

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН

Таджикский технический университет  
имени академика М.С. Осими

*На правах рукописи*

УДК 699.86 (575.3)



**КАРИМОВ Насимджон Мирзорахимович**

**ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ С  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫМИ ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ  
(на примере Таджикистана)**

**ДИ С С Е Р Т А Ц И Я**

на соискание ученой степени доктора PhD,  
доктора по специальности 6D072900 – Строительство

**Научный руководитель:**

доктор архитектуры, доцент

Хасанов Нозимшо Назокатшоевич

Душанбе – 2023

## О Г Л А В Л Е Н И Е

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	5
<b>ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ</b> .....	7
<b>Глава 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ С ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫМИ ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ</b> .....	11
1.1. Нормативные и контролирующие акты повышения энергоэффективности зданий.....	11
1.2. Природно – климатические факторы, учитывающие при проектировании энергоэффективных зданий.....	15
1.3. Зарубежный и отечественный опыт проектирования гражданских зданий с энергоэффективными ограждающими конструкциями.....	22
1.4. Повышение энергоэффективности гражданских зданий с применением местных строительных материалов.....	29
1.5. Методы расчета теплоустойчивости ограждающих конструкций гражданских зданий .....	34
Выводы по первой главе .....	39
<b>Глава 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ В Г. ДУШАНБЕ</b> .....	41
2.1. Состояние теплозащиты ограждающих конструкций существующих жилых зданий в г. Душанбе.....	41
2.2. Меры по усовершенствованию проведения энергоаудита зданий в Республике Таджикистан.....	47
2.3. Исследование показателей микроклимата жилых помещений существующих зданий .....	50
2.4. Натурные исследования теплозащиты ограждающих конструкций жилых зданий.....	54
Выводы по второй главе .....	64
<b>Глава 3. УЛУЧШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЯ ПОСРЕДСТВОМ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ</b> .....	66

3.1. Влияние объемно-планировочных решений на энергоэффективность зданий.....	66
3.2. Архитектурно-конструктивные меры и принципы повышения энергоэффективности зданий в климатических условиях РТ .....	70
3.3. Сравнительный анализ теплотехнических показателей наружных ограждающих конструкций зданий .....	76
3.4. Влажностное состояние ограждающих конструкций жилых зданий	85
Выводы по третьей главе .....	90
<b>Глава 4. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ..</b>	<b>91</b>
4.1. Анализ физико-технических и конструктивных показателей существующих и предлагаемых многослойных стеновых панелей.....	91
4.1.1. Исследования теплозащиты ТНСП .....	97
4.2. Моделирование теплопередачи через ограждающие конструкции .	101
4.3. Численное моделирование повышения энергоэффективности ТНСП .....	107
4.3.1. Сравнительный анализ результатов расчета ТНСП .....	113
4.4. Определение удельного расхода энергии ширококорпусного здания с применением существующих и предлагаемых ограждающих конструкций .....	116
4.5. Экономическая эффективность ширококорпусных жилых зданий с ТНСП.....	123
4.6. Автоматизация процесса составления энергетического паспорта гражданских зданий .....	128
Выводы по четвертой главе .....	131
<b>ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ .....</b>	<b>132</b>
Рекомендации по практическому использованию результатов .....	134
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....</b>	<b>136</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ.....</b>	<b>152</b>

## **ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

ЭЖЗ - Энергоэффективные жилые здания

ЭиЭ - Энергоэффективность и энергосбережение

ЖЗ- Жилые здания

ГЗ - Гражданские здания

СНиП-Строительные нормы и правила

РТ - Республика Таджикистан

ГНиП - Градостроительные нормы и правила

ГОСТ - Государственный стандарт

ТТУ - Таджикский технический университет

САННИОСП - Среднеазиатский научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений

ГУП «НИИСиА» - Государственное унитарное предприятие «Научно исследовательский институт строительства и архитектуры»

ВАК - Высшая аттестационная комиссия

МСП - Многослойная стеновая панель

ОК – Ограждающие конструкции

СНК – Самонесущие конструкции

КЭ - Конечный элемент

ТНСП - Трёхслойная несущая стеновая панель

## ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность темы исследования.** Вопросы повышения энергоэффективности приобретают особую актуальность и приоритетное значение в мировом масштабе, в том числе в Республике Таджикистан (РТ).

После принятия в нашей стране в 2013 году Закона РТ «Об энергосбережении и энергоэффективности» вопросы энергоэффективности стали особо актуальными [35]. Стабилизация производства и потребление энергии, которые крайне необходимы для интенсивного развития национальной экономики, представляют собой основное направление в области энергосбережения и энергоэффективности (ЭиЭ). Исходя из этого, в настоящее время для всех сфер экономики наиболее актуальными являются следующие задачи: энергосбережение, разработка и применение методов и способов эффективного энергопотребления, а также технологии энергосбережения, использование возобновляемых источников энергии. Если учесть тот факт, что половину энергопотребителей составляют здания и сооружения, то актуальную научно-техническую проблему составляют разработка современных эффективных конструктивно-технологических решений ограждающих конструкций (ОК), всемерное энергосбережение и повышение эффективности жилищно-гражданского строительства.

Решение данной проблемы является актуальной для той местности, где, с одной стороны, обеспечение частных ресурсов недостаточно, с другой стороны, имеются экстремальные климатические условия. К таковым относится почти вся территория нашей страны.

Комитет по архитектуре и строительству при Правительстве РТ с учетом важности и актуальности экономии энергоресурсов, необходимости повышения показателей теплозащиты зданий принял новые нормы и правила строительства. В том числе: Строительные нормы и правила СНиП РТ 23-02-2021 «Теплозащита зданий» [85], ГНиП РТ 23-01-2018 «Строительная климатология» [17], СНиП РТ 41-01-2009 «Отопление, вентиляция и кондиционирование» [86], являющиеся в

настоящее время основными нормативными документами при проектировании теплозащиты зданий.

Одним из приоритетных направлений политики нашего государства в области энергетики является ЭиЭ. Исходя из этого, решение вопросов повышения энергоэффективности гражданских зданий является очень своевременной и актуальной.

**Степень научной разработанности изучаемой проблемы.** Зарубежные и отечественные ученые разных поколений занимались исследованием и анализом проблемы ЭиЭ зданий и их ОК. К важным теоретическим источникам, где всесторонне исследованы вопросы ЭиЭ относятся труды ряда ученых: Ушкова Ф.В., Езерского В.А., Иванцова А.И., Костина В.И., Анисимова М.В., Иванова В.В., Жукова А.В., Богоявленского А.И., Назирова Р.А., Бородина А.И., Машенкова А.Н., Береговой А.М., Калашникова М.П., Хуторной А.Н., Хона С.В., Перехоженцева А.Г., Самарина О.Д., Anderlind G., Hebgen H., Pelke R., Фокина К.Ф., Франчука А.У., Ландау Л.Д., Харламова Д.А., Kunzel H.M., Низовцева М.И., Корсунова Н.И., Кузина А.Я., Карауша С.А., Лебедева О.В. [94, 31, 32, 40, 54, 3, 41, 33, 8, 64, 10, 63, 6, 45, 107, 105, 69, 79, 118, 119, 122, 96, 97, 57, 98, 120, 66, 53, 55, 46, 58], Якубова Н.Х., Нигматова И.И., Фазилова А.Р., Хасанова Н.Н., Усмонова Ш.З., Хужаева П.С., Шокирова Р.М., Поччоева М.М. и др. [116, 65, 99, 95, 93, 106, 113, 76].

Значительный вклад в развитие строительной теплофизики внесли исследования ведущих ученых данной области, таких как, Богословский В.Н., Фокин К.Ф., Мачинский В.Д., Лыков А.В. - основатели теории теплопередачи и теплообмена [8, 96, 62, 59].

Научные труды Семёнова Л.А и Шкловера А.М о нестационарном тепловом режиме стали продолжением теории теплоустойчивости [82, 110]. Профессором В.М. Ильинским также разработаны теплофизические основы для проектирования зданий и ОК, которые соответствуют требованиям постоянного теплового состояния помещений в различных климатических условиях [44].

В научных концепциях Хлевчука В.Р приводятся важнейшие научно-технические основы, указывающие на улучшение теплозащиты в легкобетонных ОК для гражданских зданий (ГЗ) [102-104].

Другой русский учёный Гагарин В.Т. разработал и выявил наиболее важные экономические аспекты с целью повышения теплозащиты зданий на современном уровне развития экономики и указал на научно обоснованный подход при определении критериев теплозащиты ОК [14].

**Связь исследования с программами (проектами) и научной тематикой.** Тема диссертации имеет непосредственную связь с приоритетным направлением развития градостроительства, обоснованной положениями Стратегии развития строительной отрасли Республики Таджикистан на период до 2030 года и Стратегии развития «зеленой» экономики в Республике Таджикистан на 2023-2037 годы [74, 75].

### **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Целью исследования** является разработка научно обоснованных принципов архитектурно-конструктивных решений энергоэффективных ограждающих конструкций жилых зданий в климатических условиях Таджикистана.

**Для достижения поставленной цели последовательно решены следующие задачи:**

- 1) изучены проблемы энергоэффективности гражданских зданий и анализ методов расчета теплоустойчивости ограждающих конструкций ГЗ;
- 2) выполнено энергетическое обследование энергоэффективности существующих, эксплуатируемых зданий в г. Душанбе;
- 3) разработаны научно-обоснованные принципы архитектурно-конструктивных решений энергоэффективных зданий и последовательность их проектирования;
- 4) осуществлено моделирование задачи повышения энергоэффективности трёхслойных ненесущих стеновых панелей (ТНСП);

5) разработана компьютерная программа автоматизации процесса составления энергетического паспорта ГЗ с учетом климатических условий РТ;

б) разработаны рекомендации по практическому использованию результатов исследований.

**Объектом исследования** являются жилые здания с энергоэффективными конструктивными решениями наружных ограждений.

**Предмет исследования:** конструктивное решение энергоэффективных ТНСП жилых зданий.

**Научная новизна исследования** заключается в:

- применении объемно-планировочных схем ширококорпусных жилых зданий (ЖЗ) с целью повышения их энергоэффективности;

- разработке принципов конструирования энергоэффективных ТНСП жилых зданий;

- автоматизации процессов составления энергетического паспорта гражданских зданий с учетом климатических условий РТ.

**Теоретическая и практическая значимость исследования.** В работе изучены и проанализированы фактические теплозащитные характеристики наружных ограждений жилых зданий г. Душанбе и параметров микроклимата помещений, послужившие основой для разработки принципов обеспечения энергосбережения и разработки конструктивного решения энергоэффективных ТНСП жилых зданий.

Практичность использования результатов исследования обосновано достижением технико-экономической эффективности использования в строительной практике ТНСП, а также внедрением результатов исследования при проектировании с целью подтверждения эффективности установленных принципов архитектурно-конструктивных решений энергоэффективных жилых зданий (ЖЗ).

**Положения, выносимые на защиту:**

- объемно-планировочные схемы ширококорпусных энергоэффективных ЖЗ;

- основные принципы конструирования энергоэффективных ТНСП;



- моделирование повышения энергоэффективности ТНСП;
- программное обеспечение составления энергетического паспорта гражданских зданий с учетом климатических условий РТ.

**Степень достоверности результатов.** Достоверность результатов исследования обеспечивается использованием современных средств и методик проведения исследований и сравнительного анализа полученных результатов с существующими и используемыми результатами разработок других авторов. Положения теоретических и экспериментальных исследований основываются на известных достижениях фундаментальных и прикладных наук, а также проектировании и строительстве энергоэффективных ОК жилых зданий в особых природно-климатических условиях Таджикистана.

**Диссертация соответствует паспорту научной специальности:** 6D072900 – Строительство, в части обоснования, исследования и разработки новых типов ограждающих конструкций зданий и сооружений.

**Личный вклад автора** заключается в разработке инновационных конструктивных решений энергоэффективных трёхслойных несущих стеновых панелей жилых зданий, предложенной компьютерной программы автоматизации процесса составления энергетического паспорта ГЗ с учетом климатических условий РТ, формулировании выводов и подготовке к публикации материалов.

**Апробация и реализация результатов диссертации:** основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на: международной научно-практической конференции “Проблемы промышленной интеграции в Центральной Азии” (г. Душанбе, 2022 г.); V международной научно-практической конференции European Scientific Conference (г. Пенза, 2022 г.); XXVIII международной научно-практической конференции (г. Пенза, 2022 г.); XVIII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых, педагогических работников и специалистов-практиков Инновационные процессы в науке и технике XXI века (г. Тюмень, 2021г.); XVI международной научно-практической конференции Актуальные вопросы, достижения и инновации (г.

Пенза, 2020 г.); международной научно-практической конференции «Применение информационно - телекоммуникационных технологий в создании электронного правительства и индустриализации страны» (г. Душанбе, 2020 г.); политехнический вестник (серия инженерные исследования) ТТУ имени акад. М.С. Осими (г. Душанбе, №3 (53) 2020, №1 (53) 2021, №3 (59) 2022 гг.); рассмотрено на научном семинаре при НИЦ «Строительство и Архитектура», 2023г. По результатам исследования получен малый патент на изобретение №ТJ 1302, МПК: E04B 1/76, «Многослойная стеновая панель», 2022г и свидетельство о государственной регистрации информационного ресурса №22022004488, «ПК-Граф-Энерго-ПАСПОРТ-2022», 2022г. в государственном учреждении «Национальный патентно-информационный центр» Таджикистана. Результаты диссертации внедрены в учебный процесс кафедры «Архитектура зданий и сооружений» ТТУ имени акад. М.С. Осими, в производственном процессе ГУП Научно-исследовательского и проектного института «Душанбешахрсоз».

**Публикации по теме диссертации.** Основное содержание диссертационного исследования опубликовано в 14 научных работах, в том числе, 8 статьях в РИНЦ и 4 статьях в ведущих рецензируемых журналах из перечня ВАК при Президенте Республики Таджикистан. По результатам исследования получен 1 малый патент на изобретение и 1 свидетельство о государственной регистрации информационного ресурса.

**Структура диссертации и объём.** Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, основных выводов, списка литературы и приложений и содержит 157 страниц машинописного набора, включая 37 таблиц и 53 рисунка.

# **Глава 1. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ С ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫМИ ОГРАЖДАЮЩИМИ КОНСТРУКЦИЯМИ**

## **1.1. Нормативные и контролирующие акты повышения энергоэффективности зданий**

В целях правового обеспечения государственной политики в области энергетики в ноябре 2000 года был принят Закон РТ «Об энергетике» [36].

Согласно данному Закону правовая база государственной политики в области энергетики должна охватывать весь цикл становления топливно-энергетического комплекса, включающая разведку, добычу, производство, преобразование, транспортировку, хранение, передачу, распределение и потребление энергоресурсов и энергии.

Закон формулирует основные цели государственной политики в области энергетики, главный смысл которых, в частности, означает следующее:

- обеспечение энергетической безопасности страны в условиях постоянно растущих потребностей экономики страны в энергетических продуктах;
- использование рыночных механизмов для функционирования предприятий и привлечение отечественных и иностранных источников инвестиций для их дальнейшего развития;
- повышение ЭиЭ с целью сокращения удельных затрат энергоресурсов в производстве единицы национального валового продукта.

Важным нормативно-правовым актом в этом направлении является Закон Республики Таджикистан «Об энергосбережении», принятый в мае 2002 года [37].

Данный Закон, по существу, является прямым продолжением Закона Республики Таджикистан «Об энергетике». Без реализации государственной политики в области энергосбережения и повышения эффективности использования энергетических ресурсов и продуктов весь положительный эффект от материально-технической базы топливно-энергетического комплекса в результате бесконтрольного и расточительного их потребления сводится на нет.

Поэтому в Законе энергосбережение определено как одно из приоритетных направлений государственной политики в области энергетики Таджикистана.

Законом определяется механизм государственного регулирования и управления в области энергосбережения на всех стадиях энергетической деятельности при добыче, переработке, транспортировке, производстве, хранении и использовании всех видов энергетических ресурсов, возобновляемых и невозобновляемых.

Предусмотрена государственная поддержка энергосберегающих проектов, программ и одновременно предполагается государственный контроль качества энергетических продуктов через стандартизацию и сертификацию, обязательную энергетическую экспертизу проектной документации объектов строительства, обязательное энергетическое обследование предприятий, независимо от форм собственности.

С учетом важности и своевременности решения проблемы энергосбережения Правительство Республики Таджикистан 3 августа 2002 года утвердило «Концепцию развития топливно-энергетического комплекса Республики Таджикистан на 2003-2015 гг.» [70].

В «Концепции» указывается на то, что главная задача государства в сегодняшних условиях кризиса и сложных финансово-экономических проблем состоит в обеспечении экономической безопасности. В соответствии с положениями «Концепции» энергетическая эффективность и энергосбережение во всех областях экономики являются ключевыми направлениями в экономии топливно-энергетических ресурсов.

Постановление Правительства РТ об утверждении «Целевой комплексной программы по широкому использованию возобновляемых источников энергии, таких как энергия малых рек, солнца, ветра, биомассы, энергии подземных источников на 2007-2015гг» стало весьма важным и своевременным событием новой государственной политики по использованию возобновляемых источников энергии [71].

