D1000	B12,5 B10 B7,5	От F15 до F50	B7,5 B5	От F15 до F50
	D1100	B15 B12,5 B10		B10 B7,5	
	D1200	B15 B12,5		B12,5 B10	

кирпича, бетона или блоков и слоя эффективного утеплителя) наряду с несомненными преимуществами, такими, как сравнительно небольшая толщина и соответственно вес, большая тепловая эффективность, имеют и ряд недостатков. К этим недостаткам относятся малая воздухопроницаемость, довольно большая трудоёмкость их возведения, а также недостаточно изученный и проверенный вопрос долговечности различных типов эффективных утеплителей [27].

Расчеты показывают, что для обеспечения возможности возведения таких стен, обладающих существенными преимуществами (более низкой себестоимостью и, особенно, трудоемкостью при возведении), является разработка составов и технологии получения ячеистого бетона по средней плотностью в пределах Д400 – Д600 кг/м<sup>3</sup>, класса по прочности на сжатие – не менее В1-В1,5 с коэффициентом теплопроводности – не более 0,10- 0,12 Вт/м·°С. Вторым необходимым условием создания теплоэффективных стен жилых и общественных зданий является организация выпуска изделий из ячеистого бетона с размерами высокой точности (до 1,5 мм), обеспечивающими возможность осуществления кладки стен с применением специальных клеевых составов с толщиной шва не более 2 мм. Теплопроводность стеновых конструкций, изготовленных из ячеистобетонных изделий с размерами повышенной точности, уложенных на клею, в 1,20- 1,25 раза ниже, чем у уложенных на цементно-песчаном растворе [28].

В настоящее время ячеистобетонные изделия с размерами повышенной точности автоклавного твердения выпускаются зарубежом. Ячеистые бетоны неавтоклавного твердения в настоящее время в серийном производстве не достигли качества автоклавных газобетонов, хотя на уровне опытных и отдельных производств приближаются к качеству автоклавных бетонов [29].

Выпускаемые у нас ячеистые бетоны неавтоклавного твердения при средней плотности Д400 – Д600 имеют сравнительно малую

прочность 0,5 – 1,5 МПа и относительно высокие значения коэффициента теплопроводности  $\lambda_0 = 0,12-0,15$ . Из-за низкой прочности они находят применение только для утепления покрытий общественных и производственных зданий. В стенах малоэтажных зданий (до 4 этажей) находят применение пенобетонные изделия с повышенной плотностью 800-1200 кг/м<sup>3</sup> и  $\lambda_0=0,21-0,35$  при прочности на сжатие 2,5-7,5 МПа. По новым нормам теплозащиты толщина стен из такого материала для расчетных условий г. Ташкента будет составлять для II и III уровня теплозащиты соответственно 0,31; 0,59; 0,86 м и 0,45; 0,86 и 1,25 м. Как следует из представленных данных ячеистый бетон даже с плотностью 800 кг/м<sup>3</sup> может быть применен лишь в зданиях по I уровню теплозащиты, то есть по самому низкому по теплоэффективности, который должен применяться в редких случаях.

В соответствии с нормами сейсмостойкого строительства [30] в каркасных зданиях для заполнения, не участвующего в работе, допускается применение кладки и облегченных дырчатых блоков, камней, кирпича, грунто материалов. При этом необходимо предусмотреть зазоры между заполнением и несущими элементами (колонны и верхние ригели) не менее 20 мм и мероприятия, предотвращающие выпадение заполнения при землетрясении. Зазор заполняется эластичным материалом. Никаких требований к прочности материалов для такого заполнения в нормах не оговаривается. Это объясняется видимо тем, что заполнение не участвует в работе здания при восприятии нагрузок.

К сожалению в нормах [30] совершенно без внимания оставлены вопросы применения в качестве заполнения блоков из ячеистого бетона. Ведь выше перечисленные материалы как правило обладают плотностью не ниже 1800 кг/м<sup>3</sup>. Эти материалы, во-первых, увеличивают сейсмическую нагрузку на каркас, а во-вторых, не обеспечивают по нормам [15] теплозащиту стен при толщине 0,40 м.

При применении же в каркасных зданиях заполнения из ячеистобетонных блоков с плотностью 300-600 кг/м<sup>3</sup> с улучшенной структурой, позволяющей обеспечить существенное повышение теплозащитных качеств, можно существенно снизить собственную массу стен (в 3-6 раза) и соответственно сейсмическую нагрузку и повысить не только теплоэффективность стен, но и сейсмонадежность.

С учётом сложившегося положения нами были проведены исследования по разработке энергосберегающей технологии изготовления изделий из неавтоклавного пенобетона, характеризующегося улучшенными структурой и физико-механическими свойствами. В первую очередь было уделено внимание обеспечению сочетания максимальной прочности с минимальной плотностью, а следовательно и с пониженной теплопроводностью ячеистого бетона.

Показатели физико-механических свойств неавтоклавного пенобетона, полученные в результате совершенствования его составов и оптимизации технологии их изготовления, представлены в таблице 2.2.

Сочетание указанных свойств было достигнуто благодаря: оптимизации соотношения между компонентами и их механической активации; применению добавок как пластифицирующего действия, так и регулирующих процессы структурообразования и ускорения твердения. В опытах был использован портландцемент М400 Ахангаранского цементного завода. Для получения более высокой прочности пенобетона цемент был подвергнут дополнительному помолу.

Следует особо отметить, что в последнее время цементная промышленность республики выпускает цемент, в большинстве случаев несоответствующий предъявляемым требованиям. К главным недостаткам относятся: недостаточный помол (удельная поверхность

**Показатели физико-механических свойств пенобетона с  
улучшенными свойствами**

Таблица 2.2

№ п/п	Показатели физико-механических свойств	Плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>			
		300	400	500	600
1	Прочность при сжатии, МПа	0,075/0,1	0,1/1,4	1,8/2,1	2,0/2,5
2	Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/м·°С	0,08	0,1	0,11	0,13

*Примечание: Данные над дробью приведены для пенобетона на цементе М400, отвечающего требованиям стандартов, под дробью – то же на цементе М400, подвергнутого дополнительному помолу.*

должна быть в пределах 2500-3000 см<sup>2</sup>/гр, а фактически около 2000 см<sup>2</sup>/гр; введение золы - унос в качестве минеральной добавки более допустимых значений (более 10 %). В результате проблематичным стало получение портландцемента М400, а М500 стало практически недостижимой задачей.

Проведенные профессором С.А.Ходжаевым с нашим участием исследования, а также анализ многолетнего производственного опыта ООО «XORIJQURILISH TEXNOLOGIYA» показали, что при применении массово производимого портландцемента М400 с минеральной добавкой в количествах, превышающей допустимые значения, можно получить пенобетон плотностью 400-600 кг/м<sup>3</sup> с прочностью не более 0,5-1,5 МПа. При увеличении же расхода цемента прочность повышается одновременно с повышением плотности пенобетона, что не позволяет его эффективное использование в ограждающих конструкциях.

При использовании портландцемента соответствующего предъявляемым требованиям при неизменной плотности ( $400-600 \text{ кг/м}^3$ ) и теплозащитных качествах прочность составляет  $0,1-2,0 \text{ МПа}$ .

Проведенные исследования показали, что дополнительный помол портландцемента дает положительные результаты как в формировании улучшенной структуры пенобетона и совершенствовании его технологии, заключающейся в повышении скорости и степени его гидратации в обычных температурных условиях. Оптимальной является тонкость помола в пределах  $4000-4500 \text{ см}^2/\text{гр}$ . Получение более высокой тонкости помола (удельная поверхность  $5000-6000 \text{ см}^2/\text{гр}$ ) портландцемента приводит к существенному повышению затрат энергии, которые не окупаются сравнительно небольшим повышением активности (прочности) цемента. Кроме того это приводит к отрицательным результатам: увеличение водопотребности пенобетонной смеси, повышаются усадочные деформации, снижается морозостойкость. Наконец, из-за повышенной тонкости помола активность портландцемента сравнительно быстро снижается при хранении на воздухе. Причем в случае применения цемента при тонкости помола до  $4500 \text{ см}^2/\text{гр}$  такой цемент следует использовать не позднее  $1,5-2$  месяцев после помола.

Таким образом доведением тонкости помола портландцемента М400 до  $4500 \text{ см}^2/\text{гр}$  нам удалось получить пенобетон на таком вяжущем с прочностью  $1,4-2,5$  при сохранении заданной плотности  $400-600 \text{ кг/м}^3$  и теплопроводности  $0,1-0,13 \text{ Вт/м}\cdot^{\circ}\text{С}$  (табл. 2.2), а также пенобетон с плотностью  $300 \text{ кг/м}^3$  с прочностью  $0,1 \text{ МПа}$  и  $\lambda_0=0,8 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{С)}$ .

Получение сравнительно меньшей теплопроводности пенобетона, по результатам наших исследований обусловлено использованием комплексного применения пластифицирующих добавок и добавок, регулирующих процессы структурообразования и

начального твердения, от которых существенно зависит фиксация структуры пенобетона (сохранность пены).

Кроме того использование цемента с дополнительным помолом позволило повысить не только его активность, но и перевести его в разряд быстрохватывающегося и быстротвердеющего портландцемента. Использование такого цемента позволяет: во-первых обеспечить прочность при меньших расходах цемента, что позволило при сохранении заданной плотности существенно увеличить прочность (на 25-40%); во-вторых способствует в комплексе с добавками зафиксировать оптимальную поровую структуру пенобетона, а также улучшить структуру и прочность межпоровых перегородок. Таким образом по результатам проведенных исследований можно рекомендовать к применению теплоизоляционные и конструкционно-теплоизоляционные пенобетонные блоки с маркой по средней плотности Д300-Д600 с улучшенными физико-механическими свойствами и, в первую очередь с относительно повышенной прочностью. Наиболее эффективно их применение при плотности: 300-400 кг/м<sup>3</sup> для заполнения в каркасных зданиях; 500-600 кг/м<sup>3</sup> в малоэтажном строительстве взамен традиционной кладки из кирпича. Другим эффективным направлением применения пенобетона с плотностью 300-400 кг/м<sup>3</sup> является устройство монолитной теплоизоляции: чердачных перекрытий жилых и общественных зданий; покрытий промышленных зданий, в которых традиционно применялась керамзитовая засыпка.

Нами предполагается в дальнейшем продолжить исследования по совершенствованию структуры и физико-механических свойств пенобетона пониженной плотности за счет перспективного направления- применения расширяющих и напрягающих цементов. Расширяющиеся вяжущие, в особенности, напрягающий цемент в отличие от портландцемента общестроительного назначения обладают

способностью расширяться. Эта способность позволяет компенсировать усадочные явления в цементных вяжущих, а в ряде случаев также создавать преднапряжение, так называемое, самоупрежение железобетона. Благодаря этому бетоны, структура которых формируется в условиях линейного или объёмного давления, обладают особо плотной микро -и макроструктурой, повышенными показателями прочности, непроницаемости, трещиностойкости и в результате высокой долговечностью. Как нам представляется, применение расширяющих вяжущих позволит исключить или предельно уменьшить усадочные деформации пенобетона с одновременным улучшением структуры межпоровых перегородок, их прочности и трещиностойкости на микро –и макро уровнях структуры. Главной задачей при этом является обеспечение необходимой прочности при меньшем расходе вяжущего и соответственно меньшей плотности пенобетона.