Вышеуказанным документом наше государство показало и подтвердило, что данная Программа была принята для того что, чтобы создать, освоить и широко использовать новейшие перспективные технологии в целях получения электрической и тепловой энергии, опираясь на возобновляемые ресурсы энергии, подготовку высококвалифицированных специалистов в этой сфере и внесение достойного вклада в топливно-энергетический баланс республики.

Если в Целевой комплексной программе 2007 года упор делался на научные исследования и подготовку кадров, то в принятом в 2009 году Постановлении Правительства РТ об утверждении «Долгосрочной программы строительства малых электростанций на период 2009-2020 годов» [72], основной упор сделан на возведение генерирующих энергоустановок возобновляемых источников энергии и, в первую очередь, гидроэнергоустановок, то есть энергетическими ресурсами, которыми так богата Республики Таджикистан.

Продолжением энергетической политики правительства Таджикистан является Закон «Об использовании возобновляемых источников энергии», принятый в январе 2010 года [38]. В данном Законе в основном подчёркивается всестороннее употребление природных энергетических ресурсов в народном хозяйстве.

Таджикистан – солнечный край, здесь более 300 солнечных дней. В нашей стране имеются огромные геотермальные источники энергии, которые практически не используются и за счет этого вполне возможна выработать дешёвую энергию в виде тепла и электроэнергии.

Принятие вышеуказанного закона стало важным знаменательным событием в экономической жизни страны по эффективному использованию возобновляемых источников энергии. Закон преследует следующие цели: ускорить строительство станций на базе возобновляемых источников энергии и получить эффективный источник энергии.

В последние годы тенденция роста использования возобновляемых источников энергии становится достаточно явной. Проблемы развития возобновляемых источников энергии обсуждаются на самом высоком уровне.

Практически во всех развитых странах формируются и реализуются программы развития возобновляемых источников энергии.

Постановлением Правительства РТ от 3 марта 2011 года был принят закон «Об утверждении Правил ведения государственного Кадастра по возобновляемым источникам энергии» [73].

Государственный кадастр возобновляемых источников энергии состоит из кадастра энергии природных и искусственных водотоков и водоёмов, кадастра солнечной энергии, кадастра ветровой энергии, кадастра геотермальной энергии, кадастра энергии древесных отходов биомассы в виде отходов промышленности, сельского, лесного, жилищно-коммунального хозяйств и бытовых хозяйств.

19 сентября 2013 года был принят закон РТ «Об энергосбережении и энергоэффективности» [35], который стал знаменательным событием в этой области.

Закон является основополагающим нормативно-правовым актом в деле реализации государственной политики в области ЭиЭ. В нём сформулированы принципы политики в сфере продвижения энергоэффективности в РТ, в том числе в строительном комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве.

С учетом актуальности и важности решения проблем, связанных с повышением энергоэффективности, также повышением теплозащитных показателей вновь возводимых и эксплуатируемых зданий возникла необходимость внесения существенных изменений в нормативные документы РТ, касающихся тепловой защите зданий. Эти изменения в основном были направлены на комплексное энергосбережение строительства, также были разработаны и внедрены строительные нормы и правила СНиП РТ 23-02-2021 «Тепловая защита зданий» [85].

Нашими учеными исследователями были разработаны Градостроительные нормы и правила ГНиП РТ 23-01-2018-«Строительная климатология» [17], многие показатели которых используются и в других разделах СНиПах.

Указанные строительные нормы и правила устанавливают требования к тепловой защите зданий в целях экономии энергии при обеспечении санитарно-

гигиенических и оптимальных параметров микроклимата помещений и долговечности ограждающих конструкций зданий и сооружений. Они затрагивают часть общей задачи энергосбережения в зданиях. Нормы по тепловой защите зданий РТ гармонизированы с аналогичными зарубежными нормами развитых стран.

Государственные нормы, которые были разработаны и внедрены в проектную практику, в основном предназначены новому и реконструируемому строительству и не касаются существующего жилищного фонда.

Гражданские здания, построенные по всему Таджикистану, в частности, в городе Душанбе, в советский период оказались недостаточно эффективными с точки зрения использования энергоресурсов, что привело к высокому уровню энергопотребления при отоплении зданий, что требует огромного расхода производимой в стране тепловой энергии.

В новых строительных нормах, регулируется уровень теплозащиты зданий, учитываются климатические, географические, экономические и бытовые традиции жителей соответствующих регионов Таджикистана.

При проектировании зданий необходимо учесть природно-климатические, национальные, социально-бытовые традиции того или иного региона, также иметь ввиду соответствие климатического и ландшафтно-климатического (проектно-строительное) районирования территории РТ.

## **1.2. Природно – климатические факторы, учитывающие при проектировании энергоэффективных зданий**

РТ представляет собой крайний южный район Центральной Азии, который расположен между  $36^{\circ} 40'$ - $41^{\circ} 05'$  северной широты и  $67^{\circ} 31'$ - $75^{\circ} 14'$  восточной долготы. Наша республика находится на одних широтах с Южной Италией, Грецией, островами Хондо (Япония). Несмотря на это, лето у нас намного теплее, а зима намного холоднее. Причиной того является удаленность Таджикистана от морей и океанов и орографическая замкнутость этого района.

Особенности континентального климата в этом районе заключаются в резкой разнице температур в зимний и летний период, разницы дней и ночей, сухости лета, малых количеств осадков в летний период и обилие солнечного света в эти времена года (таблица 1.2, рисунок 1.1) [17].

На примере Гиссарской, Вахшской долин и низовьев Кафернигана можно наблюдать крайность годовых колебаний температуры. В названных регионах средимесячная температура июля-месяца почти на одном уровне с температурой некоторых самых жарких районов мира (Таблица 1.1).

**Таблица 1.1.** - Климатические параметры холодного и теплого периода года для городов Душанбе, Худжанд, Бохтар, Хорог.

Расчетные данные						
Город	Температура воздуха наиболее холодных суток	Температура воздуха наиболее холодной 5-дневки	Продолжительность периода со средней температурой менее 8 <sup>0</sup> С, сут.	Средняя максимальная температура воздуха наиболее теплого месяца, <sup>0</sup> С	Максимальная амплитуда температуры воздуха июля месяца, <sup>0</sup> С	Абсолютная максимальная температура воздуха, <sup>0</sup> С
Душанбе	-13,8	-9,5	110	27,1	25,4	44
Худжанд	-14,8	-13,3	122	28,6	23,8	46
Бохтар	-14	-11,5	100	28,7	24,9	46
Хорог	-19,6	-17,1	166	22,7	21	38

Вертикальная зональность РТ играет важную роль в формировании его климата. В силу очень сильной расчлененности рельефа в соседних районах создались большие различия в климатических условиях.

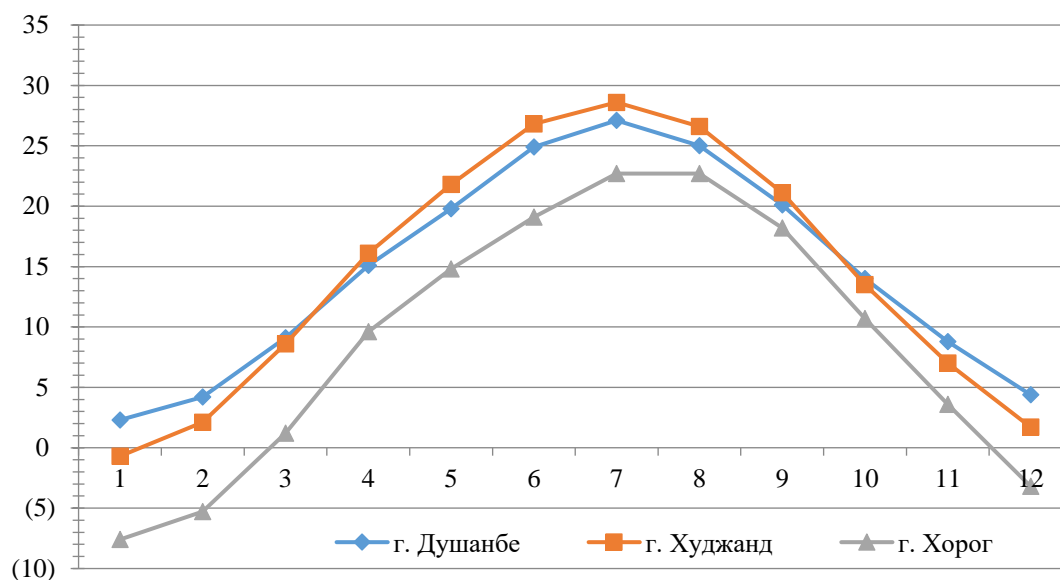
В нашей республике, которая занимает сравнительно небольшую площадь можно встретит климат, характерный как для наиболее жарких стран, так и для северных регионов.

Такое своеобразие в климатических условиях Таджикистана широко отразилась и в планировочной, и в конструктивной структуре народного жилья. К сожалению, опыт народной архитектуры, достаточно глубоко учитывающий своеобразие климатических особенностей Таджикистана, далеко не полностью используется в современном строительстве. Гражданские здания с совершенно не одинаковой планировочной и конструктивной структурой можно встретить как в Душанбе, так и в Хороге и Худжанде.



**Таблица 1.2.** - Средняя месячная температура воздуха для городов Душанбе, Худжанд, Хорог.

Расчетные данные, °С												
Город	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Душанбе	2,3	4,2	9,1	15,3	19,8	24,9	27,1	25,0	20,1	14,0	8,8	4,4
Худжанд	-0,7	2,1	8,6	16,1	21,8	26,8	28,6	26,6	21,1	13,5	7,0	1,7
Хорог	-7,6	-5,3	1,2	9,6	14,8	19,1	22,7	22,7	18,2	10,7	3,5	-3,2



**Рисунок 1.1.** - Средняя месячная температура воздуха, °С для городов Душанбе, Худжанд, Хорог

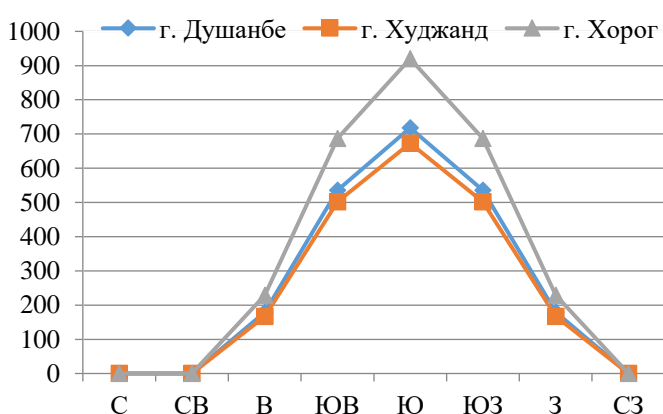
На современном этапе развития строительной техники, когда вместо традиционных монолитных и высоко теплоинерционных ограждений возводятся легкие современные конструкции, регулирование микроклимата помещения с помощью ограждающих конструкции приобретает особую значимость. В следствии чего возникает необходимость детально учитывать внешнее температурное воздействие на ограждающие конструкции таких факторов как, солнечная радиация, температура наружного воздуха и её колебания, влагосодержательность атмосферы и скорость ветра.

Большая высота стояния солнца, продолжительность солнечного сияния, низкая облачность – вот те основные факторы, способствующие значительному количеству солнечного тепла в виде прямой рассеянной радиации (рисунок 1.2, 1.3).

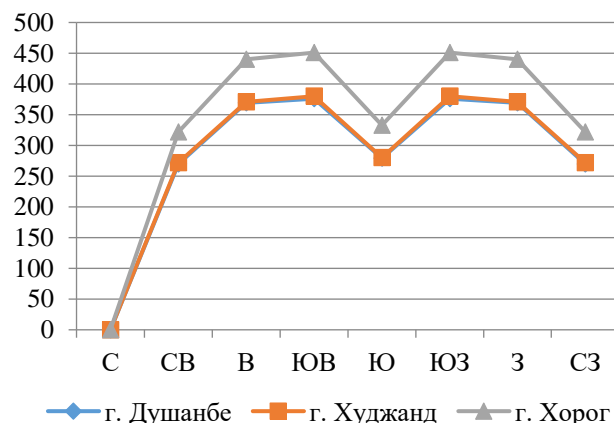
Общеизвестно, что суммарная коротковолновая радиация, которая представляет поток солнечной радиации небосвода, является основным источником поступления тепла на поверхность земли.

Следует отметить, что от географической широты местности и склонения солнца, так же от особенностей положения и свойства поглощения этой поверхности зависит количество тепла, получаемое какой-либо поверхностью здания за счёт солнечной радиации. А горизонтальные поверхности получают максимальное количество тепла за счет солнечной радиации (рисунок 1.4).

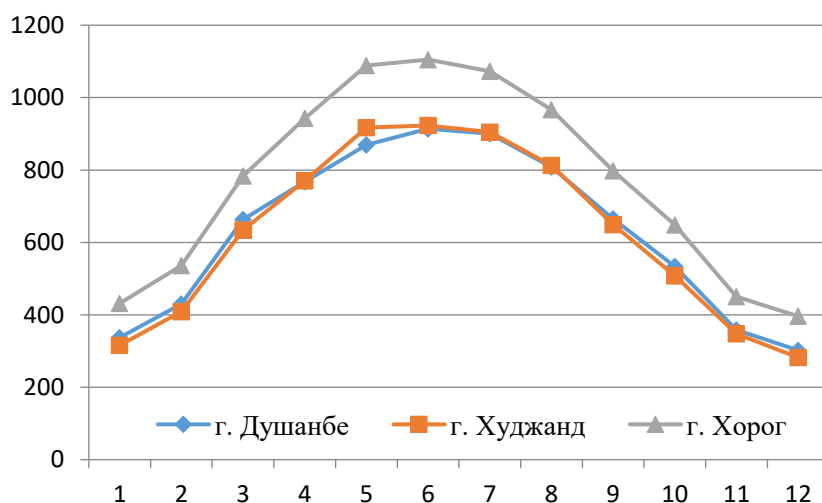
Для теплотехнических расчетов необходима суммарная солнечная радиация, т.е. сумма прямой и рассеянной. Воздействие суммарной радиации приводит к значительному повышению температуры поверхности ограждающих конструкций.



**Рисунок 1.2. - Солнечная радиация на вертикальные поверхности при безоблачном небе в январе месяц (Вт/м<sup>2</sup>)**



**Рисунок 1.3. - Солнечная радиация на вертикальные поверхности при безоблачном небе в июле месяц (Вт/м<sup>2</sup>)**



**Рисунок 1.4. - Суммарная солнечная радиация прямая/рассеянная на горизонтальную поверхность при безоблачном небе в июле месяц (Вт/м<sup>2</sup>)**

Ночью температура поверхности ОК опускается ниже температуры окружающей среды. Это вызывается за счёт излучения тепла в атмосферу.

Различность температур поверхности и окружающего воздуха может дойти до значительных величин, так как зависит от влажности атмосферы и степени безоблачности неба [116].

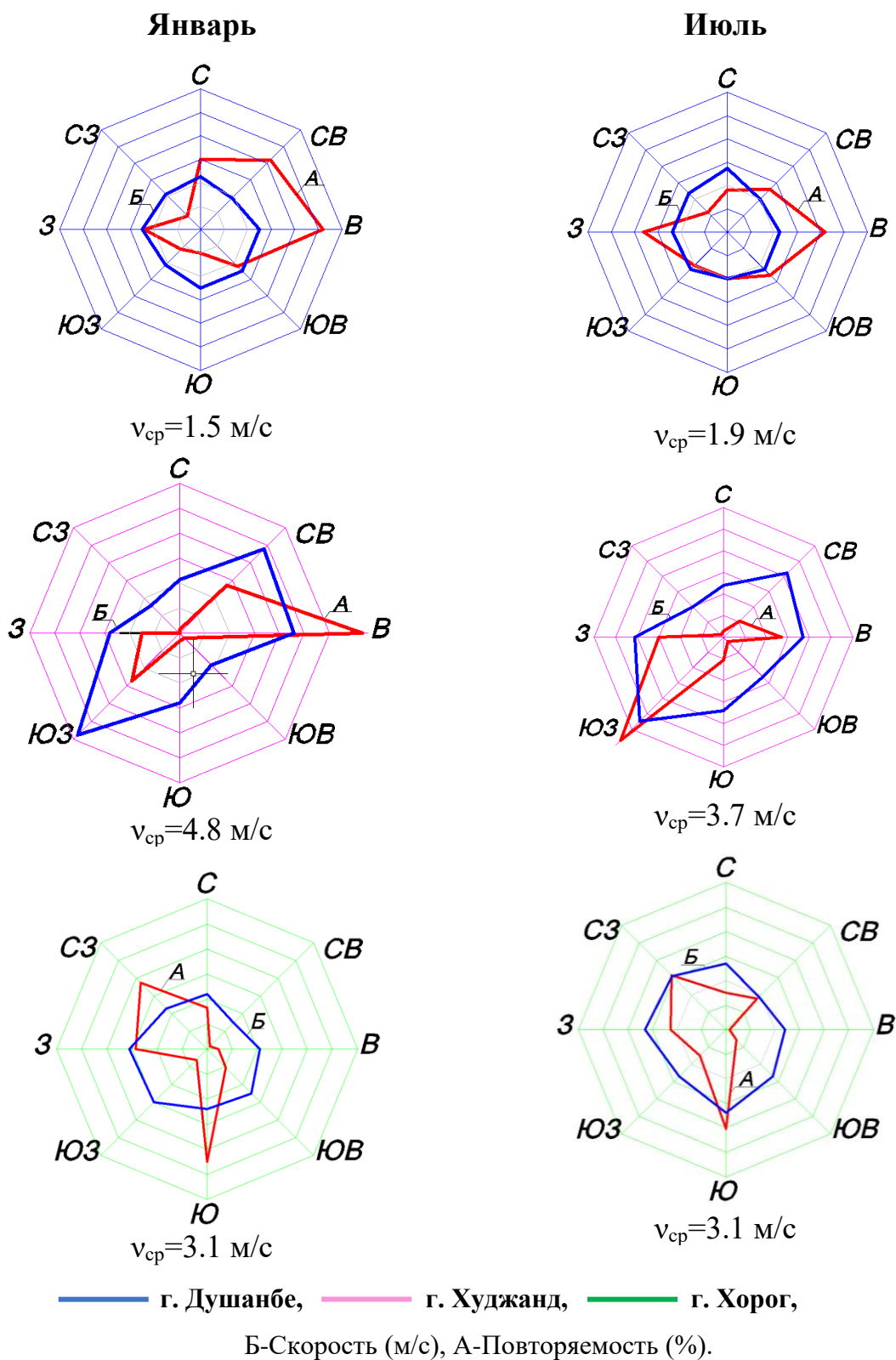
Высокая температура поверхности ограждения днём и очень пониженная в ночное время может привести к резкому колебанию температуры на поверхности ограждения в течении суток.

При проектировании зданий и сооружений в условиях жаркого климата необходимо учитывать ветровой режим местности. От ветра зависит температурно-влажностный режим территории. Направление ветра определяется стороной горизонта, откуда он дует.

Определение и установление определённых расчетных параметров ветровой нагрузки всегда вызывает известные трудности. Причиной тому является то, что ветер, как внешнее климатическое воздействие, постоянно меняет свое русло и интенсивность. Кроме того, скорость ветра по высоте не бывает постоянной. Причиной этого является характер местности и её рельеф.

Значение расчетной скорости ветра принимается в зависимости от того, какую роль играет ветер в рассматриваемом физическом процессе или формировании микроклимата помещения. В зимний период ветер играет отрицательную роль, т.к. чрезмерная воздухопроницаемость ограждения увеличивает теплопотери помещения. В связи с этим, принимается в качестве расчетной та скорость, которая наиболее неблагоприятно сказывается на температурном режиме помещения [116].

В летнее время роль ветра противоположна, она способствует охлаждению помещений и ограждений от перегрева за счет солнечной радиации. Годовая скорость ветра в горных районах доходит до 5-6 м/с; на открытых равнинах и долинах она бывает 3-4 м/с (Худжанд); в предгорьях доходит до 3 м/с; в замкнутых котловинах (Душанбе) и низинных районах не превышает 1-2 м/с (рисунок 1.5) [17].



**Рисунок 1.5. - Ветровой режим для городов Душанбе, Худжанд, Хорог**

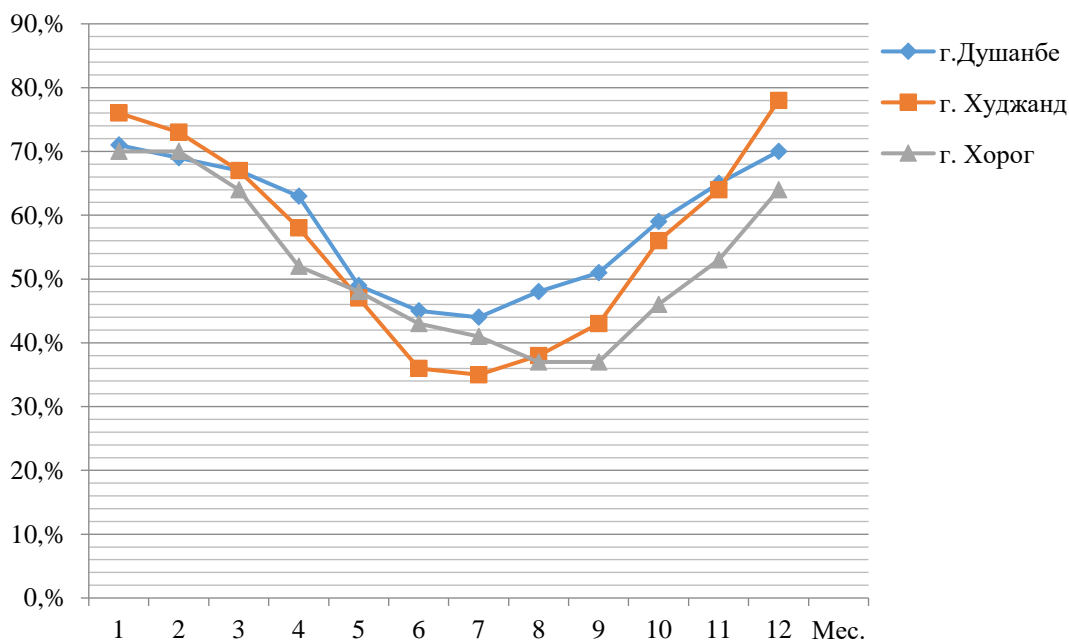
Содержание водяного пара в воздухе приводит к повышению температуры, а с изменением температуры воздух колеблется содержанием в нём влаги (таблица 1.3, рисунок 1.6). В наиболее низких слоях воздуха большое количество водяных паров образует своего рода «одеяло» земной поверхности,

задерживающее тепло, которую в ночное время излучает поверхность земли в пространстве. Повышенное содержание влаги в воздухе нарушает теплорегуляцию человека с окружающей средой, затрудняя испарение влаги с кожного покрова, приводит к перегреву организма.

Увеличение влажности в помещении снижает комфортность при высоких температурах. Оптимальные параметры влажности определяются санитарно-гигиеническими нормами. При повышенной влажности изменяются эксплуатационные свойства конструкций зданий, увеличивается их теплопроводность и ухудшаются теплозащитные качества, снижается их долговечность [65].

**Таблица 1.3.** - Средняя месячная относительная влажность воздуха для городов Душанбе, Худжанд, Хорог.

Расчетные данные, %												
Город	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Душанбе	71	69	67	63	69	45	44	48	51	59	65	70
Худжанд	76	73	67	58	47	36	35	38	43	56	64	78
Хорог	70	70	64	52	48	43	41	37	37	46	53	64



**Рисунок 1.6.** - Средняя месячная относительная влажность воздуха для городов Душанбе, Худжанд, Хорог

На территории РТ строительско-климатическое районирование составляется с учетом распределения среднемесячной температуры воздуха: в

зимний период (в январе), в летний период (в июле), средняя скорость ветра на зимние месяцы и средняя относительная влажность воздуха в июле. Учитывая указанные факты, вся территория разделяется на четыре района и шесть подрайонов, таких как IB, IB, IB, IB, IVA, IVГ [17].

От решения проблем, связанных с энергосбережением при проектировании и строительством и эксплуатацией зданий, зависит повышение энергоэффективности в строительном комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве. Проектируя здания с энергоэффективными ограждающими конструкциями, очень важно изучать природно-климатические особенности местности и проектно-строительное районирование территории РТ, с учётом требований пунктов ГНиП РТ 23-01-2018 «Строительная климатология» [17].

### **1.3. Зарубежный и отечественный опыт проектирования гражданских зданий с энергоэффективными ограждающими конструкциями**

Достаточно широкий спектр наружных ОК, у которых повышенная тепловая эффективность, зачастую применяется в зарубежной практике проектирования и строительства. Увеличивая термическую однородность конструкций, в массиве ограждения рационально размещая теплоаккумулирующие и теплоизоляционные слои, оптимизируя толщину последних, устанавливают необходимый уровень тепловой защиты глухих участков наружных ограждений.

В начале 80-х годов прошлого столетия был разработан метод комплексной оценки тепловой эффективности наружных стен [1, 2, 15]. В указанном методе приводится анализ тепловой эффективности слоистых, однослойных стеновых конструкций, что позволяет установить взаимосвязь между сопротивлением теплопередачи конструкции и суммарным расходом тепла. Названный метод доказал нецелесообразность увеличения толщины наружного ограждения, так как при этом хотя и суммарный расход тепла за счёт увеличения сопротивления теплопередачи ограждения, немного увеличивается,

одного расход тепла на изготовление материалов производства конструкции возрастает.

Научные разработки Иванцова А.И. [40] представляют методы расчёта эксплуатационного тепловлажностного состояния материалов наружного утепления и облицовочных слоев, которые базируются на взаимодействие климатических факторов и свойств ОК.

С 80 годов XX века за рубежом [114, 115] и 2008 года в нашей стране стала широко распространяться наружная теплоизоляция стен по способу каркасного и бескаркасного крепления теплоизоляционного материала с декоративно-защитной штукатуркой.

Костин В. И. [54] в своих научно-практических работах предлагает пути решения задачи оптимизации теплозащитных свойств ОК промышленных зданий и указывает на способы сокращения тепловых потерь зданий, которые возводятся в условиях сурового климата. Также учёным предложены результаты анализа зависимости режима влажности помещения и возможность конденсации влаги при температуре наружного воздуха  $0^{\circ}\text{C}$  и  $-39^{\circ}\text{C}$ . Костиным В.И. установлено, что в помещениях, где влажность повышена, возникает необходимость производства проверочных расчётов при температуре наружного воздуха  $0^{\circ}\text{C}$ .

Учёные Езерский В.А. и Монастырёв П.В. пришли к такому заключению, что используя дорогие и долговечные материалы в целях повышения теплозащиты здания, можно сэкономить средства в два раза больше при капиталовложении. В своих публикациях они рассматривали вопросы влияния параметров объёмно-планировочного решения на потребности в тепловой энергии на примере односекционного многоэтажного дома [31, 32].

В исследованиях учёного Корниенко С.В. [50] рассматривается совместный нестационарный перенос тепла и влаги в ОК зданий. В работах Жукова А.В. [33, 34] можно наблюдать исследование переноса тепла и влаги в деревянной брусчатой стене при изменяющихся значениях температуры и относительной влажности наружного воздуха.

Учёный-исследователь Шойхет Б.М. в своих работах анализирует влияние конструктивных факторов тепловых мостиков воздухопроницаемости теплоизоляционных материалов и качество монтажа энергоэффективность навесных фасадов с вентилируемый зазором и защитно-декоративной облицовкой из листовых или плитных материалов [112].

Другим учёным-исследователем Корниловым Т.А [52] установлены недостатки вентилируемых фасадных систем на основе натурных изучений вентилируемых фасадов зданий в условиях сурового климата.

Учёным выявлены наиболее характерные участки тепла через стеновые ограждения, также определены фактические технические характеристики теплоизоляционных материалов фасадных систем, которые вентилируются.

Статьи Самарина О.Д. [80, 81] предлагают описание особенностей охлаждения внутренней поверхности стены и наружного угла при отключении теплоснабжения.

Способы повышения теплозащитных свойств, монолитно возводимых керамзитобетонных наружных стен здания предложены в работах Хуторного А.Н. [107]. Ученый предполагает, что путём устройства в них вертикальных теплоизоляционных вставок можно добиться этого. Это позволит уменьшить массу стены на 20% и повысить термическое сопротивление от 30 до 50%.

Хуторным А.Н. [108] на основании теоретических и экспериментальных исследований теплозащитных вставок разработана численная технология, позволяющая прогнозировать тепловое состояние наружных керамзитобетонных и брусчатых стен, у которых теплоизоляционные вставки предусмотрены для холодных климатических условий. Публикации Хона С.В. [105] также посвящены улучшению теплозащиты. По мнению учёного, для того чтобы улучшить теплозащиту брусчатых наружных стен, нужно изготавливать их из неоднородных брусьев с горизонтальными теплоизоляционными вставками.

Хуторным А.Н. [109] разработаны методы нестационарного пространственного теплопереноса в неоднородном угловом фрагменте деревянобрусчатой стены. Учёный также установил, как распределить



температуру полей. Далее приведены результаты вычисления дисконтированного срока окупаемости для дополнительной теплоизоляции в несветопрозрачных наружных ограждениях [79].

Богоявленский А.И. [8] в своих публикациях затрагивает вопросы, касающиеся измерения тепловых сопротивлений ОК при стационарном и нестационарном режимах.

Перехоженцев А.Г. в своих научных работах рассматривает вопросы накопления влаги в многослойных конструкциях наружного ограждения здания [69]. Учёный также указывает на вопросы, касающиеся проектирования выше указанных конструкций в целях обеспечения теплозащитных качеств и нормального режима влажности в зимний период.

В научных разработках Береговой А.М. [6] приводятся результаты испытаний энергоактивной конструкции, которая располагается в нишах наружных ограждений или на частях светопрозрачных ограждений во время проектирования или реконструкции здания.

В научных изысканиях Машенкова А.Н. [63] представлены локальные характеристики наружного конвективного теплообмена у стены здания.

В научных изысканиях Богословского В.Н. [9] выявлены возможности сокращения теплопоступления через покрытие, имеющее вентилируемую воздушную прослойку при теплопередачи нестационарного режима. Установлено, что такое теплопоступление составляет 30-40% теплопоступления через покрытие без прослойки.

В работах [3, 15, 47, 48] затрагиваются вопросы теплопереноса через стены подвальных помещений. Исследования [42, 43, 41] касаются тепловых режимов неоднородных ОК. Ивановым В.В. [41] предлагаются результаты исследования, касающегося стационарного теплопереноса в зимний период, также изучены тепловые режимы наружной стены, получены заключения по значению температур и плотности потока тепла в характерных точках.

В разработках Кононовой М.С. [49] рассмотрены вопросы влияния утепления различных наружных ограждений с учётом годовой экономии энергетических ресурсов, что необходимы для отопления здания.

Работа Бородина А.И. [11] посвящена процессу теплопередачи через наружный угол. Учёным указывается, что появление точки росы зависит не от температуры внутри помещения, а от влажности среды. Одновременно автором предлагается инженерная формула, чтобы вычислить требуемое сопротивление теплопередачи, гарантирующее отсутствие конденсата на внутренней поверхности ограждения.

Куприяновым В.Н. [56] исследованы закономерности конденсации парообразной влаги во время суточных изменений температуры наружного воздуха. Автор приходит к заключению, что действительную упругость водяного пара по сечению ограждения в зимний период нужно считать неизменной, а сам процесс конденсации можно определить по изменчивости температуры в тех же сечениях ограждения максимальной упругости водяного пара.

Задачам оценки влияния степени увлажнения материала на его теплоэнергетические характеристики посвящены ряд разработок учёных [96, 97, 7, 9, 121]. В данных работах исследуются и выявляются причины увлажнения материала во время эксплуатации, также указывается их взаимосвязь с долговечностью конструкции.

В своих научных поисках и изысканиях Назиров Р.А. [64] предоставил результаты температур на внутренней поверхности угловых частей, ограждающих конструкции с использованием элементов из металла. Им установлено, что весьма эффективным является использование алюминиевых пластин. Также ученый определил эффективные геометрические размеры, исходя из их влияния на температуру внутренней поверхности углов ОК.

Специалисты Германии подсчитали, что если рационально решить проблему теплоизоляции здания, то можно сократить его мощность инженерного оборудования на 50% и более [119, 122].

При строительстве и эксплуатации зданий одной из важнейших задач является снижение потребления топливно-энергетических ресурсов, связанных с объективной оценкой технической и экономической эффективности зданий и их ОК, которые будут проектироваться.

Многочисленные исследования, проводимые в РТ, направленные на улучшение температурных условий в помещениях, свидетельствуют о том, что данному вопросу уделяется значительное внимание.

Якубов Н.Х. [116] отмечает что, устройство в толще покрытия сплошной вентилируемой прослойки при достаточной величине воздухообменов в ней позволяет значительно уменьшить, нагрев конструкции в дневные часы, чему в немалой степени способствует ветровой режим в рассматриваемого района.

Нигматовым И.И. [65] рассмотрены комплексные меры защиты зданий от перегрева в условиях жаркого климата. Автор отмечает, что экранирование однослойной аглопоритобетонной стеновой панели толщиной в 200 мм и плотностью в 810 кг/м<sup>3</sup> при наличии вентилируемой воздушной прослойки толщиной 120 мм (с отражательной изоляцией на теплой поверхности прослойки) позволяет в 2,6 раза уменьшить как максимальные, так и среднесуточные значения тепловых потоков, направленных через ограждения в помещение. Увеличение эффективности вентилируемых прослоек происходит при объединении вертикальных и горизонтальных прослоек.

Усманов Ш.З. [93] посвятил свою работу обоснованию и разработке положений об объёмно – планировочных решениях, повышении теплозащиты в жилых реконструируемых зданиях в целях повышения энергетических показателей и обеспечении во внутренней среде помещения комфортных условий в условиях климата северного Таджикистана.

Исследования Хасанова Н.Н., Шокирова Р.М. [113, 101] посвящены вопросу учета природно-климатических факторов при проектировании учебно-воспитательных учреждений. Приведена общая климатологическая характеристика республики, а также разработана конструкция трёхслойной энергоэффективной железобетонной стеновой панели.

В настоящее время нашими учёными-конструкторами ведётся целенаправленная работа для создания собственной нормативной базы в сфере проектирования различных объектов по своему функциональному назначению.