### **Выводы по 2 главе.**

1.Для изучения влияния состава пенобетона на его физико-механические свойства, а также свойств исходных материалов были использованы в основном стандартные методы испытаний.

2.В результате исследований по совершенствованию технологии и улучшению структуры и физико-механических свойств получены составы пенобетона неавтоклавного твердения с пониженной плотностью до  $300 \text{ кг/м}^3$ .

3.Для обеспечения необходимой прочности пенобетона пониженной плотности эффективным является использование дополнительного помола портландцемента М400 с доведением тонкости его помола до  $4500 \text{ см}^2/\text{гр}$ . При этом получен пенобетон с

плотностью  $300 \text{ кг/м}^3$  с прочностью  $0,1 \text{ МПа}$  и  $\lambda_0=0,8 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{С)}$ , относящийся в соответствии с КМК 2.01.04-97\* к эффективным теплоизоляционным материалам.

### **3. РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.**

#### **3.1 Концептуальные предпосылки создания эффективных ограждающих конструкций из пенобетона с улучшенными свойствами.**

Как известно в жилищно-гражданском строительстве в нашей стране до 2002-2004 года преимущественно применялись для возведения стен жилых и общественных зданий сборные стеновые панели из легкого бетона. В полносборном крупнопанельном домостроении и каркасно-панельном строительстве в основном применялись однослойные стеновые панели из легкого конструкционно-теплоизоляционного бетона (большой частью керамзитобетона) с плотностью до  $1400 \text{ кг/м}^3$ . В крупнопанельном домостроении также применялись двухслойные панели с несущим слоем из тяжелого бетона и теплоизоляционным слоем из легкого бетона с плотностью  $800 \text{ кг/м}^3$  (на практике фактически получалось более  $1000 \text{ кг/м}^3$ ). В небольших объемах в крупнопанельном домостроении и каркасно-панельном строительстве общественных и производственных зданий применялись трехслойные железобетонные стеновые панели и бесчердачные покрытия с эффективным утеплителем (минеральная вата, пенополистирол и др.). Здания из глиняного кирпича строились в ограниченном количестве. Его основная доля приходилась на индивидуальное домостроение.

В последние годы приоритетное применение получило кирпичное домостроение, признаваемое у потребителя наиболее привлекательным. В нем в основном применяется глиняный обыкновенный кирпич с

плотностью кладки  $1800 \text{ кг/м}^3$ , производство которого характеризуется большой энергоемкостью.

Таким образом в настоящее время с прекращением строительства крупнопанельных домов глиняный кирпич стал основным стеновым материалом. В небольших количествах производится пустотелый керамический кирпич с плотностью  $1000\text{-}1400 \text{ кг/м}^3$ . В регионах республики (Каракалпакская автономная республика, Хорезмская область и др.), где отсутствует глина, пригодная для производства глиняного кирпича, применяется силикатный кирпич с плотностью кладки  $1800 \text{ кг/м}^3$  и пустотный силикатный кирпич плотностью  $1400\text{-}1600 \text{ кг/м}^3$ .

Возрастающее применение для возведения стен начинают получать применение стеновые блоки из пенобетона неавтоклавно твердения с плотностью  $800\text{-}1400 \text{ кг/м}^3$  и прочностью  $2,5 - 7,5 \text{ МПа}$ .

Монолитный пенобетон, производимый с более низкой плотностью  $400\text{-}600 \text{ кг/м}^3$  и прочностью  $0,5\text{-}1,5 \text{ МПа}$ , все большее применение начинает получать для утепления в построечных условиях покрытий общественных и производственных зданий вместо засыпного малоэффективного утеплителя из керамзита.

Строительный кирпич, являясь основным стеновым материалом на сегодняшний день, в соответствии с теплотехническими требованиями новых действующих норм [15] уже не может быть использован без утепления стен. Иначе толщина стен из кирпича должна быть по новым нормам, например, для условий эксплуатации «А» при  $2000\text{-}3000$  градусо-сутках отопительного периода:  $0,65; 1,26; 1,82 \text{ м}$  соответственно по 1; 2 и 3 уровню теплозащиты [15], что конечно немыслимо.

Если для этих же условий, как уже отмечалось выше, применить пенобетонные блоки с самой низкой плотностью –  $800 \text{ кг/м}^3$ , которые рекомендуются для возведения стен, то толщина стен будет

соответственно 0,31; 0,59 и 0,85 м. Применение пенобетона в однослойных стенах возможно только для самого низкого уровня теплозащиты – первого, по которому практически не рекомендуется строить. При применении такого пенобетона для второго и третьего уровня теплозащиты зданий стены с толщиной до 0,4 м из этого материала также надо будет дополнительно утеплять.

С введением в 2011 году новых требований [15] по теплозащите зданий одним из приоритетных направлений развития стройиндустрии республики является всемерное увеличение объемов производства эффективных теплоизоляционных материалов, отвечающих современным требованиям. В Пособии [31] по проектированию новых энергосберегающих решений, разработанным в развитии КМК 2.01.04-97\* [15], предлагаются принципиальные конструктивные решения стен с несущим слоем из кирпича или железобетона и теплоизолирующего слоя из жестких минераловатных плит.

При этом рассматриваются устройство утепляющего слоя:

-наружным расположением с оштукатуриванием фасада (рис.3.1);

-то же с отстоящим фасадным экраном, создающим вентилируемый слой (рис.3.2);

-с облицовкой кирпичем (рис.3.3).

Обращает на себя внимание то, что во всех решениях используются лишь жесткие минераловатные плиты, которые безусловно на сегодня во всем мире признаются наиболее эффективными теплоизоляционными материалами.

Вместе с тем в настоящее время номенклатура и объемы производимых в республике минераловатных изделий недостаточны (табл.3.1) для обеспечения основных потребностей в них.

Недостающие объемы теплоизоляционных изделий из минеральной ваты и базальтового волокна частично покрываются

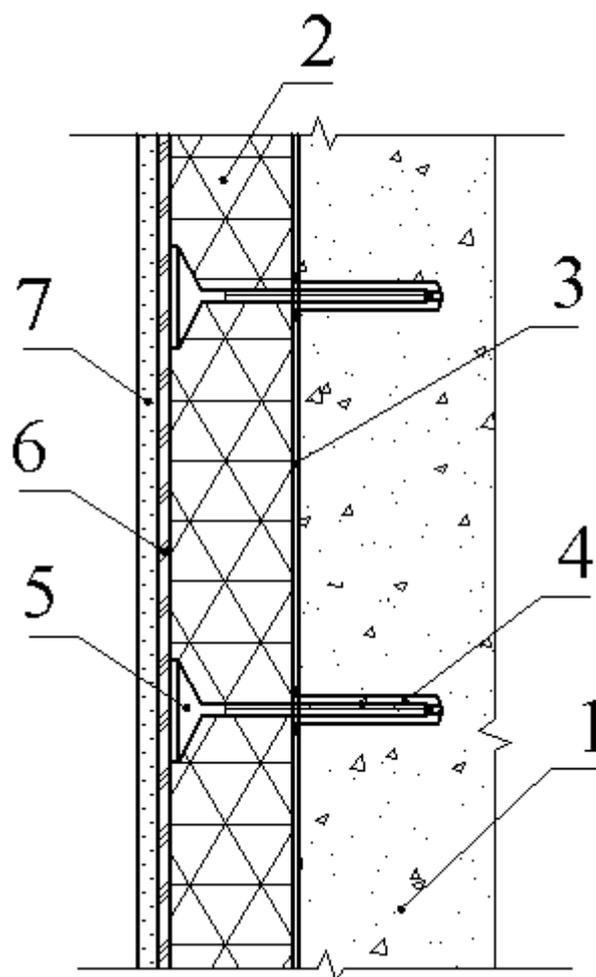


Рис.3.1. Схема наружной стены с эффективной теплоизоляцией с оштукатуриванием фасада:

1- несущая стена; 2 – жёсткая минераловатная плита; 3 – клей полимерцементный; 4 – полиамидный или полиэтиленовый дюбель; 5 – рандель; 6 – армирующая шпатлёвка с стеклотканевой сеткой; 7 – декоративный штукатурный слой

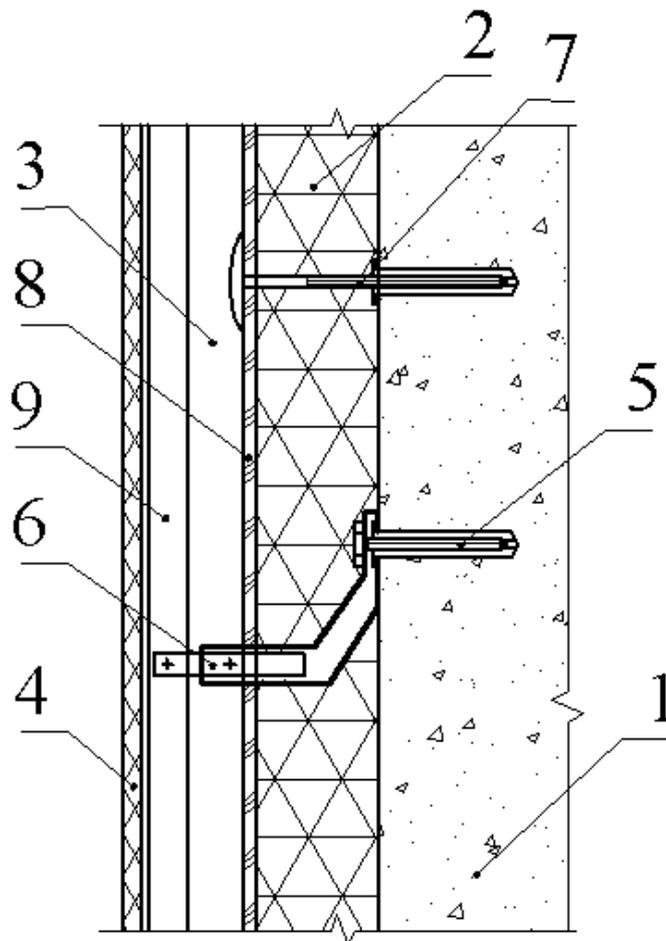


Рис. 3.2. Схема наружной стены с теплоизоляцией и отстоящим фасадным экраном (вентилируемый фасад):

1 – несущая стена; 2 – минераловатная плита; 3 – вентиляруемый зазор; 4 – фасадный экран; 5 – анкер фахверка; 6 – несущий кронштейн; 7 – тарельчатый дюбель; 8 – ветрозащитный слой; 9 – направляющая