В том числе учёные кафедры «Архитектура зданий и сооружений» по заданию ГУП «НИИСиА» Комитета архитектуры и строительства при правительстве РТ за последние годы разработали и применяли в практике проектирования ряд официальных нормативных изданий такие как «Строительная климатология», «Нагрузки и воздействия», «Градостроительство. Планировка и застройка населенных мест», «Жилые дома многоэтажные, многоквартирные», «Общественные здания и сооружения», «Общеобразовательные учреждения» и т.д. [17, 18, 19, 20, 87, 21]. Также усовершенствована разработка СНиП РТ 23-02-2021 «Тепловая защита зданий» [85].

Согласно нормам, существует три показателя теплозащиты зданий [85]:

-приведённого сопротивления теплопередаче отдельных элементов ограждения здания.

-санитарно-гигиенический показатель, куда входит перепад температуры внутреннего воздуха и внутренней поверхности ОК.

-удельный расход тепловой энергии на отопление здания, позволяющий варьировать величинами теплозащитных свойств различных видов ограждающих решений здания и выбора систем поддержания микроклимата для достижения нормируемого значения этого показателя.

Требования теплозащиты здания считаются выполненным, если в жилых и общественных зданиях будут соблюдены требования показателей «а» и «б» либо «б» и «в» [85].

Энергетический паспорт здания включает в себя общую информацию о здании, расчетные показатели, включающие [85]:

-расчетную температуру наружного и внутреннего воздуха, продолжительность отопительного сезона, среднюю температуру наружного воздуха за отопительный сезон, градусо-сутки отопительного сезона;

- функциональное назначение здания и его конструктивное решение;
- геометрические и теплоэнергетические показатели;
- указания по повышению энергоэффективности здания.

В нашей Республике постоянно уделяется особое внимание проблеме энергосбережения во время строительства и эксплуатации ГЗ, также учитывается применение новейшего отечественного материала.

#### **1.4. Повышение энергоэффективности гражданских зданий с применением местных строительных материалов**

Сегодня одним из основных проблем строительного комплекса Таджикистана, как и во всём в мире, является проблема экономии и эффективного использования энергии. В связи с этим, Правительством РТ принят закон “Об энергосбережении и энергоэффективности” [35].

Одной из существенных причин перерасхода топлива является недостаточный уровень теплозащиты возводимых зданий. Наблюдается нерациональное использование возможных резервов теплозащиты, а также большие потери топлива и энергии.

Ведущая роль в этом принадлежит ограждающим конструкциям зданий, которые должны отвечать требованиям экономичности с позиции рационального использования энергетических ресурсов и высокоэффективных строительных материалов.

В свете решения данной проблемы, в ряду предприятий строительной индустрии Таджикистана уже на протяжении нескольких лет изготавливаются строительные материалы и изделия, отвечающие существующим требованиям.

К примеру, на предприятии “Хишти сабук” налажено производство двух видов легкобетонных стеновых блоков (таблица 1.4). Эти блоки отличаются друг от друга по составу использованных материалов, размеру, прочности и теплозащитным характеристикам.

Следует отметить, что производство данных стеновых блоков соответствует действующим государственным и международным стандартам.

На основе результатов проведенных испытаний лабораторией ОАО НИПИИ «САНИИОСП» был получен сертификат соответствия по определению прочности стенобетонных камней [39]. Результаты проведенных лабораторных исследований стенобетонных камней приведены на таблицах 1.4 и 1.5.

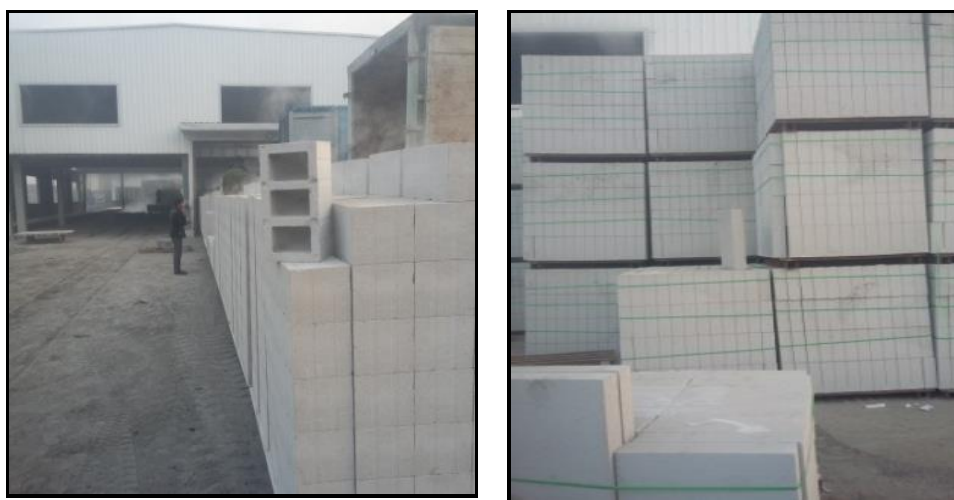
**Таблица 1.4.** - Параметры стенобетонных камней

Наименование образцов	Образцов	Размеры образцов (м)	Объем (м <sup>3</sup> )	Средняя плотность кг/м <sup>3</sup>
Газоблок	1	0,60x0,20x0,30	0,0360	646,66
Стенобетонные камни	2	0,39x0,19x0,19	0,0141	2025

**Таблица 1.5.** - Результаты эксперимента стенобетонных камней на нагрузки

Наименование образцов	Образцов	Разрушающая нагрузка (кгс)	Предельная прочность (кгс/см <sup>2</sup> )		Предельная прочность (кгс/см <sup>2</sup> )	Прочность соответствует ГОСТу
			Детальная	Средняя		
Газоблок	1	31333	35,60	35,98	M35 (B2)	ГОСТ 21520-89
	2	31999	36,36			
Стенобетонные камни	1	34999	47,23	47,23	M50 (B3,5)	ГОСТ 21520-89

Согласно лабораторному заключению ОАО НИПИИ «САНИИОСП» предел прочности образцов стеновых газоблоков равен 35,98 кгс/см<sup>2</sup>(M35 B2), что полностью отвечает требованиям ГОСТу 21520-89 [23]. Прочность образцов стенобетонных камней равна 45,65кгс/см<sup>2</sup> (M50 B3,5), что также отвечает требованиям соответствующего ГОСТа 21520-89.



**Рисунок 1.7.** - Предприятие по производству легких стеновых блоков

**Таблица 1.6.** - Физическая характеристика материалов стеновых слоев

№	Наименование слоев	Плотность материала $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Расчетный коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·°С)	Расчетный коэффициент теплоусвоения $S$ Вт/м <sup>2</sup> ·°С	Толщина слоя $\delta$ , м
1	Известково-песчаный слой	1600	0,7	9,76	0,01
2	Газоблок (ГОСТ 25485-89)	646	0,13	3,91	$\delta_2$
3	Цементно-песчаный слой	1800	0,76	11,09	0,01

Нормативное сопротивление теплопередаче ОК  $R_{req}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт, для наружных стен, для условий города Душанбе принимаем по таблице 1.8  $R_{req}$ , = 1,6 м<sup>2</sup>·°С/Вт.

Определим приведенное сопротивление теплопередаче:

$$R_0 = R_{int} + \sum R_i + R_{ext} \text{ (м}^2 \cdot \text{°С/Вт)} \quad (1.1)$$

где:  $\sum R_i$  – сумма термических сопротивлений отдельных слоев, ограждающих конструкции, м<sup>2</sup>·°С/Вт;

$$\sum R_i = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (1.2)$$

где:  $R_1, R_2, R_3 \dots R_n$  – термические сопротивления отдельных слоев, ограждающих конструкций, м<sup>2</sup>·°С/Вт;

$R_{int}$  – сопротивление теплопередаче внутренней поверхности ограждающих конструкций равно  $\frac{1}{\alpha_{int}}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт.

$R_{ext}$  – сопротивление теплопередаче наружной поверхности ОК равно  $\frac{1}{\alpha_{ext}}$ , м<sup>2</sup>·°С/Вт.

$\alpha_{int}$  – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ОК Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимается согласно приложению 9 СНиПа РТ 23-02-2021 “Тепловая защита зданий” [85]; для стен  $\alpha_{int} = 8.7$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

$\alpha_{ext}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ОК (для зимних условий) Вт/(м<sup>2</sup>·°С), принимается согласно приложению 10 СНиП РТ 23-02-2021 [85]; для стен  $\alpha_{ext} = 23$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Определяем приведённое сопротивление теплопередаче.

$$R_0 = \frac{1}{8.7} + \frac{0.01}{0.7} + \frac{\delta_2}{0.13} + \frac{0.01}{0.76} + \frac{1}{23}$$

Принимаем  $R_0 = R_{reg}$ , и находим необходимую толщину основного слоя

$$\delta_2 = [1.6 - (0.115 + 0.014 + 0.013 + 0.043)] \cdot 0.13 = 0.184\text{м}$$

Принимаем толщину слоя равной  $\delta_2 = 0.2\text{м}$

Определяем правильность приведенного сопротивления теплопередаче по следующим условиям.

Если  $R_0 \geq R_{reg}$  условие выполнено.

$$R_0 = 0,185 + 1,54 = 1.73 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

$R_0 = 1.73 > R_{reg} = 1.6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$  условие выполнено.

Таким образом, для возведения наружных стен зданий в климатических условиях города Душанбе можно использовать газоблоки толщиной  $\delta_2 = 0.2\text{м}$ . (рисунок 1.8).

Расчет ОК на зимние условия соответствует. Ограждающая конструкция удовлетворяет нормативные требования тепловой защиты здания.

Определяем распределение температуры в толще ОК.

$$\tau_{int} = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} \cdot R_{int} \quad (1.3)$$

$$\tau_{int} = 20 - \frac{20 + 9.5}{1.73} \cdot 0.115 = 18.04^\circ\text{C}$$

$$\tau_1 = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} \cdot (R_{int} + R_1) = 17.8^\circ\text{C}$$

$$\tau_2 = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} \cdot (R_{int} + R_1 + R_2 + R_3) = -8.42^\circ\text{C}$$

$$\tau_{ext} = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0} \cdot (R_{int} + R_1 + R_2 + R_3 + R_{ext}) = -9.33^\circ\text{C}$$

Определяем влажностное состояние ОК

**Таблица 1.7.** - Значения максимального парциального давления водяного пара, мм рт. ст. для различных температур [12] (при атмосферном давлении 755 мм)

Для температур от 0 до -40°C (над льдом)		Для температур от 0 до +50°C (над водой)	
$\tau^\circ\text{C}$	Е мм рт.ст.	$\tau^\circ\text{C}$	Е мм рт. ст.
-8	2,32	18	15,48
-8,42	2,24	17,8	15,3
-9,33	2,07	18,04	15,52
-9.5	2,04	19	16.48



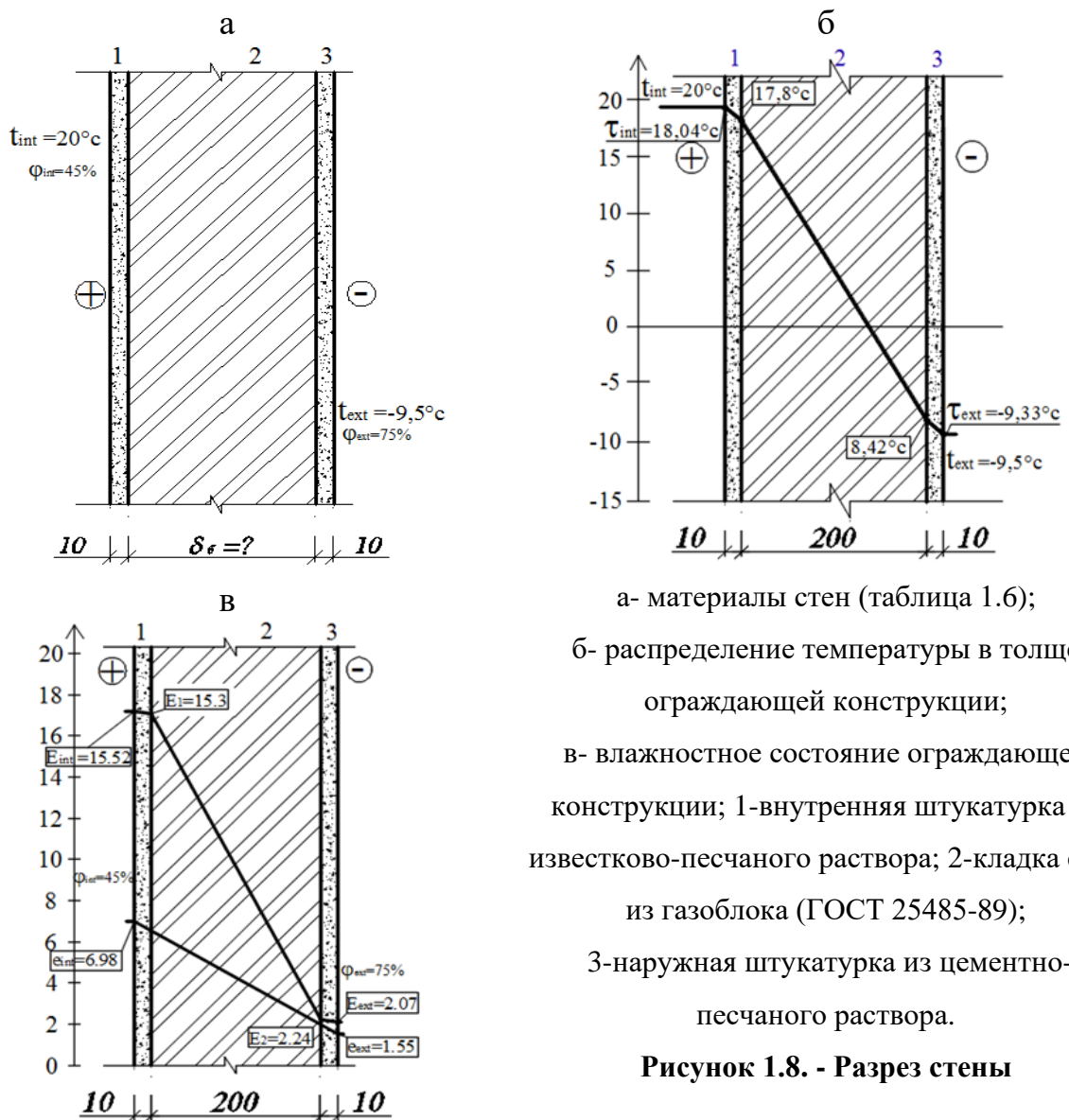
Определяем сопротивление влагообмену на внутренней и наружной поверхностях ОК;

$$R_{en} = \kappa \left(1 - \frac{\varphi_{int}}{100}\right) \quad (1.4)$$

$$R_{en} = \kappa \left(1 - \frac{\varphi_{int}}{100}\right) = 1 \left(1 - \frac{45}{100}\right) = 0.55 \text{ мм рт. ст.} \cdot \text{ч} \cdot \text{м}^2/\text{г};$$

$$R_{nn} = \kappa \left(1 - \frac{\varphi_{ext}}{100}\right) = 1 \left(1 - \frac{75}{100}\right) = 0.25 \text{ мм рт. ст.} \cdot \text{ч} \cdot \text{м}^2/\text{г}.$$

$\kappa = 1$  при размерности мм рт. ст. · ч · м<sup>2</sup>/г.