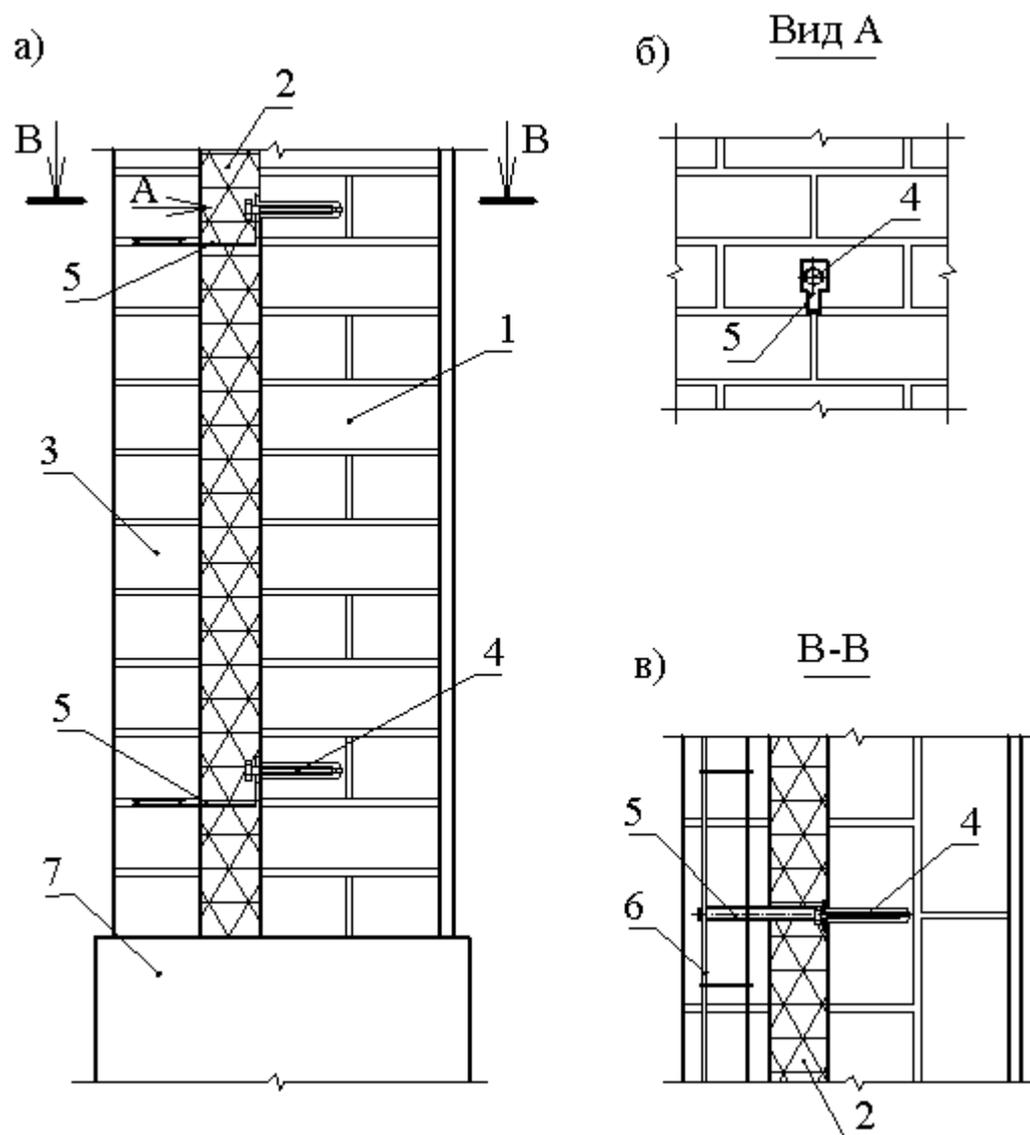


Рис. 3.3. Схема наружной стены с теплоизоляцией, облицованной кирпичём:  
 а) разрез; б) вид А; в) разрез В-В;  
 1 – несущая стена; 2 – минераловатная плита; 3 – облицовка из кирпича; 4 – анкер; 5 – гибкий кронштейн; 6 – арматурная сетка; 7 – цоколь здания

Таблица 3.1

**Статическая информация о производстве отдельных видов  
теплоизоляционных материалов по Республике Узбекистан**

	2008 г.		2009 г.		2010 г.	
	КОЛ- ВО	ТЫС.СУМ	КОЛ- ВО	ТЫС.СУМ	КОЛ- ВО	ТЫС.СУМ
<b>Минеральная вата и изделия из нее – тыс.куб.м</b>						
<b>Республика Узбекистан</b>	<b>95,1</b>	<b>2001446,0</b>	<b>67,6</b>	<b>3046333,0</b>	<b>57,7</b>	<b>2718146,0</b>
Ташкентская обл.	21,1	816089,0	28,1	835594,0	21,9	1063108,0
г. Ташкент	74,0	1185357,0	39,5	2210739,0	35,8	1655038,0
<b>Изделия теплоизоляционные на основе базальтовых композиционных материалов * - тонн</b>						
<b>Республика Узбекистан</b>	-	-	-	-	<b>140,6</b>	<b>137082,0</b>
Ташкентская обл.	-	-	-	-	1,6	25116,0
г. Ташкент	-	-	-	-	139,0	111966,0

\* введено в номенклатуру с 2010 года

импортом (табл. 3.2) из-за пределов республики. Это приводит к серьезному их удорожанию и сдерживанию применения в ограждающих конструкциях. Сложившееся положение приводит к тому, что в жилищно-гражданском строительстве уже на стадии проектирования зачастую не соблюдаются действующие нормы по теплозащите [15]. Стены традиционно продолжают проектировать и возводить преимущественно с толщиной в полтора и в отдельных случаях в два кирпича с толщиной 0,40 и 0,52 метра соответственно.

Существующая практика проектирования зданий с наружными ограждающими конструкциями, имеющими минимально допустимые сопротивления теплопередаче, подразумевает строительство с наименьшей стоимостью, но в результате с максимальными эксплуатационными затратами (то есть с максимальным расходом

Таблица 3.2

## Статистическая информация

## об импорте отдельных видов теплоизоляционных материалов в республику

Наименование товара	Ед. изм.	2008г.			2009 г.			2010 г.			2011 г.		
		импорт			импорт			импорт			импорт		
		кол-во	средняя цена за 1 тн	стои- мость в тыс.\$	кол-во	средняя цена за 1 тн	стои- мость в тыс.\$	кол-во	средняя цена за 1 тн	стои- мость в тыс.\$	кол-во	средняя цена за 1 тн	стои- мость в тыс.\$
Стекломаты	тн				58,1	1912,7	111,1	143,9	2120,9	305,2	60,6	2155,6	130,6
Стекловолокно и вата	тн				1220,8	877,7	1071,5	3728,9	1238,5	4618,3	5266,8	1396,5	7355,1
Базальтовая вата	тн	157,1	2271,8	356,9	315,3	1660,6	523,6	1028,4	2080,0	2139,1	129,5	3194,7	413,6
Минеральная вата	тн	1223,5	619,1	757,5	1362,7	610,3	831,7	551,7	1641,7	905,7	597,8	1337,1	799,3

тепловой энергии и соответственно ТЭР). Такой подход полностью противоречит общепринятому требованию выявить и принимать в проектах лишь тот вариант, который обеспечивает наименьшие затраты, то есть оптимальный вариант.

Вследствие серьезных недостатков, допускаемых при проектировании и строительстве как вновь строящихся, так и реконструируемых зданий и сооружений, фактические теплотери в них будут значительно превышать расчетные, будет иметь место переохлаждение ограждающих конструкций.

Несмотря на то, что приоритет во всем мире имеют минераловатные изделия, в каждом конкретном случае с учетом технических и экономических возможностей следует выбирать наиболее приемлемые, исходя из стоимости, технологичности, срока службы, объемов производства, горючести, экологичности. И наконец решающее значение имеют обеспечение теплозащитных качеств ограждающих конструкций.

Одним из более эффективных и простых путей может быть разработка конструктивно-технологических решений сейсмостойких и энергоэффективных зданий с комплексным применением монолитного пенобетона с минимально возможной низкой прочностью и соответственно с пониженной плотностью (в пределах 200-300 кг/м<sup>3</sup>) в качестве утеплителя, устраиваемого в построечных условиях, а в качестве - несущего слоя кирпича, легкого или тяжелого железобетона. Наиболее эффективным может быть применение в качестве несущего слоя пенобетонных блоков с плотностью 1000-1200 кг/м<sup>3</sup>.

Для малоэтажного строительства жилых и общественных зданий (до 3 этажей) перспективна разработка комплексных конструкций стен с применением в качестве несущих слоёв пенобетонных блоков с плотностью до 600 кг/м<sup>3</sup>, а в качестве теплоизоляционного слоя монолитного пенобетона с плотностью до 300 кг/м<sup>3</sup>. Это позволит

существенно повысить теплозащитные показатели и снизить стоимость зданий.

Для реализации этого направления необходимо проведение исследований:

- по определению возможно допустимого уровня минимальной плотности и прочности теплоизоляционного пенобетона, достаточной для фиксации его структуры в пространстве между несущими слоями конструкционного материала в стеновом ограждении, а также технологической обеспеченности указанных физико-механических показателей;

- по разработке конструктивно-технологических решений стен с использованием монолитного пенобетона с пониженной плотностью.

### **3.2 Конструктивно-технологические решения утепления стен.**

В настоящей работе мы рассматриваем ограждающие конструкции, предназначенные для общественных зданий социального назначения. Это школы, лицеи и колледжи, лечебно-профилактические здания и другие. В соответствии с КМК 01.04-97\* [15] для таких зданий следует обязательно применять второй уровень теплозащиты. В зависимости от градусо-суток отопительного периода ( $D_d$ ) приведенное сопротивление теплопередаче ( $R_{o}^{TP}$ ) наружных стен изменяется от 1,4 до 2,2  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ .

Как показано выше для обеспечения второго уровня теплозащиты выпускаемые для стен до настоящего времени пенобетонные блоки с  $\gamma=800 \text{ кг/м}^3$  уже не пригодны для устройства однослойных стен с толщиной в пределах 0,4-0,5 м.

Поэтому мы в настоящей работе провели исследования по выявлению путей обеспечения необходимой теплозащиты стен при

комплексном использовании пенобетонных блоков и монолитного пенобетона с  $\gamma=300 \text{ кг/м}^3$ , полученного в результате наших исследований (см.гл.2 настоящей работы). Схема технического решения наружной стены из пеноблоков и монолитного теплоизоляционного пенобетона представлена на рис.3.4.

В первом случае мы рассмотрели вариант конструктивного решения наружной стены из двух слоев пеноблоков с  $\gamma=800 \text{ кг/м}^3$  толщиной по 0,2 м и промежуточным слоем монолитного пенобетона  $\gamma=300 \text{ кг/м}^3$  толщиной 0,1

В соответствии с КМК 01.04-97\* и Пособием к нему мы произвели расчеты наружной стены с указанными слоями из пенобетона для колледжа в г.Ташкенте. Для обеспечения сейсмостойкости здания на уровне междуэтажного перекрытия предусматривается сейсмопояс, являющейся теплопроводным включением, что учитывается при проведении расчета.