Для определения влажностного состояния ОК нужно определить парциальное давление водяного пара на внутренней  $e_{int}$  и наружной  $e_{ext}$  поверхностях ОК, мм;

$$e_{int} = \frac{\varphi_{int} \cdot E_{int}}{100\%} \quad (1.5)$$

$$e_{int} = \frac{\varphi_{int} \cdot E_{int}}{100\%} = \frac{45 \cdot 15.52}{100} = 6,98 \text{ мм рт. ст.}$$

$$e_{ext} = \frac{\varphi_{ext} \cdot E_{ext}}{100\%} \quad (1.6)$$

$$e_{ext} = \frac{\varphi_{ext} \cdot E_{ext}}{100\%} = \frac{75 \cdot 2,07}{100} = 1,55 \text{ мм рт. ст.}$$

**Таблица 1.8.** - Нормативные климатические и теплотехнические показатели сопротивления теплопередаче наружных ограждений гражданских зданий для некоторых городов РТ [85, 17]

Населенные пункты	Расчетные температуры °С			$Z_{ht}$ , сут	$D_d$ , °С сут	Нормируемое значение сопротивления теплопередаче $R_{reg}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт, в зависимости от градусо-суток отопительного периода ( $D_d$ )				Условия эксплуатации ограждающих конструкций	Географическая широта, град. с.ш.
	$t_{int}$	$t_{ext}$	$t_{ht}$			Стен	Покрытий и чердачных перекрытий	Перекрытий чердачных над неотапливаемыми подвалами и подпольями	Окон и балкон, дверей	Зонирование по влажности	
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>14</b>
Гиссар	20	-10,8	3,79	111	1798,2	1,63	2,2	2,21	0,42	Сухой	38° 35'
Дангара	20	-13,3	4,3	111	1742,7	1,61	2,18	2,18	0,41	Сухой	37° 52'
Дарвоз	20	-8,3	2,36	142	2504,9	1,87	2,55	2,53	0,50	Нормальный	38° 50'
Душанбе	20	-9,5	4,6	110	1694	1,6	2,15	2,16	0,40	Сухой	38° 35'
Истаравшан	20	-16,6	1,72	151	2760,3	1,97	2,685	2,64	0,19	Сухой	40° 16'
Куляб	20	-9,7	4,6	97	1493,8	1,52	2,055	2,07	0,38	Сухой	37° 52'
Бохтар	20	-11,5	4,4	100	1560	1,55	2,08	2,10	0,38	Сухой	37° 52'
Мургаб	20	-34,2	-5,2	276	6955,2	3,40	4,78	4,53	0,25	Нормальный	38° 50'
Пенджикент	20	-14,5	2,97	140	2384,2	1,84	2,50	2,47	0,48	Сухой	40° 16'

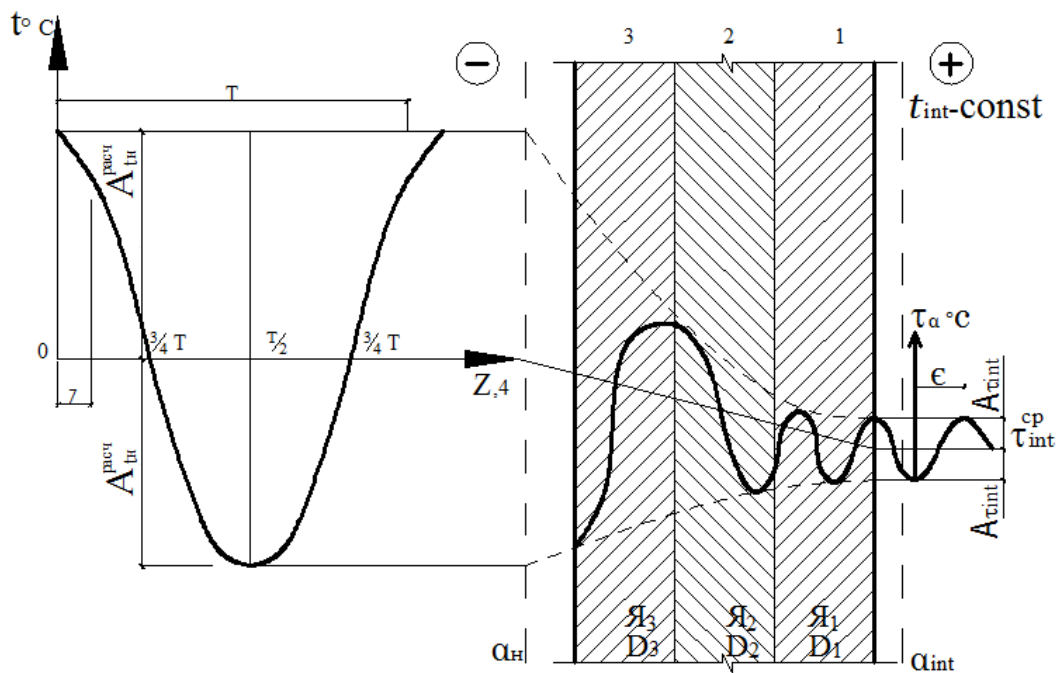
### 1.5. Методы расчета теплоустойчивости ограждающих конструкций гражданских зданий

В летних условиях режим теплопередачи через наружные ограждения принимается нестационарным, так как температура наружного воздуха, солнечная радиация, сила и направление ветра постоянно меняются.

В зимних условиях эти изменения не так значительны, и расчет ограждающих конструкций для этого периода года ведется из условия, что внешние и внутренние температурные показатели являются неизменными.

На основе решения дифференциального уравнения нестационарного потока тепла в плоскопараллельной стенке в ситуациях гармонических колебаний при помощи гиперболических функций комплексного переменного с использованием понятий о коэффициенте теплоусвоения и условном слое, А.М. Шкловером разработан инженерный метод расчета ограждающих конструкций на теплоустойчивость. В предложенном методе принято условие, что температура наружного воздуха изменяется, а температура внутреннего воздуха остаётся постоянной [111].

Колебания температуры наружного воздуха вызывают изменение тепловых потоков и температуры на поверхности и в толще ограждения. Эти изменения тоже являются правильными гармоническими колебаниями с периодом  $T$ .



**Рисунок 1.9. - Колебания температуры наружного воздуха ( $t_{ext}$ ) при постоянстве температуры внутреннего воздуха ( $t_{int}$ )**

Амплитуда колебания температуры в толще ограждения уменьшается по мере удаления от наружной поверхности (рисунок 1.9).

На некотором расстоянии, в произвольном сечении  $X$  ограждения величина амплитуды  $A_{tx}$  изменения температуры  $t_x$  будет в  $v_x$  раз меньше  $A_{br}$ .

$$\nu_x = \frac{A_{th}}{A_{tx}} \quad (1.7)$$

Оценка воздействия солнечной радиации на ограждение в летний период сводится к определению амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности  $A_{int}^{des}$ . Для определения этой величины необходимо знать значение показателя затухания температурных колебаний в ограждении ( $\nu$ ) [85].

$$A_{\tau int}^{des} = \frac{A_{text}^{расч}}{\nu} \quad (1.8)$$

где  $A_{text}^{расч}$  – расчетная суммарная амплитуда колебания температуры наружного воздуха, °С, определяется по формуле (1.9);

$\nu$  – число, показывающее отношение расчетной амплитуды колебания температуры наружного воздуха (с учетом солнечной радиации) к амплитуде колебания температуры внутренней поверхности ограждения.

$$A_{text}^{расч} = 0,5A_{text}^{des} + \frac{\rho(I_{max} - I_{cp})}{\alpha_{ext}} \quad (1.9)$$

где  $A_{ext}^{des}$  – максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наружного воздуха в июле, °С, принимаемая согласно ГНиП РТ 23-01-2018 [17];

$\rho$  – коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции, принимаемый по приложению 19 СНиП РТ 23-02-2021[85];

$I_{max}, I_{cp}$  – соответственно максимальное и среднее значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной) для горизонтальных и вертикальных поверхностей ориентации.

Для практических расчетов А.М. Шкловером предложена следующая формула определения величины затухания температурных колебаний наружного воздуха в толще ограждения [111];

$$\nu = 0,9e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} * \frac{(S_1 + \alpha_{int})(S_2 + \gamma_1) * \dots * (S_n + \gamma_{n-1})(\gamma_1 + \alpha_{ext})}{(S_1 + \gamma_1)(S_2 + \gamma_2) * \dots * (S_n + \gamma_n)\alpha_{ext}} \quad (1.10)$$

где  $e = 2,718$  – основание натуральных логарифмов;

$D$  – характеристика тепловой инерции ограждения;

$S_1 \dots S_n$  – Расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/ (м<sup>2</sup>\*°C);

$\gamma_1 \dots \gamma_n$  – коэффициенты теплоусвоения наружных поверхностей отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/ (м<sup>2</sup>\*°C);

$\alpha_{int}$  – коэффициент тепловосприятия у внутренней поверхности Вт/ (м<sup>2</sup>\*°C), принимаемый по приложению 9 СНиП 23-02-2021 [85];

$\alpha_{ext}$  – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждения по летним условиям Вт/ (м<sup>2</sup>\*°C), определяется по формуле.

$$\alpha_{ext} = 1,16(5 + 10\sqrt{\vartheta}) \quad (1.11)$$

где,  $\vartheta$  – минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16 % и более, принимаемая согласно ГНиП РТ 23-01-2018 [17].

Коэффициенты теплоусвоения наружных поверхностей отдельных слоев ограждения  $\gamma_1 \dots \gamma_n$  зависят от тепловой инерции  $D_1 \dots D_n$  слоя и определяются следующим образом:

а) если слой  $D_i \geq 1$ , то  $\gamma_i = S_i$ , (коэффициент теплоусвоения материала равняется коэффициенту теплоусвоения наружной поверхности данного слоя ;

б) если слой  $D_i < 1$ , то величину  $\gamma_i$ , вычисляют по формуле

$$\gamma_i = \frac{R_i S_i^2 + \gamma_{i-1}}{1 + R_i \gamma_{i-1}} \quad (1.11)$$

где  $R_i$  – термическое сопротивления слоя, (м<sup>2</sup>\*°C) /Вт;

$S_i$  – коэффициент теплоусвоения материала слоя, Вт/ (м<sup>2</sup>\*°C);

$\gamma_{i-1}$  – коэффициент теплоусвоения наружной поверхности предыдущего слоя, Вт/ (м<sup>2</sup>\*°C).

в) если в первом слое ограждения  $D_1 < 1$ , то величину  $\gamma_1$ , можно определить по формуле:

$$\gamma_1 = \frac{R_1 S_1^2 + \alpha_{int}}{1 + R_1 \alpha_{int}} \quad (1.12)$$

где  $R_1$  – термическое сопротивление первого (внутреннего) слоя,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт}$ ;  
 $S_1$  – коэффициент теплоусвоения материала первого слоя,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;  
 $\alpha_{int}$  – коэффициент тепловосприятости,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ .

Предложенная для практических расчетов теплоустойчивости ограждений формула (1.10) очень громоздка и сложна для практического пользования. В связи с этим закономерны дальнейшие попытки упрощения этого метода расчета теплопередачи гармонических колебаний температуры через многослойную стенку.

В.Н. Богословским [9], на основе упрощений формуле (1.10) получена формула приближенного определения  $\nu$  для многослойного ограждения.

$$\nu = 2^D (0.95 + 3.5 \frac{R}{D}) \beta_{сл} \beta_{вп} \quad (1.13)$$

где:  $\beta_{сл}$  – поправочный коэффициент, учитывающий изменение теплофизических констант на границах между двумя основными слоями ограждения;

$\beta_{вп}$  – коэффициент, учитывающий влияние воздушной прослойки.

$$\beta_{сл} = 0,85 + 0,15 \frac{S_2}{S_1} \quad (1.14)$$

где  $S_1, S_2$  – коэффициенты теплоусвоения двух основных слоев по ходу тепловой волны,  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;

$$\beta_{вп} = 0,1 + 0,5 R_{вп} \frac{D}{R} \quad (1.15)$$

где  $R_{вп}$  – сопротивление теплопередачи воздушной прослойки;  
 $D$  – характеристика тепловой инерции ограждения;  
 $R$  – термическое сопротивление ограждения.

По аналогии с формулами В.Н. Богословского Мазановым Ю.А. предложена формула для определения декремента затухания ( $\nu$ ) [60].

$$\nu = e^{0.71D} (0.6 + 2.5 \frac{R}{D}) \varphi \quad (1.16)$$

где  $\varphi = 1 + \frac{S}{\alpha_n}$  – для панелей с металлическими обшивками;

$$\varphi = (1 + \frac{S_k}{\alpha_n})(0,85 + 0,15 \frac{S_y}{S_n}) \text{ – для остальных конструкций;}$$

$S_k$  – коэффициент теплоусвоения конструктивного слоя, Вт/ (м<sup>2</sup>·°С);

$S_y$  – коэффициент теплоусвоения утеплителя, Вт/ (м<sup>2</sup>·°С).

Формула (1.16) получила хорошую апробацию в лабораторных испытаниях и сравнительных расчетах.

Таким образом  $A_{\tau \text{int}}^{\text{des}}$  жилых и общественных зданий, а также производственных зданий, в которых должны соблюдаться оптимальные нормы температуры и влажности в рабочей зоне или по условиям технологии должна поддерживаться постоянная температура и относительная влажность воздуха, не должно быть более требуемой амплитуды  $A_{\tau}^{\text{req}}$

$$A_{\tau}^{\text{req}} \geq A_{\tau \text{int}}^{\text{des}}$$

$$A_{\tau}^{\text{req}} = 2,5 - 0,1(t_{\text{ext}} - 21) \quad (1.17)$$

где  $t_{\text{ext}}$  – среднемесячная температура наружного воздуха за июль, °С, принимаем согласно ГНиП РТ 23-01-2018 «Строительная климатология» [17].

### **Выводы по первой главе**

Анализ и изучение основополагающих нормативно - технических и правовых документов в области энергоэффективности жилых зданий (ЭЖЗ) на территории РТ позволяют сделать следующие выводы:

1. Комплекс мер по обеспечению энергоэффективности и экономической безопасности строительных объектов могут быть результативными, в случаях

своевременной разработки и внедрения нормативно-технических документов по их проектированию [4-А].

2. В условиях жаркого климата оптимальность выбора ограждающих конструкций обуславливается их физическими параметрами, по которым на основе соответствующих расчетов и сравнительной оценки с нормативными данными определяются их теплофизические характеристики [13-А, 14-А].

3. Зарубежный и отечественный опыт обеспечения энергосбережения зданий показывает, что наиболее приоритетным и результативным направлением является дополнительная и более эффективная теплозащита ОК проектируемых и существующих зданий, модернизация систем отопления, источников теплоснабжения [2-А, 3-А, 7-А, 11А].

4. В результате проведенных расчётов выявлено, что легкобетонные блоки обладают наиболее эффективными теплотехническими качествами, и они могут быть рекомендованы для использования в качестве наружных ОК каркасных зданий в строительных условиях РТ [3-А].

5. Сравнительный анализ результатов теоретических расчетов показывает, что для однослойных и для многослойных ОК, теплофизические параметры которых на границах между основными слоями различаются не значительно, дают приблизительно одинаковые результаты, отличающиеся в пределах 10% [3-А, 4-А].

6. Для реализации задач повышения энергоэффективности необходимы натурные исследования состояния теплозащиты ОК существующих ЖЗ путем проведения конкретных форм энергетического аудита [3-А, 9-А].



## **Глава 2. ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ НАРУЖНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ В Г. ДУШАНБЕ**

### **2.1. Состояние теплозащиты ограждающих конструкций существующих жилых зданий в г. Душанбе**

Осуществление хозяйственной деятельности в наше дни немислимо без уделения должного внимания энергосбережению. От решения проблем энергосбережения при проектировании и эксплуатации зданий зависит повышение энергоэффективности жилищно-коммунального сектора.

В РТ ощущается крайний дефицит в углеводородных ресурсах, что связано с проблемами энергосбережения в эксплуатируемом жилищно-коммунальном хозяйстве, так как оно и есть основной потребитель энергии низкого и среднего потенциала. Более 26% добываемого топлива уходит на жилищно-коммунальный комплекс [117].

В этой связи серьезного внимания требуют вопросы повышения энергоэффективности эксплуатируемого жилого фонда, более 60% которого составляют многоквартирные 4-5 этажные кирпичные и крупнопанельные жилые дома, построенные в 60-70гг. прошлого столетия. Теплозащитные качества ОК этих зданий определены в соответствии со СНиПом II-3-79\* [88], регламентирующего необходимый уровень теплозащиты зданий в рамках санитарно-гигиенических требований и устанавливающий недопущение конденсации водяных паров на внутренней поверхности ОК в отопительный период.

Энергосбережение в зданиях не должно решаться без потери комфорта в них.

Интерес к этой проблеме заключается в том, что многие нерешенные задачи такие, как повышение комфорта зданий, снижение затрат на эксплуатацию, уменьшение расходов на топливно-энергетические ресурсы – могут быть решены в результате оптимизации уровня теплозащиты зданий.

Под энергетической эффективностью зданий понимается свойства зданий и их инженерные системы потребления лимитированного уровня тепловой энергии, обеспечивая оптимального внутреннего микроклимата помещений.

Повышение энергоэффективности в ГЗ способствует получению:

1. **Экологических выгод** - сокращение объемов выбросов двуокиси углерода ( $\text{CO}_2$ ) в атмосферу.

2. **Доступности энергии и энергобезопасности** - повышение энергоэффективности в жилом секторе позволит зарезервировать больше энергии для альтернативных видов энергии.

3. **Экономических выгод** - более высокая энергоэффективность позволяет достигнуть экономии за счёт эксплуатационных расходов на отопление и охлаждение.

4. **Социальных воздействий и воздействий на здоровье** - меры по повышению энергоэффективности в жилищном секторе приводит к улучшению условий жизни и состояния здоровья человека.

Недостаточный уровень теплозащиты возводимых зданий – одна из серьёзных причин перерасхода топлива. Как показали проведенные исследования, около 80% от общих теплопотерь по всему жилому дому в зимний период составляют теплопотери через ограждающие конструкции. В практике строительства в бывшем Союзе был узаконен расход энергии для поддержания требуемых параметров воздушной среды, в виде ограничения температуры на внутренней поверхности ограждения и теплоустойчивости ОК [116].

В таблице 2.1 приведены технологические характеристики наружных стен жилых домов, построек 60-90гг в г. Душанбе, которые наглядно демонстрируют, что у наружных стен жилых домов первых массовых серий теплозащитные качества на 2 и более раза ниже нормируемых в соответствии с сегодняшними нормами [117].

Значительные резервы снижения расходов тепла на зимний период года в жилом фонде состоят из:

- дополнительного утепления наружных стен эффективными теплоизоляционными материалами, с предварительным определением экономической целесообразности повышения уровня тепловой защиты стен;
- замены спаренных переплётов окон на стеклопакеты из металлопластиковых профилей;
- повышения качества заделки оконных блоков в проёмах, утепление входных дверей и т.д.

В связи с этим, дополнительная эффективная теплозащита ограждающих конструкций в существующих зданиях является приоритетным и эффективным направлением энергосбережения. Она является составной частью тех энергосберегающих мер, которые направлены на модернизацию систем отопления, источников теплоснабжения, а также на экономически обоснованное сочетание центральных и локальных источников энергосбережения.

Применение однослойных ограждающих конструкций из малоразмерных элементов и лёгкого бетона становится нецелесообразным при переходе к новым требованиям, касающимся теплозащиты зданий, так как их толщина существенно увеличивается и как следствие, изменяется масса, материалоемкость, энергоёмкость и стоимость.

В больших городах, где плотность населения низко не выгодно централизованное отопление из-за больших расходов на его транспортировку и эксплуатацию. Например, в городе Душанбе ТЭЦ, две большие и несколько малых котельных обеспечивают потребность составляющую 2,4 млн Гкал тепловой энергии на отопительный период. Большие котельные рассчитаны на употребление жидкого или твёрдого топлива, природного газа, у которых коэффициент полезного действия в пределах 0,35-0,5 [117].

Приведённый анализ энергоаудита ГЗ г. Душанбе и энергопотребления в ниже указанных домах показывает их весьма низкую энергоэффективность. Удельный расход тепловой энергии для отопления указанных домов в зимний период в 2-2,5 выше нормативного значения, которое установлено действующими нормативными актами по тепловой защите зданий.

В таблице 2.1, 2.2 приведены теплотехнические характеристики и состояние теплозащиты ограждающих конструкций аудируемых зданий, свидетельствующие о необходимости их дополнительного утепления в соответствии с новыми нормами по теплозащите.

Жилые помещения первых этажей находятся в неблагоприятном состоянии. Здесь, наличие плохо изолированных неотапливаемых подвалов, необустроенность тамбуров и входных дверей оказывают значительное воздействие на микроклимат квартир.

В двухэтажных зданиях, наименьший в зданиях повышенной этажности, отмечается наибольший удельный расход тепловой энергии. Необходимо сказать, что 14-этажный жилой дом, который расположен на улице Сомони, сданный в эксплуатацию в 2012г является наиболее энергоэффективным. Он был спроектирован и построен с соблюдением всех норм тепловой защиты зданий [117].

**Таблица 2.1. - Теплотехнические характеристики наружных стен ЖЗ г. Душанбе [117]**

№ п/п	Характеристика домов серия	Годы Постройки	Материал стен	Толщина (мм.)	Приведенное сопротивление теплопередаче, $R_0$ м <sup>2</sup> °C/Вт			Необходимость дополнительного утепления
					Фактически	СНиП II-3-79	СНиП РТ 23-02-2021	
1.	2-3 этажные жилые дома	30-40гг	кирпич	510	0,92	0,64	1,6	да
2.	4 этажные серия ГЖ 1-401	60-70гг	кирпич	380	0,74	0,64	1,6	да
3.	4-5 этажные, крупнопанельные ГЖ 1-464АС	60-80гг	однослойные, керамзитобетон $\rho = 1400 - 1500\text{кг/м}^3$	300	0,68	0,64	1,6	да
4.	9 этажные крупнопанельные, серия 165	80-90гг	однослойные, легковесные $\rho = 1400\text{кг/м}^3$	300	0,68	0,64	1,6	да
5.	9 этажные монолитные	80-90гг	однослойный, легковесные $\rho = 1400\text{кг/м}^3$	300	0,68	0,64	1,6	да
6.	9 этажные каркасно-монолитные	2009-2010гг	заполнение легковесных блоков $\rho = 800\text{кг/м}^3$	300	1,95	0,64	1,6	нет
7.	9-12 этажные монолитные	2009-2010 гг	двухслойные: бетон $\rho = 1400 - 1500\text{кг/м}^3$ утеплитель- пенополистирол	300 40,0	1,64	0,64	1,6	нет
8.	4-5 этажный кирпичные	2010г	двухслойные: кирпич пенополистирол	380 40,0	1,74	0,64	1,6	нет
9.	9-12 этажей	2010-2011гг	кирпичные комплексные конструкции	380	0,74	0,64	1,6	да
10.	9-12 этажей каркасно-монолитные	2010-2011 гг	Заполнение кирпичом Утеплитель-пенополистирол	380 40,0	1,74	0,64	1,6	нет
11.	12-16 этажей каркасно-монолитные	2014-2019	Заполнение кирпичом	250	0,52	0,64	1,6	да
12.	16-18 этажей каркасно-монолитные	2018-2021	Заполнение газоблоком	200	1,62	0,64	1,6	нет

**Таблица 2.2. - Состояние теплозащиты ограждающих конструкций, существующих ЖЗ в г. Душанбе [117]**

№	Адрес жилых домов	Микрорайон	Этажность	Общая площадь квартир, (М <sup>2</sup> )	Материал стен	Крыша	Общая площадь наружных ограждений ( м <sup>2</sup> )					Потребность тепловой энергии за отопительный период		
							Всего	В том числе				Q <sub>h</sub> <sup>γ</sup> МДж	q <sub>h</sub> <sup>des</sup> кДж/м <sup>2</sup> ·°С · сут	q <sub>h</sub> <sup>req</sup> кДж/м <sup>2</sup> ·°С · сут
		Стен						Покр тия	Окон	Перек. под подв.				
1.	Багоутдинова №7	101/Сино	9	4773,8	Панель	Совмеш.	4827,4	2778,6	646,2	753,4	646,2	1423472	159,9	76,0
2.	Гисарская №29/3	101/Сино	9	4773,8	Панель	Совмеш.	4827,4	2778,6	646,2	753,4	646,2	1423472	159,9	76,0
3.	Н. Махсум №85/2	101/Сино	4	2453,5	Панель	Совмеш.	3654,8	1650,8	729,0	530	729,0	886664	181,7	85,0
4.	А. Навои №37	112/Сино	5	2728,5	Панель	Совмеш.	3665,2	1856	642,2	522	642,2	970270,6	192,0	85,0
5.	Дж. Расулов 57/1	57/Сино	4	3592,9	Кирпич	Чердачн.	2938	1487,6	1018	864	1018	692059,5	147,7	85,0
6.	С. Шерози №17	12/Сино	4	2720	Кирпич	Чердачн.	4036,4	1956	800	480,4	800	966866	193,0	85,0
7.	Н. Карабаева 112	63/ Фирдавси	9	4743,8	Панель	Совмеш.	4827,4	2778,6	646,2	753,4	646,2	1429528	155,8	76,0
8.	Н. Карабаева 120	63/ Фирдавси	9	4743,8	Панель	Совмеш.	4827,4	2778,6	646,2	753,4	646,2	1429528	155,8	76,0
9.	Фирдавси №27/2	65/ Фирдавси	9	4743,8	Панель	Совмеш.	4827,4	2778,6	646,2	753,4	646,2	1429528	155,8	76,0
10.	Фирдавси №27/3	65/ Фирдавси	9	4743,8	Панель	Совмеш.	4827,4	2778,6	646,2	753,4	646,2	1429528	155,8	76,0
11.	Борбад №110/1	62/ Фирдавси	5	872	Панель	Чердачн.	1311,0	531,5	270	199,5	270	356827,8	217	85,0
12.	Борбад №106/2	62/ Фирдавси	4	2405,6	Кирпич	Чердачн.	3427,0	1427,0	778	384	778	912266,8	193,6	85,0

**Таблица 2.3. - Классы энергетической эффективности, существующих ЖЗ в г. Душанбе [117]**

№	Адрес жилых домов	Расчётный удельный расход тепловой энергии $q_{th}^{des}$ к Дж/м <sup>2</sup> ·°С·сут	Нормируемый удельный расход тепловой энергии $q_{th}^{req}$ к Дж/м <sup>2</sup> ·°С·сут	Величина отклонения расчетного значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания от нормативного, %	Классы энергетической эффективности здания до его утепления	Соответствует ли проект здания нормативному требованию	Необходимость дополнительного утепления
1.	Багоутдинова №7	159,9	76,0	110	Е (Очень низкий)	Нет	да
2	Гисарская №29/3	159,9	76,0	110	Е (Очень низкий)	Нет	да
3.	Н. Махсум №85/2	181,7	85,0	113,7	Е (Очень низкий)	Нет	да
4.	А. Навои №37	192,0	85,0	125	Е (Очень низкий)	Нет	да
5.	Дж. Расулов 57/1	147,7	85,0	73,76	D (Низкий)	Нет	да
6.	С. Шерози №17	193,0	85,0	127	Е (Очень низкий)	Нет	да
7.	Н. Карабаева 112	155,8	76,0	105	Е (Очень низкий)	Нет	да
8.	Н. Карабаева 120	155,8	76,0	105	Е (Очень низкий)	Нет	да
9.	Фирдавси №27/2	155,8	76,0	105	Е (Очень низкий)	Нет	да
10.	Фирдавси №27/3	155,8	76,0	105	Е (Очень низкий)	Нет	да
12.	Борбад №110/1	217	85,0	155	Е (Очень низкий)	Нет	да
13.	Борбад №106/2	193,6	85,0	127	Е (Очень низкий)	Нет	да

## **2.2. Меры по усовершенствованию проведения энергоаудита зданий в Республике Таджикистан**

Чтобы повысить качество услуг по энергоаудиту ГЗ в РТ необходимо принять систему международного энергоаудита.

Энергетическое обследование ГЗ в наши дни проводится со СНиПом РТ 23-02-2021 [85] и составляется энергетический паспорт здания. В эту форму входят только те показатели, которые связаны с потреблением тепловой энергии.

Потребление других ресурсов, как электроэнергия, газ, вода не входит в эту форму. В Таджикистане пока нет опыта по проведению энергоаудита гражданский зданий и отсутствуют соответствующие методические указания. Единственный нормативно-технический документ, являющийся основой для проведения энергоаудита зданий – это СНИП РТ 23-02-2021 [85].

Потребление энергии зависит от: местных климатических условий, характеристик ОК здания, проектных решений, характеристик и настройки технических систем здания, процессов в здании, поведения жильцов и режима работы.

Анализ энергоаудита реальных объектов в США о фактическом объёме энергосбережения показывает большое различие в цифрах. Некоторым проектам удалось сэкономить менее 10% существующих расходов на энергосбережение (практически незаметная экономия при рассмотрении счётов за коммунальные услуги), когда другие проекты сэкономили больше 40% [78].

Согласно п.3 статьи 12 Закона РТ «Об энергосбережении и энергоэффективности» [35] юридические и физические лица (энергоаудиторы), наделённые правом уполномоченным государственным органом в порядке, который установило Законодательство РТ, имеют право на деятельность по проведению энергетического исследования. Наличие необходимой квалификации является основным требованием к аудитору.

Объективность проводимого энергоаудита может стать очень серьёзной проблемой. Энергетические исследования, которые проводят различные эксперты, должны иметь одинаковый результат. Однако, не всегда это так происходит. Отсутствие общепринятой методики и требований является причиной такого положения.

Учитывая вышесказанное, для повышения качества энергоаудита рекомендуется принять первоочередные меры.

К первоочередным мерам по нормативно-техническому обеспечению мероприятий по проведению энергоаудита зданий следует отнести:

1. Для энергетического исследования, т.е. энергетического аудита (добровольного и обязательного), разработку и внедрения национальной методологии и правил проведения энергетического аудита, а также подготовки кадров-энергоаудиторов с помощью специализированных аккредитованных центров по подготовке и обучению энергоаудиторов, проектировщиков зданий, специализирующихся на энергоэффективность и энергосбережение.



2. Введение обязательных требований в области энергоэффективности, сертификации зданий по энергоэффективности, энергоаудиту и регулярному инспектированию систем отопления.

3. Установление требований к проведению энергетического исследования (энергоаудита), результатам энергетического исследования (энергетическому паспорту и отчету о проведении энергетического исследования).

4. Принятие на уровне законодательства требований необходимости наличия энергетического паспорта (включить энергетический паспорт в пакет обязательной проектной документации).

Методика, которая больше подходит для оценки энергетических характеристик здания – это сравнение меры с существующими данными. Однако такие процедуры могут проводить только эксперты данной сферы, поэтому заинтересованным лицам процесса могут понадобиться консультации. В процедуре расчётов обязательно используются таблицы и технические данные, также ссылки на действующие технические нормы.

В методике проведения энергоаудита зданий должны быть прописаны подробные процедуры:

- определить значимые параметры системы технологического оборудования здания;
- собирать и анализировать исторические данные;
- оценить контракты на энергосбережение;
- рассчитать потребности и использование первичной энергии для выработки электроэнергии, освещения, отопления, охлаждения, подготовки (нагревания) горячей воды, обработки воздуха;
- рассчитать объём энергии, полученного от использования возобновляемых источников энергии;
- определить подсистемы, где происходит сброс неиспользованной энергии;
- определить эффективный способ функционирования здания и его управления.

### **2.3. Исследование показателей микроклимата жилых помещений существующих зданий**

С научной точки зрения, микроклимат – это система физических параметров внутренней среды помещения, воздействующая на физическое состояние человека, его здоровье, самочувствие и трудоспособность. Микроклимат жилого или общественного помещения определяют влиянием внешней среды, специфическим характером сооружения и особенностями возведения здания, где находится данное помещения.

Каждое конкретное помещение имеет свои исключительные особенности микроклимата, образующиеся в результате воздействия потоков воздуха, тепла и влаги. Воздух внутри помещения постоянно перемещается. Если это помещение находится в многоэтажном доме, наблюдается сильный перепад давления наружного и внутреннего воздуха.

Оптимальные микроклиматические условия представляют собой целый комплекс показателей, который воздействует на человеческий организм и обеспечивает его комфортное состояние при минимальном напряжении терморегуляционных процессов. Это благоприятное сочетание показателей, удовлетворяющее физиологические и психологические потребности человека и обеспечивающее достойные жизненные условия. Несмотря на такую простоту, при нарушении данных показателей разрушается нормальное функционирование человеческого организма [77].

К контролируемым показателям микроклимата относятся: температура воздуха, температура поверхностей стены и ограждающие конструкции, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, нормируемые комплексные показатели микроклимата.

В жилых помещениях следует измерять параметры микроклимата. Если в квартире несколько участков жилых помещений, то каждый из них измеряется отдельно. В этом случае в квартире несколько контролируемых зон.

Если существуют источники локального тепловыделения, охлаждения или влаги в каждом жилом помещении, в его точках минимально или максимально

удалённых от источников термического воздействия, следует применять измерение, т.е. жилое помещение необходимо разбить на две контролируемые зоны.

Параметры микроклимата в помещении измеряются на нескольких высотах над уровнем пола в зависимости от того, как в какой позе стоит человек:

- на высоте 0,1 и 1,0 м производится измерение действий, которые выполняются сидя, а относительная влажность воздуха измеряется на высоте 1,5 м;

- температура и скорость движения воздуха при работах, выполняемых стоя, измеряется на высоте 0,1 и 1,5 м, а на высоте 1,5 м – относительная влажность воздуха;

- тепловое облучение в жилых помещениях при наличии источников лучистого тепла измеряется на высоте 0,5; 1,0 и 1,5 м от пола или рабочей площадки, а если очень необходимо – на уровне головы человека.

По заранее составленному плану проводится инструментальный контроль, состоящий из: планировки обследуемого здания, участника, территории; общих сведений о зданиях.

С целью получения необходимых микроклиматических факторов для определения комфортности среды в старых зданиях города Душанбе, были проведены исследования в одной из квартир жилого дома, расположенной по проспекту Саъди Шерози, дом 33.

Для определения температуры и относительной влажности воздуха были использованы термометр, тепловизор, ТМ – 902, testo 610. Кроме указанных приборов для получения более полной картины изменения влажности воздуха в помещении, можно использовать аспирационный психрометр для замера относительной влажности воздуха в пределах 10-100%.

Исследования были проведены 16 июля 2020 года. Температура наружного воздуха составляла около +38 °С, 1 января 2020 года температура была около +4 °С.

**Таблица 2.4.** - результаты исследований, проведенных в летних условиях (16.07.2020).

Наименование (на внутренней поверхности)	Термометр, °С	Тепловизор, °С	ТМ – 902, °С	Тесто 610, %
<b>Общая комната</b>				
Пол	25,3	25,6	24,4	31,9
Потолок	25,4	26,7	26,6	46,1
Окно	25,8	25	24,1	55,1
Стена	24,1	24,2	26,5	39,1
<b>Кухня</b>				
Пол	23,6	25,3	23,4	30,5
Потолок	23,7	26	25,2	39
Окно	21,9	25,6	25,8	32,5
Стена	22,5	25,7	25,1	40
<b>Лоджия</b>				
Пол	22,1	23,2	22,6	31,6
Потолок	22,5	24,1	26,8	26,7
Окно	23,3	24,1	22,1	35,5
Стена	21,4	23,4	24,3	36

**Таблица 2.5.** - результаты исследований, проведенных в зимних условиях (01.01.2020).

Наименование (на внутренней поверхности)	Термометр, °С	Тепловизор, °С	ТМ – 902, °С	Тесто 610, %
<b>Общая комната</b>				
Пол	19,1	23,6	24,4	46
Потолок	20,3	25,1	25	56
Окно	18,6	23,5	22,3	42,3
Стена	17,3	23,8	24,5	60,4
<b>Кухня</b>				
Пол	19,6	21,3	19,4	25,5
Потолок	19,7	22	22,2	35
Окно	17,9	21,6	21,8	27,5
Стена	18,5	21,7	20,1	36
<b>Лоджия</b>				
Пол	16,1	18,2	18,6	27,6
Потолок	18,5	20,1	22,8	22,7
Окно	16,3	21,1	18,1	31,5
Стена	15,4	19,4	20,3	32



**Рисунок 2.1.** - Виды зданий и время исследований микроклимата в помещениях трёх комнатной квартиры существующего крупнопанельного здания

Для определения разницы показателей комфортности среды между новыми и старыми зданиями исследования проведены в новом 12-этажном жилом здании, по улице Алишера Навои, проспект Абуали Сино. Работы проводились 18 июля 2020 года. Температура наружного воздуха была около +37°C и 1 января 2020 года температура наружного воздуха составляла 4 °С.