### **Порядок расчета**

Учитывая, что здание принадлежит колледжу и находится в г.Ташкенте, в соответствии с п.4.5 Пособия устанавливаются:

требуемый уровень теплозащиты – второй;

расчётная температура внутреннего воздуха  $t_{в.ср} = 20^\circ\text{C}$ ;

средняя температура отопительного периода и его продолжительность по табл.4 КМК 2.01.01-94:

$t_{от.пер} = +4,0^\circ\text{C}$ ,  $z_{от.пер} = 166 \text{ сут}$ ;

число градусо-суток отопительного периода по формуле (4.1):

$$D_d = t_{в.ср} - t_{от.пер} \cdot z_{от.пер} = (20 - 4,0) \cdot 166 = 2656 \text{ }^\circ\text{C} \cdot \text{сут};$$

требуемое значение приведённого сопротивления теплопередаче наружной стены, согласно табл.26\* КМК 2.01.04-97\*:

$$R_o^{TP} = 1,8 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}.$$

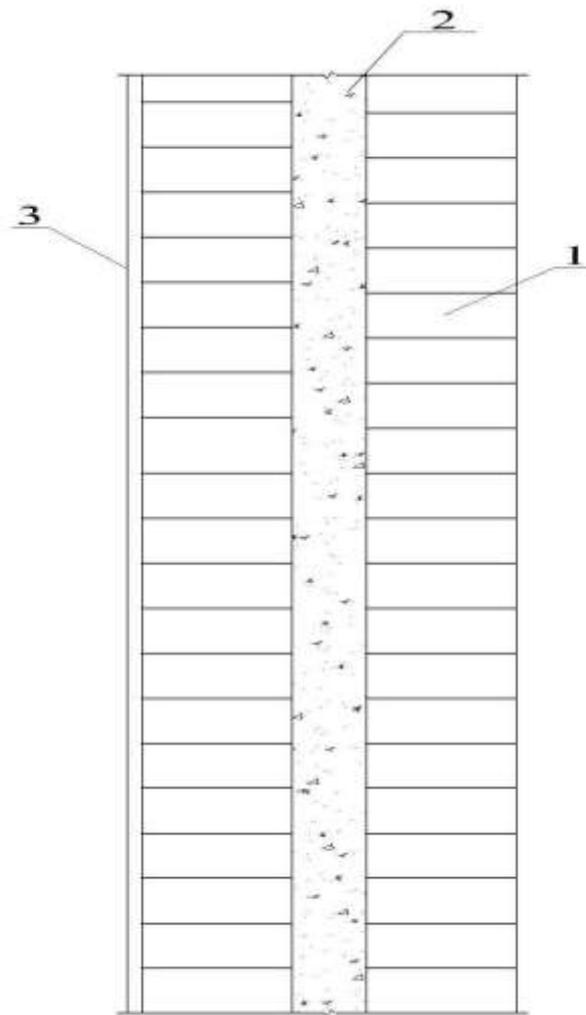


Рис. 3.4. Схема наружной стены с монолитным теплоизоляционным слоем из пенобетона пониженной плотности:

- 1- несущий слой стены из пеноблоков с различной плотностью;
- 2- монолитный теплоизоляционный слой из пенобетона с  $\gamma = 300$  кг/м<sup>3</sup> ;
- 3- декоративный штукатурный слой.

Расчётная влажность внутреннего воздуха для колледжей, согласно табл.4\* КМК 2.01.04-97\*, равна  $\phi_v=55\%$  и условия эксплуатации наружных ограждений – соответствуют параметрам "А" (согласно п.1.3 КМК 2.01.04-97\*).

Находим по прил.1 КМК 2.01.04-97\* коэффициенты теплопроводности материалов, используемых в конструкции наружной стены:

пенобетонная кладка  $\gamma = 300 \text{ кг/м}^3 - \lambda_k = 0,33 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ;

железобетона –  $\lambda_6 = 1,92 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ;

цементно-песчаного раствора –  $\lambda_p = 0,76 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ;

пенобетон ( $\gamma=300 \text{ кг/м}^3$ ) –  $\lambda_t = 0,11 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ .

Для неоднородного несущего слоя стены, в соответствии с п.4.8 Пособия рассчитывают площади участков, занимаемых пенобетонной кладкой и бетоном в модульном фрагменте (рис.3.4):

$$F_k = 1,2 \cdot 0,8 + 1,55(3,3 - 0,6) = 5,145 \text{ м}^2;$$

$$F_6 = 0,3 \cdot 0,6 + 0,25(3,3 - 0,6) = 2,475 \text{ м}^2;$$

и определяют соответствующие доли площадей:

$$f_k = \frac{F_k}{F_k + F_6} = \frac{5,145}{5,145 + 2,475} = 0,675 ;$$

$$f_6 = \frac{F_6}{F_k + F_6} = \frac{2,475}{5,145 + 2,475} = 0,325$$

По формуле (4.5) Пособия находим для неоднородного слоя условную величину коэффициента теплопроводности:

$$\lambda_{i,y} = f_k \lambda_k + f_6 \lambda_6 = 0,675 \cdot 0,33 + 0,325 \cdot 1,92 = 0,847 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}.$$

Определяем минимально возможное значение термического сопротивления стены, как сумму термических сопротивлений всех её слоёв, включая условное значение для неоднородного слоя:

$$\begin{aligned} R_a &= R_1 + R_{2,y} + R_3 = \delta / \lambda + \delta / \lambda + \delta / \lambda = \\ &= 0,02 / 0,76 + 0,4 / 0,847 + 0,1 / 0,11 = 1,407 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}. \end{aligned}$$

Рассчитываем термическое сопротивление конструкции стены на участке, содержащем пенобетонную кладку и на участке, содержащем бетонные изделия:

$$R_k = \delta / \lambda + \delta / \lambda + \delta / \lambda = 0,02/0,76 + 0,4/0,33 + 0,1/0,11 = 2,147 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

$$R_6 = \delta / \lambda + \delta / \lambda + \delta / \lambda = 0,02/0,76 + 0,25/1,92 + 0,1/0,11 = 1,065 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

По формуле (4.7) Пособия находим максимально возможное значение термического сопротивления стены:

$$R_b = (F_k + F_6) / (F_k/R_k + F_6/R_6) = \\ = (5,145 + 2,475) / (5,145/2,147 + 2,475/1,065) = 1,614 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

В завершение, определяем расчётное значение термического сопротивления стены по формуле (4.8) Пособия:

$$R_k^{пр} = (R_a + 2R_b) / 3 = (1,407 + 2 \cdot 1,614) / 3 = 1,545 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$$

и по формуле (4.9) вычисляем искомое приведённое сопротивление теплопередаче принятой конструкции наружной стены:

$$R_0^{des} = 1/\alpha_v + R_k + 1/\alpha_n = 1/8,7 + 1,545 + 1/23 = 1,703 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

Как видно из результатов расчета такое решение наружных стен может быть применено только в относительно теплых районах республики (до 2000 градусо-суток относительного периода), для г.Ташкента (2000-3000 градусо-суток относительного периода),  $R_0^{пр}$  должно быть не менее  $1,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

Аналогичное техническое решение конструкции наружных стен, в котором будет использоваться пенобетон с  $\gamma=600 \text{ кг}/\text{м}^3$  с улучшенными свойствами возможно будет более приемлемым. Для оценки теплозащитных качеств такого технического решения произведем проверочный расчет по аналогии с выше приведенным.

Находим по прил.1 КМК 2.01.04-97\* коэффициенты теплопроводности материалов, используемых в конструкции наружной стены:

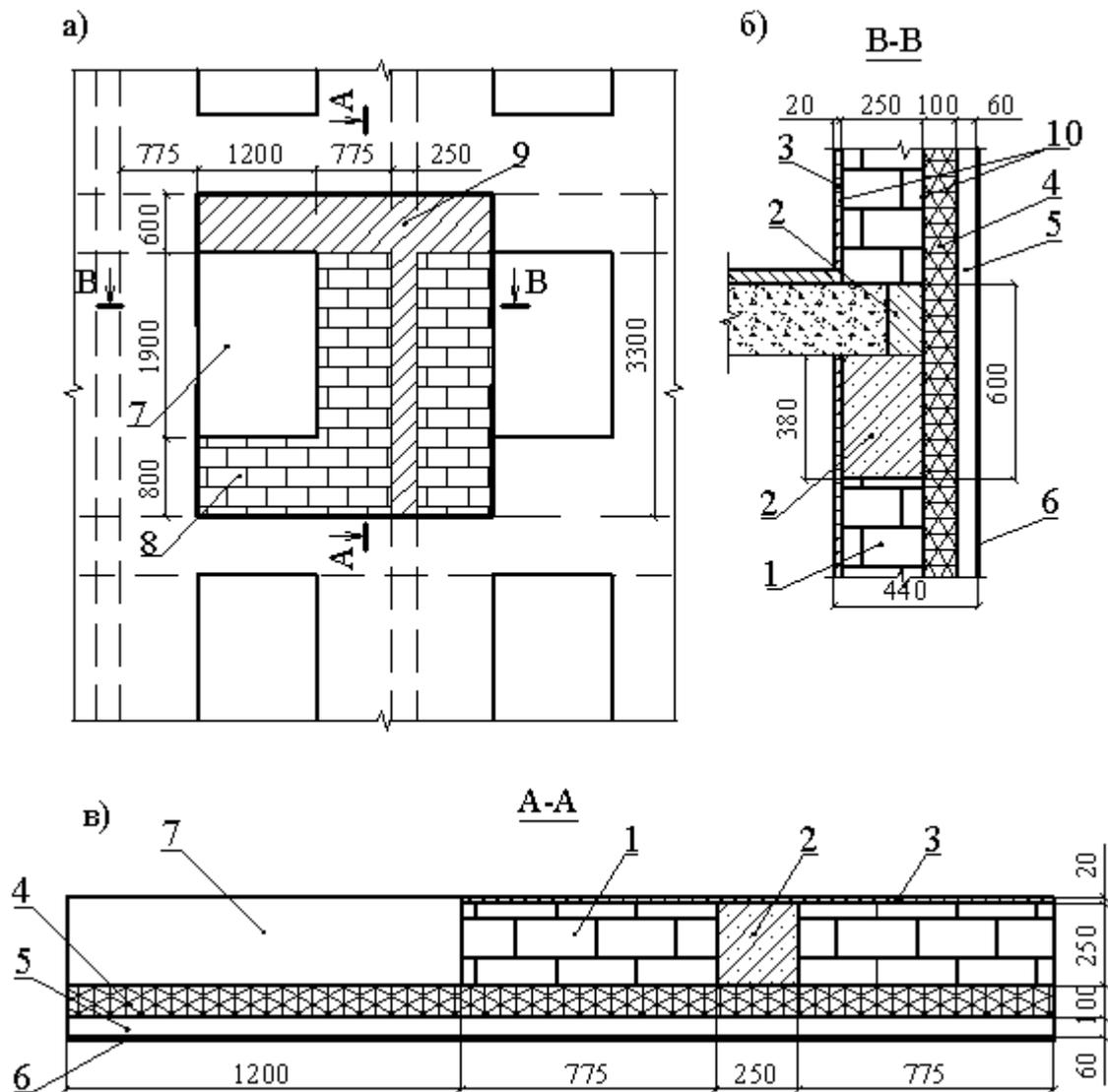


Рис. 3.4. Модульный фрагмент фасада здания (а) и его сечения А-А (б) и В-В (в)

1– кирпичная кладка; 2 – железобетон; 3 – цементно-песчаный раствор; 4 – минераловатная плита; 5–вентилируемая прослойка; 6 – фасадный экран; 7 – оконный проём; 8 – участки наружной стены из кирпичной кладки; 9 – участки стены, содержащие железобетонные изделия (сердечники, антисейсмический пояс, плита перекрытия); 10 – границы слоя из неоднородных материалов.

пенобетонная кладка –  $\lambda_k = 0,22 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$ ;

железобетона –  $\lambda_b = 1,92 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$ ;

цементно-песчаного раствора –  $\lambda_p = 0,76 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$ ;

пенобетон ( $\rho=300 \text{ кг}/\text{м}^3$ ) –  $\lambda_t = 0,11 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$ .

Для неоднородного несущего слоя стены, в соответствии с п.4.8 Пособия рассчитываем площади участков, занимаемых пенобетонной кладкой и бетоном в модульном фрагменте:

$$F_k = 1,2 \cdot 0,8 + 1,55(3,3 - 0,6) = 5,145 \text{ м}^2;$$

$$F_b = 0,3 \cdot 0,6 + 0,25(3,3 - 0,6) = 2,475 \text{ м}^2;$$

и определяют соответствующие доли площадей:

$$f_k = \frac{F_k}{F_k + F_b} = \frac{5,145}{5,145 + 2,475} = 0,675 ;$$

$$f_b = \frac{F_b}{F_k + F_b} = \frac{2,475}{5,145 + 2,475} = 0,325 .$$

По формуле (4.5) находим для неоднородного слоя условную величину коэффициента теплопроводности:

$$\lambda_{i,y} = f_k \lambda_k + f_b \lambda_b = 0,675 \cdot 0,22 + 0,325 \cdot 1,92 = 0,772 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С}).$$

Определяем минимально возможное значение термического сопротивления стены, как сумму термических сопротивлений всех её слоёв, включая условное значение для неоднородного слоя:

$$\begin{aligned} R_a &= R_1 + R_{2,y} + R_3 = \delta / \lambda + \delta / \lambda + \delta / \lambda = \\ &= 0,02/0,76 + 0,4/0,772 + 0,1/0,11 = 1,453 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}. \end{aligned}$$

Рассчитываем термическое сопротивление конструкции стены на участке, содержащем пенобетонную кладку и на участке, содержащем бетонные изделия:

$$R_k = \delta / \lambda + \delta / \lambda + \delta / \lambda = 0,02/0,76 + 0,4/0,22 + 0,1/0,11 = 2,753 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

$$R_b = \delta / \lambda + \delta / \lambda + \delta / \lambda = 0,02/0,76 + 0,25/1,92 + 0,1/0,11 = 1,065 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}.$$

По формуле (4.7) находим максимально возможное значение термического сопротивления стены:

$$\begin{aligned} R_B &= (F_K + F_G) / (F_K/R_K + F_G/R_G) = \\ &= (5,145 + 2,475) / (5,145/2,753 + 2,475/1,065) = 1,817 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}. \end{aligned}$$

В завершение, определяем расчётное значение термического сопротивления стены по формуле (4.8):

$$R_K^{pp} = (R_a + 2R_B) / 3 = (1,453 + 2 \cdot 1,817) / 3 = 1,696 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

И по формуле (4.9) вычисляем искомое приведённое сопротивление теплопередаче принятой конструкции наружной стены:

$$R_0^{des} = 1/\alpha_B + R_K + 1/\alpha_H = 1/8,7 + 1,696 + 1/23 = 1,854 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}.$$

Как видно из результатов расчета второй вариант полностью соответствует требованиям строительных норм КМК 2.01.04-97\* для второго уровня теплозащиты из условия  $R_0^{des} > 1,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ . При этом толщина наружных стен получается в пределах допустимых размеров (0,5 м).

### **3.3 Конструктивно-технологические решения утепления чердачных перекрытий и покрытий крыш.**

Крыша – один из функциональных, важных элементов, обеспечивающих эксплуатационные качества (защита от атмосферных осадков и теплозащита) и долговечность здания в целом. Материалы и конструкции крыш и кровель из-за неблагоприятных климатических факторов находятся в очень сложных условиях эксплуатации. Проблемы повышения теплозащиты и достижение долговечности покрытий зданий в современных условиях приобретают особую актуальность.

Климат нашей республики в отдельных регионах характеризуется достаточно суровой зимой с расчетной температурой от  $-22^{\circ}\text{C}$  (Ташкентская и Сырдарьинская области), до  $-30^{\circ}\text{C}$  (Республика Каракалпакстан). В других областях расчетная зимняя температура колеблется от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $-21^{\circ}\text{C}$ . В Ташкенте она составляет  $-16^{\circ}\text{C}$ . Но главной особенностью климата нашей республики, относящегося к сухому жаркому, является продолжительное (более 100 дней в году) знойное лето с абсолютной максимальной температурой воздуха более  $40^{\circ}\text{C}$ , средней максимальной наиболее жаркого месяца – более  $30^{\circ}\text{C}$  и средней относительной влажностью менее 50 %.

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций, отвечающих санитарно-гигиеническим требованиям определяется по зимним условиям. Учитывая высокие летние температуры, в наших климатических условиях следует обеспечить теплоустойчивость ограждающих конструкций, то есть необходимо исключить перегрев в зданиях и сооружениях [15].

Для сохранения теплозащитных качеств важным является защита теплоизоляционных материалов в ограждающих конструкциях крыш от неблагоприятного воздействия климата и влагонакопления. А это напрямую зависит от качества, долговечности и надежности применяемых кровельных материалов и конструктивного решения кровель.

В жилищно-гражданском строительстве в нашей стране до повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий [12,15] по новым нормам применялись в основном покрытия зданий из конструкционно-теплоизоляционных ячеистых и легких бетонов с плотностью  $800 - 1400 \text{ кг/м}^3$ , теплоизоляционные ячеистые и легкие бетоны с плотностью  $500-600 \text{ кг/м}^3$ , керамзитовые засыпки плотностью  $500-600 \text{ кг/м}^3$ . Следует отметить, что указанные материалы применялись несмотря на то, что в нормативном документе по

проектированию кровель и кровельных покрытий [33] дается более широкая гамма теплоизоляционных материалов, обладающих сравнительно низкой плотностью и теплопроводностью. Такое положение было обусловлено тем, что ограждающие конструкции покрытия из широко применяемых материалов отличались простотой как в изготовлении, так и в эксплуатации благодаря их сравнительно высокой прочности. Вместе с тем эти материалы отличались соответственно и высокой плотностью, что предопределяло их относительно повышенную теплопроводность ( $\lambda_0$ ) в пределах 0,14-0,47 Вт/(м·°С). Как уже отмечалось выше, в соответствии с новыми нормами теплозащиты [15] к «эффективным теплоизоляционным материалам» относятся материалы с  $\lambda_0$  не более 0,1 Вт/(м·°С), а предпочтение рекомендуется [16] отдавать материалам с  $\lambda_0=0,5-0,7$  Вт/(м·°С). Производство же и применение более эффективных теплоизоляционных материалов и изделий из минеральных волокон, негорючего пенополистирола, полистиролбетона, ячеистого бетона пониженной плотности (250 – 400 кг/м<sup>3</sup>) развивалось в то время медленно. Это было связано с тем, что нормативные требования [10,34] по теплозащите до 1997 года включительно были очень низкими (см. таблицу 1.1 в разделе 1) и не стимулировали развитие производства и применения ограждающих конструкций из эффективных теплоизоляционных материалов. Нормативная база СССР по проектированию и строительству развивалась в соответствии с потребностями общества. Основное внимание как уже отмечалось выше уделялось стоимости строительства, т.е. минимизировали капитальные затраты и абсолютно не учитывали эксплуатационные, поскольку топливо было дешевым. Еще одной немаловажной причиной было то, что эффективные теплоизоляционные материалы обладали сравнительно низкой прочностью ( 0,06 - 0,8 МПа ). Это усложняло их применение для утепления чердачных перекрытий и бесчердачных

покрытий, поскольку кроме основного функционального назначения (теплозащиты) они должны были воспринимать при эксплуатации в более жестких условиях климатические и механические воздействия.

Все это обуславливало определенные трудности при выборе теплоизоляционных материалов. Проще всего было применить материал с необходимой прочностью при низких теплозащитных показателях.

Строительные нормы и правила по проектированию кровель [32] практически не регламентировали требования к физико-механическим свойствам теплоизоляционных материалов.

Как показывает анализ проектных решений, массово используемые в то время конструктивные решения покрытий и утепление чердачных перекрытий, а также материалы во многом повторяются при устройстве чердачных и бесчердачных крыш и в настоящее время.

Как уже отмечалось выше, в рамках международного проекта ПРООН в Узбекистане в целях повышения энергоэффективности объектов социального назначения были переработаны ряд строительных норм и правил поставлена задача обеспечения снижения энергопотребления зданиями на 25% за счёт изменения положений этих нормативных документов. Выбор такой величины снижения энергопотребления на объектах социального назначения (школы, лицеи, колледжи, организации здравоохранения и др.) определяется современным состоянием развития экономики, материально-технической базы строительства и эксплуатации зданий и сооружений, а также международной практикой и накопленным практическим опытом поэтапного снижения энергопотребления зданиями.

Основополагающим нормативным документом, определяющим уровень теплозащиты, а, следовательно, энергоэффективности возводимых и реконструируемых зданий, является КМК 2.01.04-97\* «Строительная теплотехника», переработанное в рамках проекта

ПРООН. Этот нормативный документ регламентирует требования к величине приведённого сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций  $R_o^{TP}$  (в том числе чердачных перекрытий и покрытий крыш) различных зданий. Остальные переработанные нормативные документы, включая КМК 2.03.10-95\* «Крыши и кровли», направлены на разработку положений, обеспечивающих требования КМК 2.01.04-97\* за счёт рациональных объёмно-планировочных, конструктивных, технических решений, создания условий применения современных теплоизоляционных материалов, оборудования и т.п.

Разработка новой редакции КМК 2.03.10-95\* «Крыши и кровли», а также Пособия [32] к нему была осуществлена Республиканским центром стандартизации и сертификации в строительстве и ТАСИ под руководством профессора С.А.Ходжаева. Автор настоящей магистерской диссертации принял участие в разработке Пособия по проектированию крыш и кровель энергоэффективных зданий (к КМК 2.03.10-95\*).