**Таблица 2.6.** - результаты исследований, проведенных в летних условиях (18.07.2020).

Наименование (на внутренней поверхности)	Термометр, °С	Тепловизор, °С	ТМ – 902, °С	Тесто 610, %
Общая комната				
Пол	20,3	20,7	20,1	47,5
Потолок	22,4	23,6	22,5	48,1
Окно	21,8	24	23,4	49,4
Стена	23,1	24,4	24,2	39,6
Кухня				
Пол	19,6	20,3	20,1	46,2
Потолок	20,7	21,6	20,2	48
Окно	20,9	23,5	22,8	50
Стена	18,5	18,8	19,1	40
Лоджия				
Пол	19,3	19,8	19,2	45,6
Потолок	20,6	21	20,6	47,3
Окно	21	22,1	22,1	49,7
Стена	18,4	18,8	19,1	42

**Таблица 2.7.** - результаты исследований, проведенных в зимних условиях (01.01.2020).

Наименование (на внутренней поверхности)	Термометр, °С	Тепловизор, °С	ТМ – 902, °С	Тесто 610, %
Общая комната				
Пол	22,5	22,2	21,3	57,5
Потолок	24,4	25,7	24,6	58,1
Окно	22,8	24	23,4	59,4
Стена	25,1	26,4	25	49,6
Кухня				
Пол	23,6	23,3	22,6	56,2
Потолок	25,7	24,8	23,1	58
Окно	21,8	21	22	50
Стена	20,5	20,1	20,2	49
Лоджия				
Пол	23,4	23,2	23	53,6
Потолок	25,4	24,4	23,8	58
Окно	23,2	22,1	22	55,7
Стена	22,7	21,8	21,3	52

Сравнительный анализ свидетельствует о том, что в современных зданиях в летние и зимние периоды параметры внутренней среды находятся ближе к нормативным данным, что требует дальнейшей корректировки микроклиматических показателей.

## 2.4. Натурные исследования теплозащиты ограждающих конструкций жилых зданий

Исследования проводились в летних и зимних условиях с помощью прибора ИТП-МГ4.03/5(Ш) «ПОТОК» (рисунок. 2.2), предназначенного для измерения плотности теплового потока, проходящего через теплообменную поверхность объекта обогрева, а также температуры поверхностей или прилегающего воздуха.

Данный измерительный прибор позволяет определить сопротивление теплопередаче и теплоустойчивость ОК по ГОСТ 26254 и 26602.1 [24, 25], а также температуру воздуха снаружи и внутри помещений.

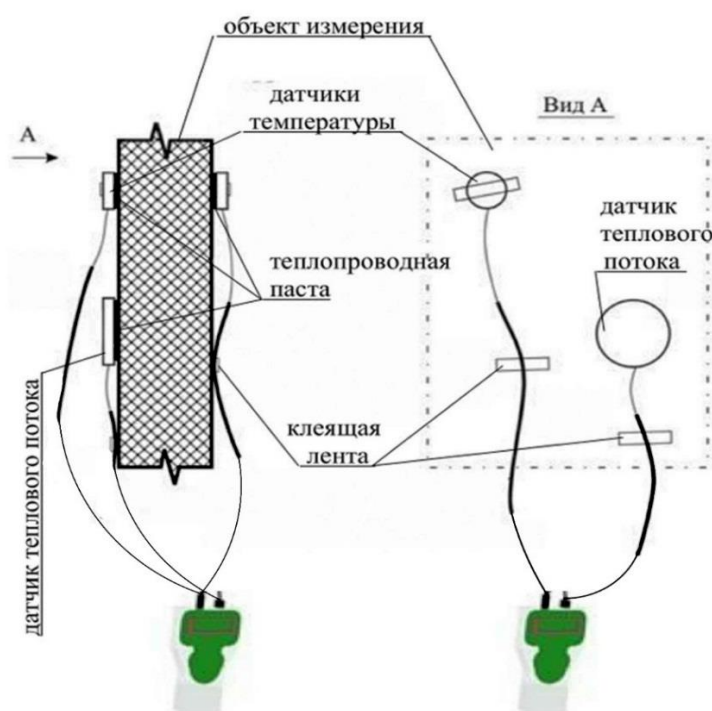


Рисунок 2.2. – Принципиальная схема проведения исследования согласно ГОСТ 25380-2014, измерителями плотности теплового потока и температуры ИТП-МГ4.03/5 (Ш) «ПОТОК»

Целью исследования было определение теплотехнических показателей ограждающих конструкций ЖЗ, а также их энергетическую эффективность при проведении экспериментальных исследований по методикам ГОСТ 25380, ГОСТ 26254 и ГОСТ 26602.1 [24-26].

Исследования проводились в зимних и летних условиях в ряде существующих зданий в городе Душанбе.

*Кирпичная стена без утепления (16-этажный жилой дом, проспект Абуали Сино 48).* Здание было сдано в эксплуатацию в 2018 году. Физическое состояние и конструктивные элементы здания по результатам визуального осмотра оцениваются как «хорошие». Имеются мелкие технические дефекты, которые будут устранены в ходе ремонта.

Тепловое состояние наружных стен и кровли за период эксплуатации здания существенно не изменилось, а их показатели близки к показателям, установленным при проектировании и строительстве дома.

Исследуемое помещение полностью отремонтировано, окна выполнены из поливинилхлоридных стеклопакетов. Физическое состояние этого окна хорошее. Ограждающая конструкция здания выполнена из слоя цементно-песчаного раствора толщиной 10 мм изнутри, кирпича толщиной 250 мм и цементно-песчаного раствора толщиной 15 мм снаружи.

Для определения теплового потока в ограждающей конструкции данного здания был установлен прибор в интерьере помещения согласно инструкции измерительного комплекса ИТП-МГ4.03/5(III) «ПОТОК» (рисунок 2.3).



**Рисунок 2.3. Процесс проведения исследования кирпичной стены без утепления**

Для поддержания температуры внутреннего воздуха в зимних условиях в пределах 20-22°C по ГОСТ 30494-2011 [27] использовался кондиционер.

Результаты исследований, проведенных в зимних условиях в январе и летних условиях в июле, представлены в таблицах 2.8 и 2.9.

**Таблица 2.8.** - Результаты исследований, проведенных в зимних условиях, прибором ИТП-МГ4.03/5(III) «ПОТОК» (25-26 января 2022г)

Показатели	Часы дня											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	08:34	10:34	12:34	14:34	16:34	18:34	20:34	22:34	00:34	02:34	04:34	06:34
$q_1, \text{Вт/м}^2$	31,9	29,4	27,0	24,8	26,1	27,4	31,7	35,4	36,9	37,4	37,2	36,3
$q_2, \text{Вт/м}^2$	32,9	30,2	27,8	25,6	26,9	28,2	32,7	36,4	37,9	38,5	38,3	37,4
$q_3, \text{Вт/м}^2$	33,8	31,1	28,6	26,3	27,6	29,0	33,6	37,5	39,0	39,6	39,4	38,5
$\tau_n, ^\circ\text{C}$	2,6	3,9	5,1	6,2	4,9	4,1	2,0	0,4	-0,7	-0,6	-0,3	0,2
$\tau_b, ^\circ\text{C}$	20,1	20	19,9	19,8	19,2	19,1	19,4	19,8	19,5	19,9	20,1	20,1

Таблица 2.9. - Результаты исследований, проведенных в летних условиях, прибором ИТП-МГ4.03/5(III) «ПОТОК» (12-13 июля 2022г)

Показатели	Часы дня											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	08:25	10:25	12:25	14:25	16:25	18:25	20:25	22:25	00:25	02:25	04:25	06:25
$q_1, \text{Вт/м}^2$	4,1	2,5	4,1	9,4	13,0	12,3	11,5	10,5	10,1	9,1	8,4	5,7
$q_2, \text{Вт/м}^2$	4,0	2,0	4,0	9,0	12,0	12,0	11,0	10,0	9,0	9,0	8,0	5,0
$q_3, \text{Вт/м}^2$	4,2	2,5	4,2	9,5	13,2	12,5	11,6	10,6	10,2	9,2	8,5	5,3
$\tau_n, ^\circ\text{C}$	32,3	37,8	43,0	50,8	57,6	52,4	40,4	36,6	33,7	32,1	31,5	32,0
$\tau_b, ^\circ\text{C}$	31,1	31,3	31,4	31,9	33,1	33,7	33,2	33,1	32,9	32,6	32,2	31,8

Принимая результаты исследования из таблиц 2.8 и 2.9 со значениями теплового потока, температуры поверхности конструкций внутри и снаружи помещений в зимних и летних условиях, представим их в виде диаграммы, приведенной на рисунках 2.4 и 2.5.

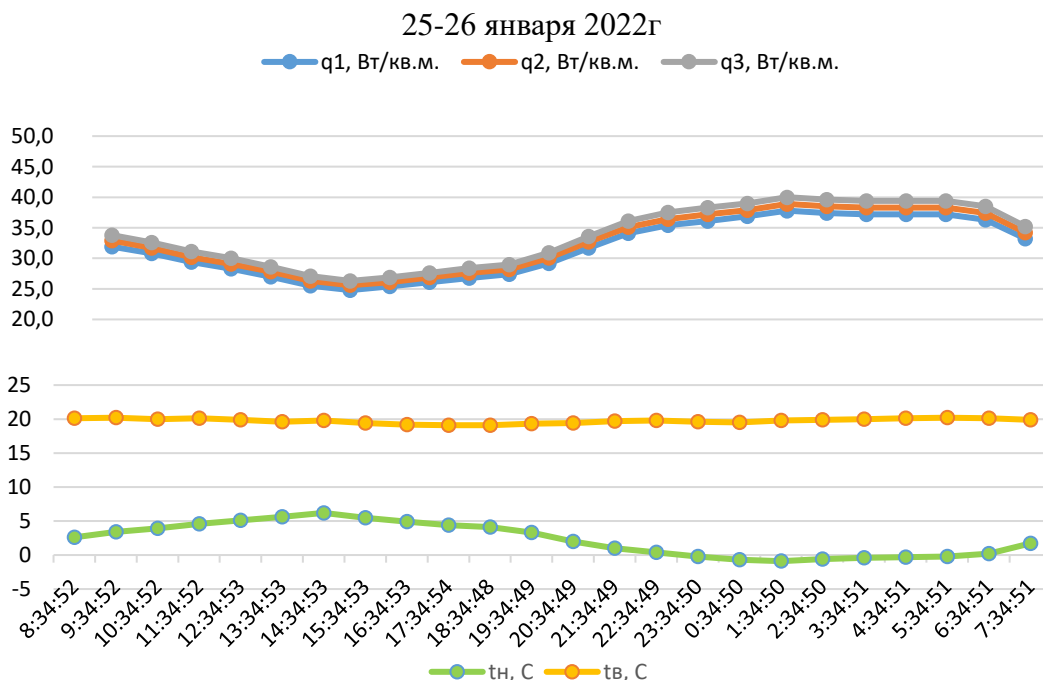
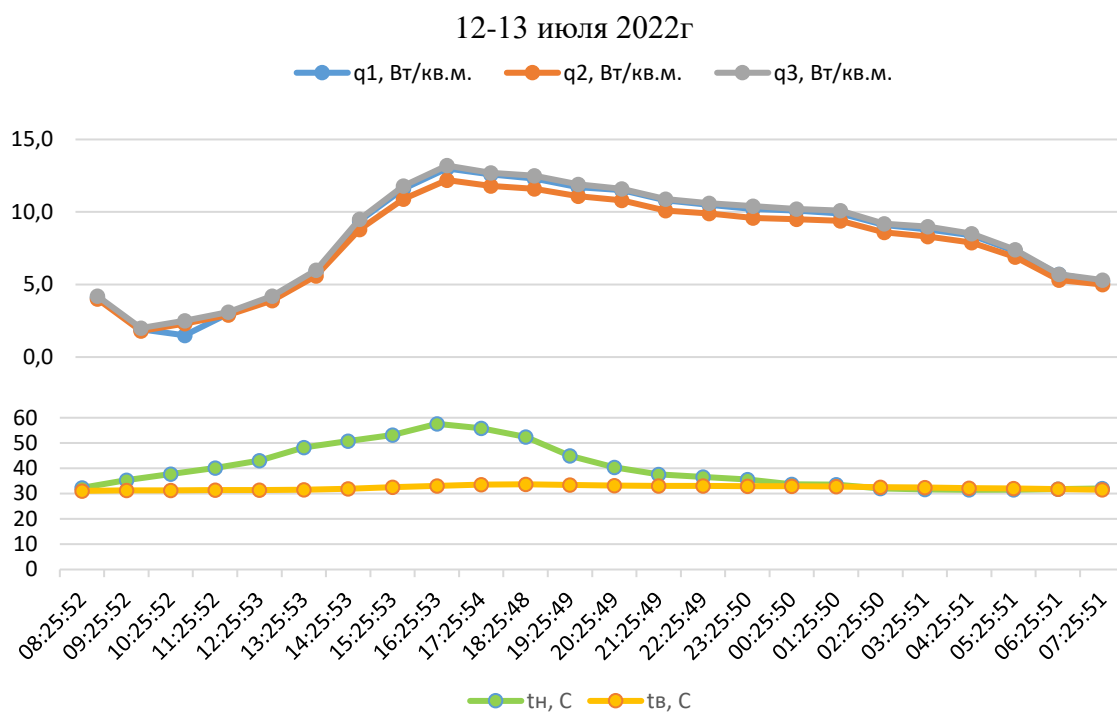


Рисунок 2.4 - Суточное изменение плотности тепловых потоков внутренней поверхности и ход температуры на наружной и внутренней поверхностях кирпичной стены без утепления западной ориентации





**Рисунок 2.5 – Суточное изменение плотности тепловых потоков на внутренней поверхности и ход температуры наружной и внутренней поверхностей кирпичной стены без утепления западной ориентации**

*Кирпичная стена с утеплением (9 этажный жилой дом, проспект Нусратулло Махсум 8/2). Здание введено в эксплуатацию в 2012 году. По результатам визуального осмотра физическое состояние и конструктивные элементы здания оцениваются как «хорошее». Имеются мелкие технические дефекты, которые можно устранить в ходе ремонта.*

Тепловое состояние наружных стен и кровли за период эксплуатации здания существенно не изменилось, а их физические показатели близки к показателям, установленным при проектировании и строительстве здания.

Исследуемое помещение полностью отремонтировано, окна из поливинилхлоридных стеклопакетов. Физическое состояние окон хорошее. Ограждающая конструкция здания выполнена из слоя цементно-песчаного раствора толщиной 10 мм изнутри, кирпича толщиной 250 мм, теплозащитного слоя из пенополистирольных материалов толщиной 50 мм и цементно-песчаного раствора толщиной 10 мм (снаружи).

Для определения теплового потока в ограждающей конструкции данного здания прибор был установлен в помещении согласно инструкции измерительного комплекса ИТП-МГ4.03/5(III) «ПОТОК» (рисунок 2.6).



**Рисунок 2.6. - Процесс проведения исследования кирпичной стены с утеплением**

Для поддержания температуры внутреннего воздуха в зимних условиях в пределах 20-22°C по ГОСТ 30494-2011 [27] использовался кондиционер.

Результаты исследований в зимних условиях (в январе) и летних условий (в июле) представлены в таблицах 2.10 и 2.11.