КМК 2.03.10-95\* и Пособие к нему включают новые положения, ограничивающие применение неэффективных теплоизоляционных материалов с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_o$  не более 0,10 Вт(м · °С). При этом предпочтение рекомендуется отдавать материалам с  $\lambda_o = 0,07$  Вт(м · °С) и менее, а в зданиях социального назначения – с  $\lambda_o = 0,05$  Вт(м · °С) и менее. Пособие даёт рекомендации по новым энергосберегающим решениям ограждающих конструкций с теплоизоляционными материалами. Такой подход определяет не только снижение энергопотребления зданий за счёт применения энергосберегающих решений крыш, но и их экономичность за счёт уменьшения расхода теплоизоляционных материалов в 2-3 раза по сравнению с устаревшими (с повышенным  $\lambda_o$ ).

Например толщина засыпки керамзитом с плотностью 600-800 кг/м<sup>3</sup> и  $\lambda_0 = 0,14-0,18$  Вт(м · °С) для II уровня теплозащиты при 2000-3000 градусо-суток отопительного периода составляет около 55 см, а расход 0,55 м<sup>3</sup> на м<sup>2</sup> крыши. При этом масса утеплителя составляет 330-440 кг/м<sup>2</sup>, что недопустимо не только по экономическим соображениям но и по нормам сейсмостойкого строительства [30], поскольку существенно увеличивает сейсмическую нагрузку, являющейся функцией от собственной массы конструкций.

При применении эффективных теплоизоляционных материалов, например, минераловатных плит повышенной жесткости плотностью 200 кг/м<sup>3</sup> с  $\lambda_0=0,64$  толщина утеплителя на чердачном перекрытии составит в сопоставимых условиях 18 см, а расход 0,18 м<sup>3</sup> крыши. Масса утеплителя при этом составит 36 кг/м<sup>2</sup>. Это на порядок ниже по сравнению с керамзитовой засыпкой, которая до настоящего времени сравнительно широко применяется в строительстве.

Как показали расчеты, при толщине керамзитовой засыпки, равной 27 см и соответствующей нормам теплозащиты [12], принятым в 2004 году по первому уровню  $R_o^{TP}$  составляет 1,29 (м<sup>2</sup>·°С)/Вт. При применении минераловатных плит из базальтового волокна плотностью 200 кг/м<sup>3</sup> при той же толщине  $R_o^{TP}$  равно 3,42 (м<sup>2</sup>·°С)/Вт, что соответствует третьему самому энергосберегаемому уровню теплозащиты по новым нормам 2011 года [15].

Учитывая, что потери тепла через ограждающие конструкции находятся в обратной зависимости от величины их сопротивления теплопередаче, можно утверждать то, что насколько увеличилось значение  $R_o^{TP}$ , настолько уменьшаются потери тепла.

Таким образом, применение новых положений и новых энергосберегающих решений ограждающих конструкций крыш

рекомендуемых в Пособии к КМК 2.03.10-95\* позволяет значительно уменьшить потери тепла через крышу. В совокупности с другими ограждающими конструкциями крыши по новым решениям обеспечат экономию тепла, значительно превосходящую заданный уровень - 25%, взятый с известной степенью осторожности на предварительном этапе программы.

Вместе с тем следует особо отметить, что достигнутый уровень не является предельным. По мере развития экономики страны, совершенствования технологии и наращивания объемов производства эффективных теплоизоляционных материалов, и главным образом на основе местных сырьевых ресурсов и отходов производства требования к теплозащите ограждающих конструкций должны систематически повышаться при значительно меньших финансовых и материальных затратах.

Таким образом с введением в 2011 году новых требований по теплозащите зданий [15], которые 1,4 - 3,8 раза превышают уровень требований советского периода, общепринятые принципы и практика выбора теплоизоляционных материалов, разработки конструктивных решений и проектирования ограждающих конструкций зданий, в том числе крыш и кровель, неприемлемы в современных условиях и требует принципиального пересмотра.

Как показали наши исследования в современных условиях выбор теплоизоляционного материала для ограждающих конструкций зданий и сооружений определяется следующими факторами:

- минимальные энергозатраты на получение теплоизоляционного материала;
- теплофизические показатели;
- наличие гигиенического сертификата на продукцию с указанием фактической величины выделяющихся вредных веществ и их предельно допустимой концентрации (ПДК);

- наличие сведений о горючести и теплостойкости компонентов теплоизоляционного материала;

- возможностью ликвидации теплоизоляционного материала после выхода его из строя при минимуме энергозатрат и без загрязнения окружающей природной среды.

Анализ особенностей физико-механических и эксплуатационных характеристик применяемых в настоящее время теплоизоляционных материалов показал, что наибольшее распространение в строительной практике получили четыре типа теплоизоляционных материалов: пенопласты, пенно(газо)бетоны, минеральная вата и пеностекло. Сравнительные характеристики физико-механических свойств применяемых на сегодняшний день наиболее эффективных теплоизоляционных материалов представлена в таблице 3.3.

Среди приведенных в таблице 3.3 теплоизоляционных материалов ячеистые (пено) бетоны являются достаточно безопасными и долговечными, поэтому их можно рекомендовать к широкому применению. В то же время при их применении следует учитывать их относительно высокие показатели водопоглощения, плотности и теплопроводности. Вместе с тем следует отметить, что пенобетон плотностью 300-400 кг/м<sup>3</sup> можно отнести в соответствии с [15] к эффективным теплоизоляционным материалам. При этом сложной решаемой задачей является повышение прочности пенобетона пониженной плотности.

К достоинствам пенобетона следует отнести то, что при использовании утеплителей на основе минерального волокна (минвата, базальтовая вата) и пенопластов (пенополистиролов) в качестве основания под кровельную изоляцию (гидроизоляцию) необходимо устройство цементно-песчанной или асфальтобетонной стяжки, а при использовании пенобетона монолитной укладки такая стяжка исключается.

**Физико-механические свойства наиболее эффективных  
теплоизоляционных материалов**

Таблица 3.3

№ /п	Вид теплоизоляционн ого материала	Плот- ность ( $\gamma_0$ ), кг/м <sup>3</sup>	Прочност ь при сжатии, МПа	Козф- фициент теплопро- водности ( $\lambda_0$ ), Вт/(м· <sup>0</sup> С)	Паро- прони- цаемость, мг/(м·г·П а)	Рекомендация для утепления
	Плиты из минерального волокна (минвата, базальтовая вата)	50-225	0,04-0,15	0,048- 0,054	0,49-0,53	Чердачных перекрытий, многослойных покрытий бесчердачных и скатных крыш
	Пенопласты (пенополистирол) покрытые антипиренами	20-150	0,05-1	0,04-0,052	0,005-0,05	Многослойных покрытий бесчердачных вентилируемых и не вентилируемых крыш
	То же не покрытые антипиренами	20-150	0,05-1	0,04-0,052	0,005-0,05	То же только невентилируе- мых
	Пеностекло	200-400	0,05-0,07	0,07-0,11	0,02-0,03	Область применения не ограничивается
	Ячеистый (пено)бетон	300-600	0,5-2,0	0,08-0,14	0,17-0,26	То же кроме скатных крыш

*Примечание: Пенобетон плотностью 600 кг/м<sup>3</sup> рекомендуется для комплексного применения с пенобетоном более низкой плотностью (до 400 кг/м<sup>3</sup>)*

Как показывает анализ научно-технической литературы [35,36,22,37,38,39,40] эксплуатационная пригодность минераловатной теплоизоляции исследована недостаточно полно. При этом имеющиеся данные чаще относятся к низкокачественным материалам, производимым по технологиям начала и середины прошлого века на устаревшем оборудовании [35,36,37].

Эксплуатационная пригодность – это свойство конструкции или ее элемента непрерывно сохранять требуемые показатели эксплуатационного качества в течении планируемого срока службы при определенных условиях эксплуатации. Условия эксплуатации теплоизоляционного слоя, регламентированные в нормативных документах [15,16] должны обеспечиваться надлежащим образом спроектированной и выполненной строительной конструкцией.

Для получения теплоизоляционных изделий из минеральной и базальтовой ваты, производимых у нас, также в большинстве случаев используется устаревшие технологии и оборудование. Представленные на рынке строительных материалов минераловатные изделия типа «Изовер», «Роквул» отличаются достаточно высоким качеством, но и высокой стоимостью.

В настоящее время наиболее доступным теплоизоляционным местным материалом приемлемым для использования при утеплении чердачных перекрытий и покрытий бесчердачных крыш является пенобетон с улучшенными физико-механическими свойствами с плотностью  $\gamma=300-600 \text{ кг/м}^3$ .

Отработка технологии пенобетона с улучшенными физико-механическими свойствами производилась на производственной базе и объектах компании ООО «XORIJQURILISH».

Компания производит и выполняет работы с применением пенобетона:

-производство теплоизоляционных плит любых размеров;

- производство пенобетонных блоков;
- теплоизоляция кровли зданий;
- заливка теплых монолитных полов и стен;
- заливка монолитных плит покрытий и перекрытий;
- теплоизоляция холодильных камер, саун;
- теплоизоляция подземных и надземных теплотрасс;
- строительство монолитных домов и сооружений.

Для отработки технологии полученного пенобетона использовали мобильный (рис. 3.5) и стационарные комплексы по производству пенобетона, принадлежащие компании.



*Рис.3.5 Мобильный комплекс по производству пенобетона*

Предлагаемое технологическое оборудование заменяет целый завод по производству пенобетона. Обеспечивает изготовление и подачу пенобетона плотностью 300 до 1400 кг/м<sup>3</sup> на высоту до 12м и по горизонтали 40м через гибкий шланг. Производительность комплекса 4 м<sup>3</sup>/час пенобетона. Предлагаемый комплекс оборудования по производству пенобетона запатентован.

Компания производит и реализует собственный пеноконцентрат для пенобетона. Расход пеноконцентрата на изготовление 1 м<sup>3</sup> пенобетона составляет 1,0-1,5 л. Производимый пенобетон имеет сертификат качества.

Рекомендации по использованию пенобетона пониженной плотности ( $250-600 \text{ кг/м}^3$ ) для утепления чердачных перекрытий и покрытий бесчердачных крыш, сформулированные по результатам настоящей работы, были использованы при разработке Пособия к КМК 2.03.10-95\* «Крыши и кровли» и изложены ниже.

Для утепления чердачного перекрытия холодного и открытого чердака рекомендуется устройство утеплителя с использованием утепляющих мелких плит из пенобетона плотностью  $400 \text{ кг/м}^3$  по TSh 64-15207505-02, уложенных в два и более слоев. Более эффективно устройство теплоизоляции по чердачному перекрытию из ячеистого бетона, в частности, пенобетона плотностью Д250, Д300, и Д400 монолитной укладки.

В случае применения утепляющих мелких плит из пенобетона, а также пенобетона монолитной укладки эффективным является устройство по утеплителю монолитной стяжки из пенобетона плотностью  $600 \text{ кг/м}^3$  и прочностью не менее  $0,8 \text{ МПа}$  толщиной  $40-50 \text{ мм}$ .

Для повышения прочности и уменьшения усадочных деформаций пенобетона пониженной плотности рекомендуется использовать напрягающий цемент НЦ-10 М400, НЦ-20 М500 или расширяющие добавки, а также дисперсное армирование с введением минеральных или синтетических волокон диаметром  $20-60 \text{ мкм}$  в количестве до  $0,5 \%$  масс.

Рекомендуется также применение бесчердачных крыш, состоящих из несущих панелей и утепляющих мелких плит из пенобетона плотностью  $400-600 \text{ кг/м}^3$  по TSh 64-15207505-02, уложенных в два и более слоев на несущие панели или перекрытия верхнего этажа. Допускается применение бесчердачных крыш, состоящих из несущих панелей и утепляющих однослойных плит из легких и ячеистых бетонов плотностью не более  $600 \text{ кг/м}^3$ .

Наиболее эффективно устройство бесчердачных крыш в построечных условиях с применением эффективных утеплителей или ячеистых бетонов, в частности, пенобетона монолитной укладки. Предпочтительным является устройство монолитного теплоизоляционного слоя из пенобетона марок по средней плотности Д250, Д300, Д400, по которому, укладывается монолитный пенобетон с плотностью не более  $600 \text{ кг/м}^3$  и прочностью не менее  $0,8 \text{ МПа}$  толщиной 40-50 мм, являющийся основанием под гидроизоляционный ковер (рис.3.6).



*Рис.3.6. Заливка монолитных плит утеплителя покрытия.*

Для повышения прочности и уменьшения усадочных деформаций пенобетона пониженной плотности и в этом случае рекомендуется использовать напрягающий цемент или расширяющие добавки, а также дисперсное армирование с введением минеральных или синтетических волокон.

Конструкция покрытия бесчердачной крыши, выполняемой в построечных условиях, может состоять из следующих элементов (слоев), считая от нижней поверхности:

несущая конструкция;

выравнивающая стяжка из цемент-песчанного раствора по железобетонному основанию;

пароизоляционный слой (для железобетонного основания – по расчету, по профнастилу - обязательно);

теплоизоляционный слой из жестких волокнистых материалов, экструдированного пенополистирола или пеностекла, ячеистого бетона(пенобетона) и др.;

вентилирующая прослойка (для вентилируемой бесчердачной крыши), служащая для удаления влаги из конструкции покрытия, а также для охлаждения покрытия в летнее время. Для осушения могут устраиваться также отдельные каналы;

основание под гидроизоляцию – цементно-песчанная или асфальто-бетонная стяжка прочностью на сжатие соответственно 5 и 0,8 МПа, монолитный пенобетон плотностью 600 кг/м<sup>3</sup> по п. 2.25 или кровельные железобетонные плиты при щелевых сплошных вентилирующих прослойках;

водоизоляционный ковер из рулонных или мастичных материалов, или гидроизоляция из стальных профилированных листов (только при несущем основании из стальных профилированных настилов);

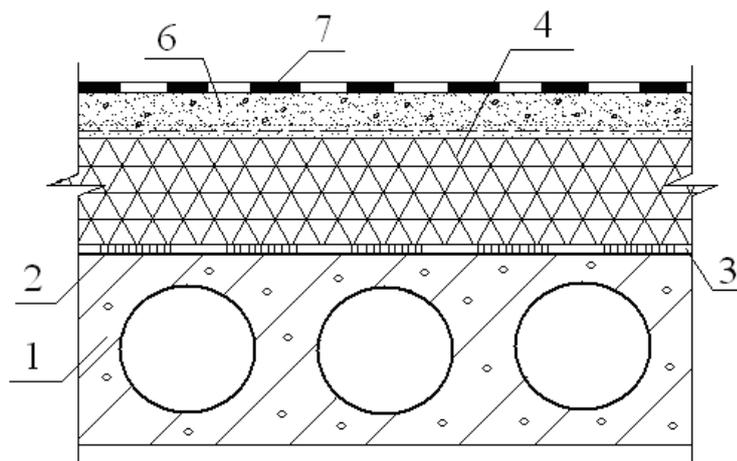
верхний защитный слой, предохраняющий водоизоляционный ковер или мастичную кровлю от механических, атмосферных воздействий и перегрева от солнечной радиации.

В случае применения монолитного пенобетона плотностью 250-400 кг/м<sup>3</sup> рекомендуется утеплитель устраивать двухслойным с верхним слоем из пенобетона плотностью не более 600 кг/м<sup>3</sup> и прочностью не менее 0,08 МПа толщиной не менее 50мм, служащим основанием под водоизоляционный ковер.

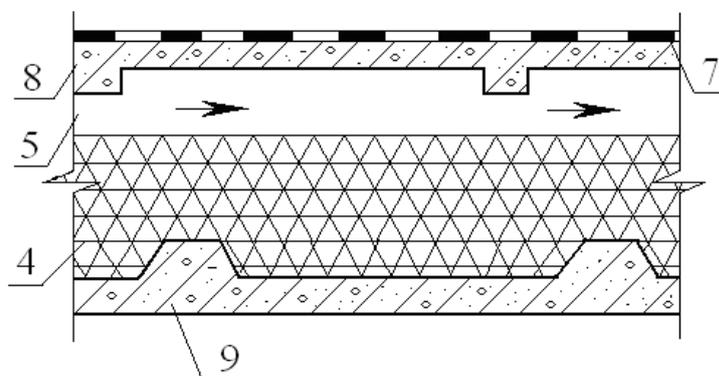
Примеры устройства покрытий бесчердачных неветилируемых и вентилируемых крыш приведены на рис. 3.7.

При применении в приведенном техническом решении в качестве утеплителя монолитного пенобетона устройство армированной стяжки под гидроизоляцию не требуется (рис.3.8).

а)

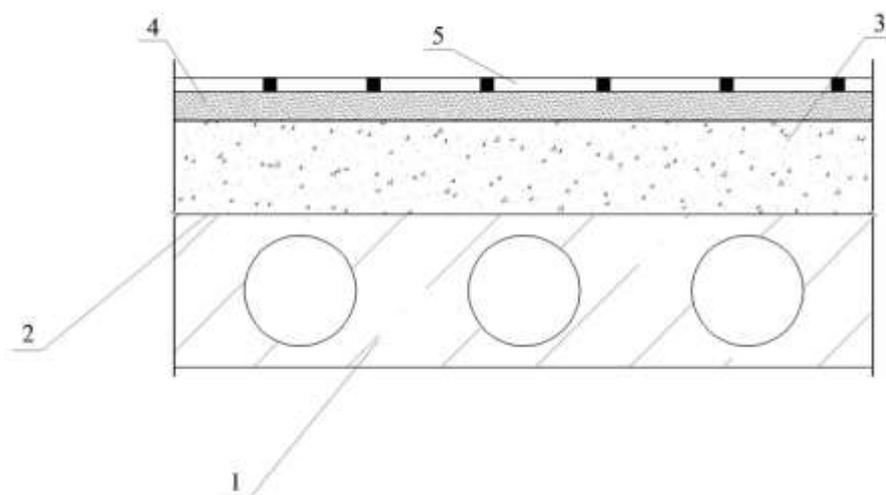


б)



**Рис. 3.7** *Покрытия неветилируемых (а) и ветилируемых (б) бесчердачных крыш*

*1 – несущая плита; 2 – пароизоляция; 3 – проклейка плит утеплителя; 4 – теплоизоляция; 5 – вентиляционный канал; 6 – армированная стяжка; 7 – водоизоляционный ковер из рулонных материалов с последним фольгировальным слоем; 8 – железобетонная плита; 9 – несущая железобетонная плита.*



*Рис. 3.8 Покрытия неинтенсивных бесчердачных крыш с утеплителями из монолитного пенобетона с улучшенными свойствами.*

*1 — несущая плита; 2 — пароизоляция; 3 — теплоизоляция из монолитного пенобетона  $\gamma=300 \text{ кг/м}^3$ ; 4 — теплоизоляция из монолитного пенобетона  $\gamma=600 \text{ кг/м}^3$ ; 5 — водоизоляционный ковер из рулонных материалов с последним фолгировальным слоем.*

Методологический подход в разработке положений и рекомендаций пособия к КМК 2.03.10-95 заключался в развитии существующих, а также в формулировании новых пунктов, в которых положения и рекомендации по применению новых энергосберегающих технических решений, эффективных теплоизоляционных и кровельных материалов способствуют созданию покрытий с оптимальными теплотехническими характеристиками, а также, что немаловажно, обеспечивают их длительную сохранность, которая зависит от качества и долговечности применяемых гидроизоляционных кровельных материалов. От правильного решения этих вопросов напрямую зависит снижение энергопотребления зданий, а следовательно, и их технико-

экономические показатели за счёт снижения эксплуатационных затрат на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений. Другим аспектом энергоэффективности зданий является создание условий для применения материалов, производимых по энергосберегающим технологиям, в особенности из местного сырья и отходов.

Применение новых положений и энергосберегающих решений ограждающих конструкций, рекомендуемых в Пособии к КМК 2.03.10-95\* «Крыши и кровли» позволяет значительно уменьшить потери тепла через крышу при сравнительно малых затратах на теплоизоляцию.

В установленном порядке Пособие по проектированию крыш и кровель энергоэффективных зданий (к КМК 2.03.10-95\*) [31] было передано в Информационный – издательский центр АКАТМ Госархитектстроя, где было издано и распространено среди заинтересованных организаций (научно- исследовательские, проектные и строительные организации, специалисты и др.).

В целом по результатам проведенных исследований в настоящее время с учетом состояния развития экономики страны и производственной базы теплоизоляционных материалов в республике можно сделать вывод, что пенобетон пониженной плотности с улучшенными свойствами на ближайшую перспективу является основным теплоизоляционным материалом для утепления как стен, так и крыш.

При этом важно продолжить исследования по совершенствованию составов и технологии пенобетона направленных на максимальное снижение его плотности при обеспечении необходимых его физико-механических свойств.

### Выводы по 3 главе.

1. Для обеспечения энергетической эффективности малоэтажного строительства жилых и общественных зданий ( до 3 этажей ) перспективна разработка комплексных конструкций стен с применением в качестве несущих слоёв пенобетонных блоков с плотностью до  $600 \text{ кг/м}^3$  и прочностью до 2,5 МПа, а в качестве теплоизоляционного слоя монолитного пенобетона с плотностью до  $300 \text{ кг/м}^3$ . Это позволит существенно повысить теплозащитные показатели и снизить стоимость зданий.

2. Проведенные нами расчеты показали, что стены из пенобетонных блоков с  $\gamma=600 \text{ кг/м}^3$  с улучшенными свойствами и монолитным промежуточным слоем из пенобетона с  $\gamma=300 \text{ кг/м}^3$  полностью соответствуют по теплозащитным свойствам требованиям строительных норм КМК 2.01.04-97\* для второго уровня теплозащиты из условия  $R_0^{\text{des}} > 1,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ . При этом толщина наружных стен получается в пределах допустимых размеров ( не более 0,5 м).

3. В настоящее время наиболее доступным теплоизоляционным местным материалом, приемлемым для использования при утеплении чердачных перекрытий и покрытий бесчердачных крыш, является пенобетон с улучшенными физико-механическими свойствами с плотностью  $\gamma=300-600 \text{ кг/м}^3$ .

4. Разработка новой редакции КМК 2.03.10-95\* «Крыши и кровли», а также Пособия [31] к нему была осуществлена Республиканским центром стандартизации и сертификации в строительстве и ТАСИ под руководством профессора С.А.Ходжаева. Автор настоящей магистерской диссертации принял участие в разработке Пособия по проектированию крыш и кровель энергоэффективных зданий (к КМК 2.03.10-95\*).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Во всём мире вопросы повышения эффективности энергопотребления и сокращения выбросов углекислого газа в атмосферу приобрели приоритетное значение.

2. Действующая в настоящее время нормативно-методологическая база проектирования и строительства зданий в нашей стране предусматривает заметное повышение теплозащиты ограждающих конструкций, что требует принципиального пересмотра их конструктивных решений с применением эффективных теплоизоляционных материалов. В связи с этим необходимо развивать производство эффективных теплоизоляционных материалов, за счёт разработки новых их видов и совершенствования технологии производства теплоизоляционных материалов, в особенности, на основе местного сырья и отходов производства.

3. На основе анализа состояния энергосбережения зарубежом и в нашей стране сформированы цели и задачи настоящей магистерской диссертации, заключающиеся в поиске путей улучшения физико-механических свойств пенобетона неавтоклавного твердения, обеспечивающих сочетание низкой плотности с относительно высокой прочностью такого материала и разработке с его применением эффективных ограждающих конструкций для жилых и общественных зданий.

4. В результате исследований по совершенствованию технологии и улучшению структуры и физико-механических свойств получены составы пенобетона неавтоклавного твердения с пониженной плотностью до  $300 \text{ кг/м}^3$ . Для обеспечения необходимой прочности пенобетона пониженной плотности эффективным является использование дополнительного помола портландцемента М400 с доведением тонкости его помола до  $4500 \text{ см}^2/\text{гр}$ . При этом получен

пенобетон с плотностью  $300 \text{ кг/м}^3$  с прочностью  $0,1 \text{ МПа}$  и  $\lambda_0=0,8 \text{ Вт/(м}\cdot^{\circ}\text{C)}$ , относящийся в соответствии с КМК 2.01.04-97\* к эффективным теплоизоляционным материалам.

5. Проведенные нами расчеты показали, что стены из пенобетонных блоков с  $\gamma=600 \text{ кг/м}^3$  с улучшенными свойствами и монолитным промежуточным слоем из пенобетона с  $\gamma=300 \text{ кг/м}^3$  полностью соответствуют по теплозащитным свойствам требованиям строительных норм КМК 2.01.04-97\* для второго уровня теплозащиты из условия  $R_0^{\text{des}} > 1,8 \text{ м}^2\cdot^{\circ}\text{C/Вт}$ . При этом толщина наружных стен получается в пределах допустимых размеров ( не более  $0,5 \text{ м}$ ).

6. В настоящее время наиболее доступным теплоизоляционным местным материалом, приемлемым для использования при утеплении чердачных перекрытий и покрытий бесчердачных крыш, является пенобетон с улучшенными физико-механическими свойствами с плотностью  $\gamma=300-600 \text{ кг/м}^3$ .

7. По результатам исследований настоящей магистерской диссертации сформулированы и включены предложения (рекомендации) в Пособие по проектированию крыш и кровель энергоэффективных зданий разработанных к КМК 2.03.10-95\* «Крыши и кровли».

## Список литературы

1. Закон Республики Узбекистан от 25.04.1997г, № 412-1 «О рациональном использовании энергии».
2. Экономия энергии при застройке городов /Под ред. Р. Кортпи; Сокр. Пер.с англ. А.С. Гусева и др.; Под ред. Э.В. Сарнацкого – М.; Строиздат, 1983.
3. Ходжаев С.А. Повышение эффективности энергопотребления зданий и сооружений – актуальная проблема современности// Архитектура и строительство Узбекистана. – 2011. - №№ 4-5. – С. 95 – 96.
4. Беляев В.С., Хохлов Л.П. Проектирование энергосберегающих и энергоактивных гражданских зданий. Учеб.пособие для вузов.М.Высшая школа, 1991.
5. Пугачев С.В., Табунщиков Ю.А., Наумов А.Л., Фадеева Е.Н. Российская концепция нормирования энергоэффективности зданий и сооружений // АВОК.- 2011. - № 8.
6. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings.
7. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій/Фаренюк Г.Г.-К.:Гама-Принт.-2009.-216 С.
8. Энергосбережение при строительстве и реконструкции жилья/(Доклад Директора института НИПТИС Республики Беларусь Пилипенко В.М. на XXV-ом заседании Межправительственного Совета по сотрудничеству в строительной деятельности государств-участниц СНГ).
9. КМК 2.04.16-96 Установки солнечного горячего водоснабжения /Госкомархитектстрой РУз. – Ташкент. – 1996. - 31 С.
10. КМК 2.01.04-97 Строительная теплотехника /Госкомархитектстрой РУз. – Ташкент. – 1997. - 74 С.

11. КМК 2.01.18-2000 Нормативы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений /Госархитектстрой РУз. – Ташкент. – 2000.
12. Изменение № 1 к КМК 2.01.04-97 Строительная теплотехника /Госархитектстрой РУз. – Ташкент. – 2004. - 12 С.
13. КМК 2.01.18-2000\* Нормы расхода энергии на отопление, вентиляцию и кондиционирование зданий и сооружений. /Госархитектстрой. -Ташкент.-AQATM.-2011.
14. Ходжаев С.А., Богданова Н.Ю., Райвич Р.М., Ходжаев С.А., Касимова С.Т. Концептуальные аспекты и нормативно-методологические подходы к созданию системы сертификации зданий по энергоэффективности//Архитектура и строительство Узбекистана.-2011.-№№ 3-4.-С.69-72.
15. КМК 2.01.04-97\* Строительная теплотехника./Госархитектстрой. -Ташкент.-AQATM.-2011.-98С.
16. КМК 2.03.10-95\* Крыши и кровли./Госархитектстрой. -Ташкент.-AQATM.-2011.
17. КМК 2.04.05-97\* Отопление, вентиляция и кондиционирование. /Госархитектстрой. -Ташкент.-AQATM.-2011.
18. ШНК 2.08.02-09\* Общественные здания и сооружения. /Госархитектстрой. -Ташкент.-AQATM.-2011.
19. Ходжаев С.А., Ходжаев С.А., Касимова С.Т., Рустамов И.М., Голубева С.С. О современной нормативно-методологической базе проектирования крыш и кровель энергоэффективных зданий//Архитектура и строительство Узбекистана.
20. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. М., 1980.
21. Экструдированный пенополистирол. Как определить качество//Строительные материалы.-2009.-№6.-С.34-35.

22. А.И.Бек-Булатов. Пенополистирол – история создания долговечность//Строительные материалы.-2010.-№ 5.-С.92-93.
23. В.А. Лотов, Н.А. Митина. Теплоизоляционные материалы на основе дисперсно-армированного газобетона автоклавного твердения//Техника и технология производства теплоизоляционных материалов из минерального сырья: Доклады IV Всероссийской научно-практической конференции 1-4 июня 2004г. (г.Бишкек).- М.:ЦЭИ «Химмаш», 2004.-С.9-12.
24. Железобетон в XXI веке: Состояние и перспективы развития и железобетона в России /Госстрой России; НИИЖБ.-М.: Гостика, 2001.-684 С.
25. Я.Б. Якимченко. Неавтоклавные газобетоны с полидисперсным наполнителем на основе отходов промышленности/Строительные материалы.-2009.-№ 1.-С. 24-26.
26. Н.П. Богданова, И.А. Белов и др. Ячеистый бетон пониженной плотности для изоляции строительного и технического назначения//Строительные материалы.-2010.-№3.-С. 63-66.
27. Сахоров Г.П., Стрельбицкий В.П., Воронин В.А. Ограждающие конструкции зданий и проблемы энергосбережения//Жилищное строительство.-1999.-№ 6.
28. Галкин С.Л. Применение изделий и конструкций в жилищно-гражданском строительстве//Строительный рынок.-2006.-№ 9-10.- С.40-45.
29. Ухова Т.А. Новое поколение ячеистых бетонов и изделий из них//80-летие НИИЖБ им. А.А. Гвоздева.Сборник научных статей.-М.,272 с.
30. КМК 2.01.03-96 Строительство в сейсмических районах/Госкомархитектстрой РУз.-Ташкент.-1996.-65 С.
31. Пособие по проектированию новых энергосберегающих решений по строительной теплотехнике (к КМК 2.01.04-97\*) / ОАО «ToshuuyjoyLITI» - Ташкент: ИВЦ «AQATM», 2012.- 67С.

32. Пособие по проектированию крыш и кровель энергоэффективных зданий (к КМК 2.03.10-95\* «Крыши и кровли») / Республиканский центр стандартизации и сертификации в строительстве Госархитекстроя – Ташкент: ИВЦ «АQATM» Госархитекстроя, 2012.-44 С
33. СНиП 11-26-76 «Кровли».-М.:Стройиздат, 1978.-23 С.
34. СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника». М.:Стройиздат, 1990.
35. Бессонов И.В., Старостин А.В., Оскин В.М. Эксплуатационная пригодность минеральной теплоизоляции на основе стекловолокна //Строительные материалы.-2010.-№ 8.-С. 37-40.
36. Бессонов И.В., Хлевчук В.Р., Румянцева И.А. и др. К вопросу стоимости пенопластов и волокнистых утеплителей в ограждающих конструкциях зданий//Сб.докладов научно-практической конференции. «Проблемы строительной теплофизики, систем обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях». Академические чтения, посвященные памяти В.Н. Богуславского. 26-28 апреля 2001 г. Москва.-С. 255-261.
37. Гликин С.М. Эффективные теплоизоляционные материалы и их долговечность//Сб. докладов конференции «Эффективные тепло- и звукоизоляционные материалы в современном строительстве и ЖКХ». Москва, 2006.-С.143-150.
38. Мусурманкулов А., Ходжаев С.А. Опыт применения сборных и монолитных железобетонных кровельных покрытий в жилищно-гражданском строительстве // Сб. научных трудов «Архитектура-курулиш фани ва давр». Ташкент: ТАСИ, 2006.
39. О состоянии и мерах по ускорению развития производства эффективных теплоизоляционных и стеновых материалов с учетом повышенных требований по теплозащите зданий и сооружений. Бюллетень строительной техники, 1998, 11-12.

40. Шойхет Б.М., Ставрицкая Л.В., Жуков А.Д. Изоляция. Материалы и технологии. Справочник.-М.-Стройинформ.-2006.-655 С.