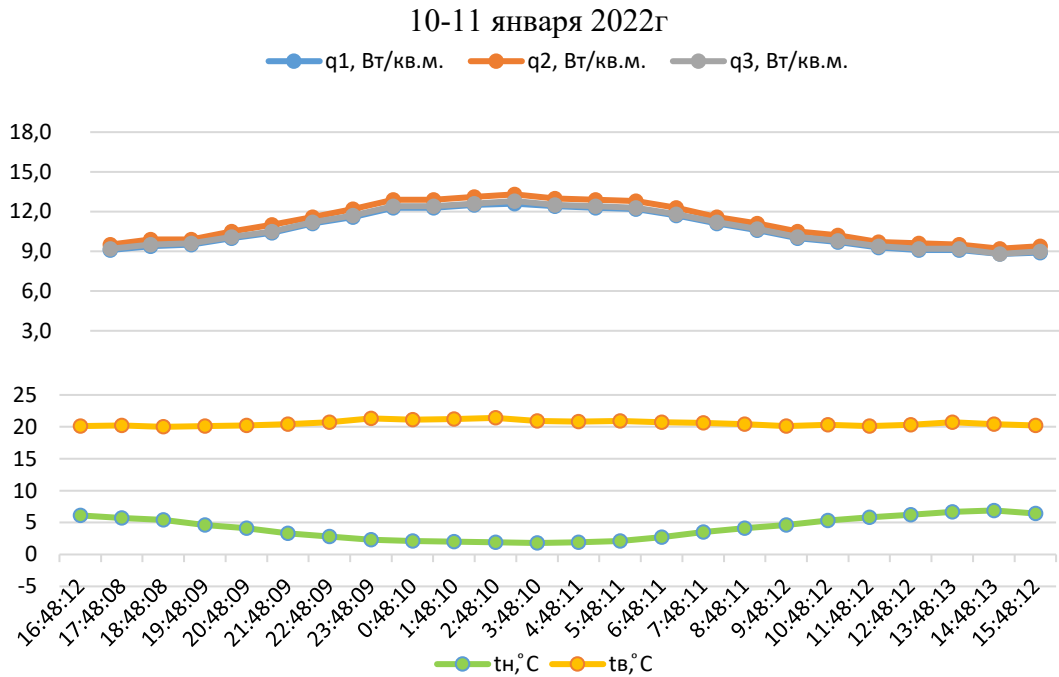
**Таблица 2.10. - Результаты исследований, проведенных в зимних условиях, прибором ИТП-МГ4.03/5(III) «ПОТОК» (10-11 января 2022г)**

Показатели	Часы дня											
	1 16:48	2 18:48	3 20:48	4 22:48	5 00:48	6 02:48	7 04:48	8 06:48	9 08:48	10 10:48	11 12:48	12 14:48
$q_1, \text{Вт/м}^2$	9,1	9,5	10,4	11,6	12,3	12,6	12,3	11,7	10,6	9,7	9,1	8,8
$q_2, \text{Вт/м}^2$	9,5	9,9	11,0	12,2	12,9	13,3	12,9	12,3	11,1	10,2	9,6	9,2
$q_3, \text{Вт/м}^2$	9,2	9,6	10,5	11,7	12,4	12,8	12,4	11,8	10,7	9,8	9,2	8,8
$\tau_n, ^\circ\text{C}$	6,1	5,4	4,1	2,8	2,1	1,9	1,9	2,7	4,1	5,3	6,2	6,9
$\tau_b, ^\circ\text{C}$	20,1	20	20,2	20,7	21,1	21,4	20,8	20,7	20,4	20,3	20,3	20,4

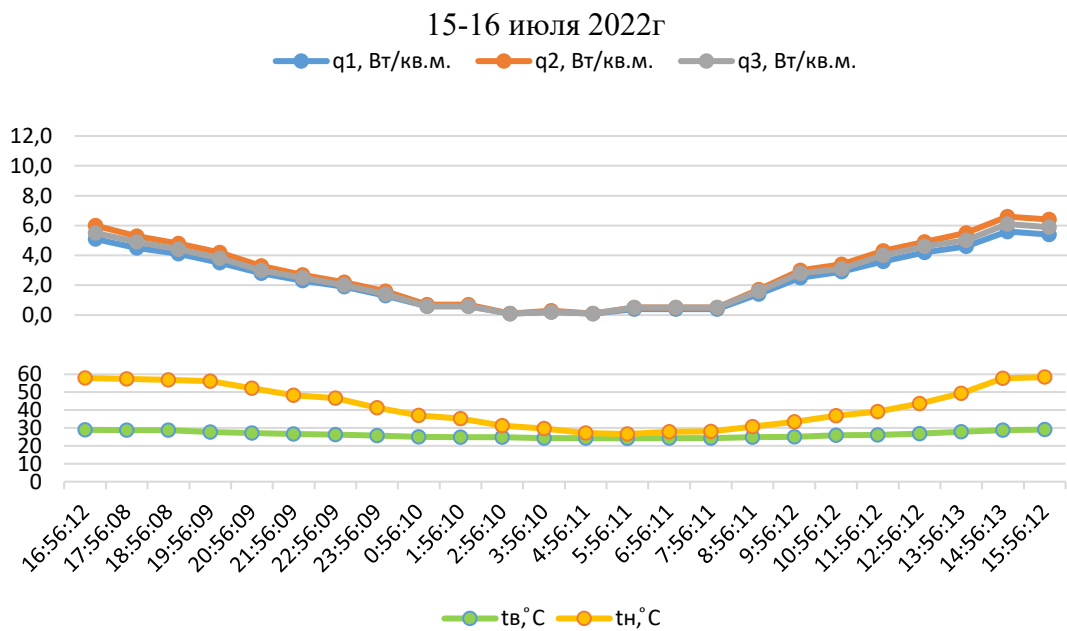
**Таблица 2.11. - Результаты исследований, проведенных в летних условиях, прибором ИТП-МГ4.03/5(III) «ПОТОК» (15-16 июля 2022г)**

Показатели	Часы дня											
	1 16:56	2 18:56	3 20:56	4 22:56	5 00:56	6 02:56	7 04:56	8 06:56	9 08:56	10 10:56	11 12:56	12 14:56
$q_1, \text{Вт/м}^2$	5,1	4,1	2,8	1,9	0,6	0,1	0,1	0,4	1,4	2,9	4,2	5,6
$q_2, \text{Вт/м}^2$	6,0	4,8	3,3	2,2	0,7	0,1	0,1	0,5	1,7	3,4	4,9	6,6
$q_3, \text{Вт/м}^2$	5,5	4,4	3,0	2,0	0,6	0,1	0,1	0,5	1,6	3,1	4,6	6,1
$\tau_n, ^\circ\text{C}$	57,9	56,8	52,2	46,6	37,1	31,3	27,2	27,9	30,7	36,9	43,7	57,8
$\tau_b, ^\circ\text{C}$	28,9	28,7	27,1	26,2	25,1	24,8	24,3	24,4	24,9	25,9	26,8	28,7

Принимая результаты исследования из таблиц 2.10 и 2.11 со значениями теплового потока, температуры внутренней и наружной поверхности конструкций помещений в зимних и летних условиях представим их в виде диаграммы (рисунки 2.7 и 2.8).



**Рисунок 2.7. – Суточное изменение плотности тепловых потоков внутренней поверхности и ход температуры наружной и внутренней поверхностей кирпичной стены с утеплением южной ориентации**



**Рисунок 2.8. – Суточное изменение плотности тепловых потоков внутренней поверхности и ход температуры наружной и внутренней поверхностей кирпичной стены с утеплением южной ориентации**

*Кирпичная стена с покрытием из минваты и стеклофибробетона (12-этажный жилой дом по проспекту Рудаки 181). Здание введено в эксплуатацию в 2020 году. По результатам визуального осмотра физическое состояние и конструктивные элементы здания оцениваются как «хорошее». Технические дефекты не наблюдаются.*

Тепловое состояние наружных стен и кровли за период эксплуатации здания существенно не изменилось, а их показатели близки к показателям, установленным при проектировании и строительстве здания.

Исследуемое помещение полностью отремонтировано, окна из поливинилхлоридных стеклопакетов. Физическое состояние окон хорошее. Ограждающая конструкция здания выполнена из слоя цементно-песчаного раствора толщиной 10 мм изнутри, кирпича толщиной 250 мм, теплозащитного слоя из минеральной ваты, толщиной 40 мм и стеклофибробетонных панелей толщиной 10 мм снаружи.

Для определения теплового потока в ограждающей конструкции данного здания измерительный прибор был установлен в интерьере помещения, согласно инструкции измерительного комплекса ИТП-МГ4.03/5(III) «ПОТОК» (рисунок 2.9).



**Рисунок 2.9. – Процесс проведения исследования кирпичной стены с фибробетонным покрытием**

Для поддержания температуры внутреннего воздуха в зимних условиях в пределах 20-22°C по ГОСТ 30494-2011 [27] использовался кондиционер.

Результаты исследований, проведенные в зимних условиях в январе и летних условиях в июле, представлены в таблицах 2.12 и 2.13.

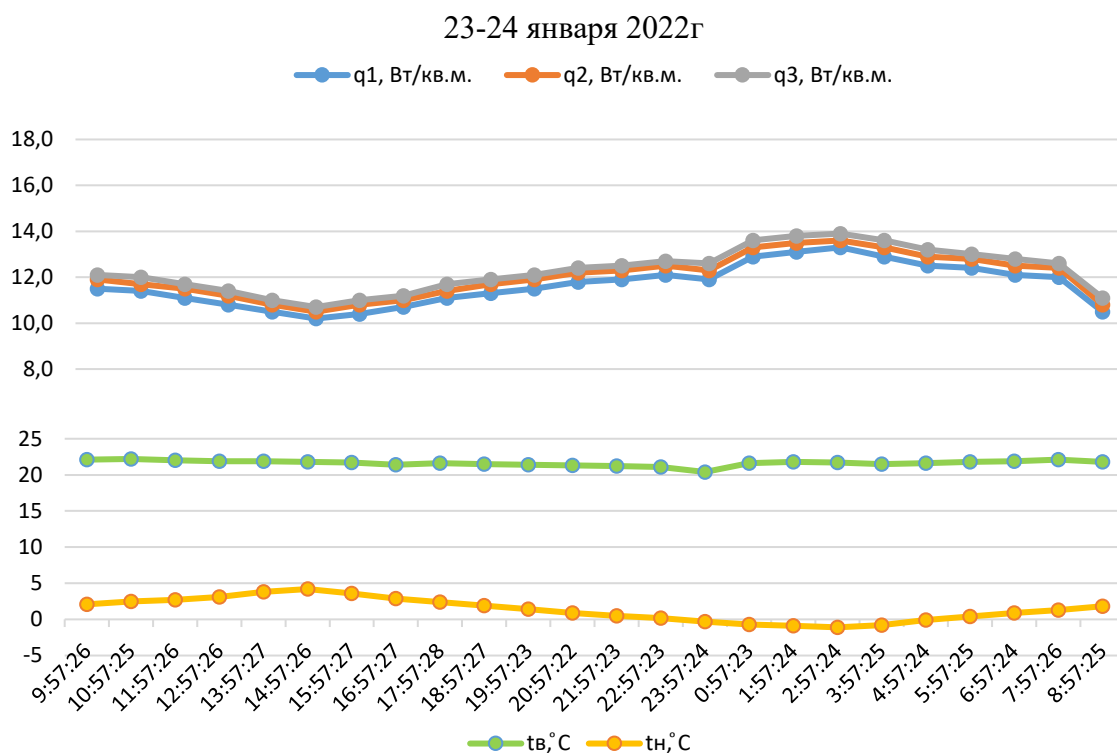
**Таблица 2.12.** - Результаты исследований, проведенных в зимних условиях, прибором ИТП-МГ4.03/5(III) «ПОТОК» (23-24 января 2022г)

Показатели	Часы дня											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	09:57	11:57	13:57	15:57	17:57	19:57	21:57	23:57	01:57	03:57	05:57	07:57
$q_1, \text{Вт/м}^2$	11,5	11,1	10,5	10,4	11,1	11,5	11,9	11,9	13,1	12,9	12,4	12,0
$q_2, \text{Вт/м}^2$	11,9	11,5	10,8	10,8	11,4	11,9	12,3	12,3	13,5	13,3	12,8	12,4
$q_3, \text{Вт/м}^2$	12,1	11,7	11,0	11,0	11,7	12,1	12,5	12,6	13,8	13,6	13,0	12,6
$\tau_n, ^\circ\text{C}$	2,1	2,7	3,8	3,6	2,4	1,4	0,5	-0,3	-0,9	-0,8	0,4	1,3
$\tau_b, ^\circ\text{C}$	22,1	22,0	21,9	21,7	21,6	21,4	21,2	20,4	21,8	21,5	21,8	22,1

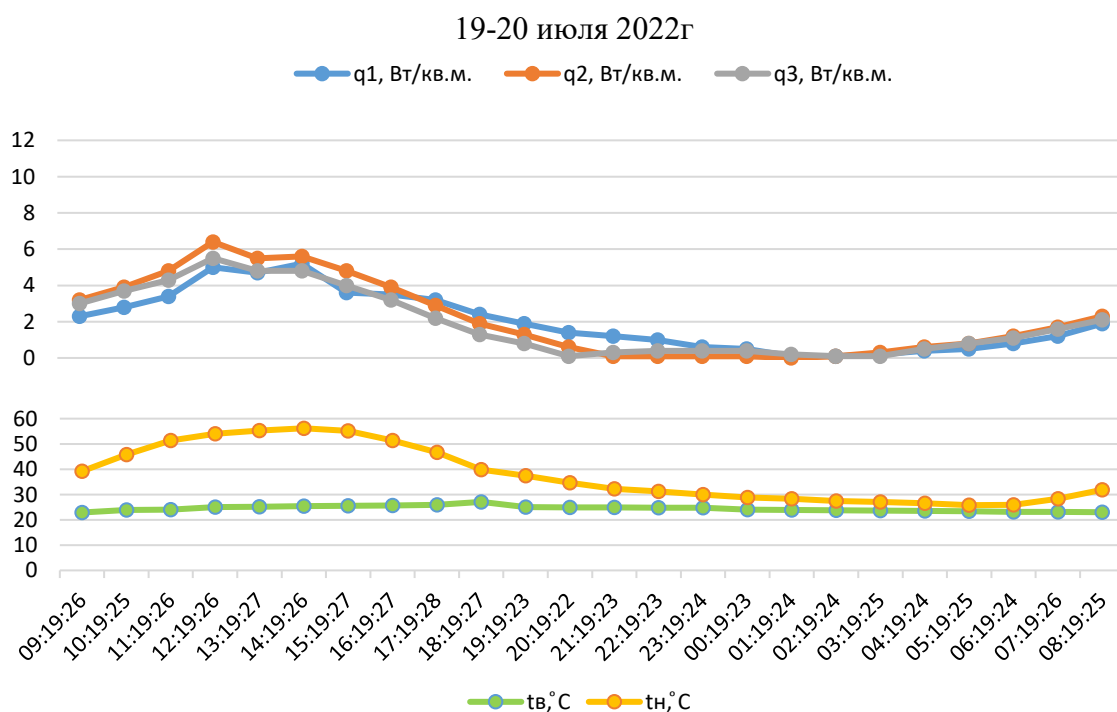
**Таблица 2.3.** - Результаты исследований, проведенных в летних условиях, прибором ИТП-МГ4.03/5(III) «ПОТОК» (19-20 июля 2022г)

Показатели	Часы дня											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	09:19	11:19	13:19	15:19	17:19	19:19	21:19	23:19	01:19	03:19	05:19	07:19
$q_1, \text{Вт/м}^2$	2,3	3,4	4,7	3,6	3,2	1,9	1,2	0,6	0,1	0,2	0,5	1,2
$q_2, \text{Вт/м}^2$	3,2	4,8	5,5	4,8	2,9	1,3	0,1	0,1	0,0	0,3	0,8	1,7
$q_3, \text{Вт/м}^2$	3,0	4,3	4,8	4,0	2,2	0,8	0,3	0,4	0,2	0,1	0,8	1,6
$\tau_n, ^\circ\text{C}$	39,2	51,4	55,3	55,1	46,7	37,4	32,2	30,0	23,9	27,1	25,8	28,3
$\tau_b, ^\circ\text{C}$	22,9	24,0	25,2	25,6	25,9	25	24,9	24,8	24,3	23,7	23,4	23,1

Принимая результаты исследования из таблиц 2.12 и 2.13 со значениями теплового потока, температуры поверхностей конструкций внутри и снаружи помещений в зимних и летних условиях, представим их в виде диаграммы (рисунки 2.10 и 2.11).



**Рисунок 2.10 – Суточное изменение плотности тепловых потоков внутренней поверхности и ход температуры наружной и внутренней поверхностей кирпичной стены с фибробетонным покрытием южной ориентации**



**Рисунок 2.11 – Суточное изменение плотности тепловых потоков внутренней поверхности и ход температуры наружной и внутренней поверхностей кирпичной стены с фибробетонным покрытием южной ориентации**

По результатам исследований кирпичная стена толщиной 250 мм и цементно-песчаного раствора толщиной 10 мм изнутри и снаружи без теплозащитного слоя при воздействии различных внешних температур на поверхность стены в течение суток в зимних и летних условиях микроклимат исследуемого помещения неприятный и не соответствует соответствующим нормам. То есть при температуре на наружной поверхности стены в течение суток (летом) от 31,5 до 57,6<sup>0</sup>С, температура на внутренней поверхности наружной стены колеблется от 31,1 до 33,2<sup>0</sup>С, что приводит к дискомфорту микроклимата помещения. В зимнее время года при температуре наружного воздуха от -0,7 до 6,2<sup>0</sup>С расход тепла в ОК составляет от 26,1 до 37,2 Вт/м<sup>2</sup> в течение суток, что теплотери в этой конструкции два раза больше нормативного.

По результатам исследований кирпичная стена из слоя цементно-песчаного раствора толщиной 10 мм изнутри, кирпича толщиной 250 мм, теплозащитного слоя из пенополистирольных материалов толщиной 50 мм и цементно-песчаного раствора толщиной 10 мм (снаружи) при воздействии различных внешних температур на поверхность стены в течение суток в зимних и летних условиях микроклимат исследуемого помещения не очень приятный и не соответствует соответствующим нормам. То есть при температуре на наружной поверхности стены в течение суток (летом) от 27,2 до 57,9<sup>0</sup>С, температура на внутренней поверхности наружной стены колеблется от 24,3 до 28,9<sup>0</sup>С, что приводит к среднему комфорту микроклимата помещения. В зимнее время года при температуре наружного воздуха от 1,9 до 6,9<sup>0</sup>С расход тепла в ОК составляет от 8,8 до 12,6 Вт/м<sup>2</sup> в течение суток, что теплотери в этой конструкции не большие, но не соответствует нормам.

По результатам исследований кирпичная стена из слоя цементно-песчаного раствора толщиной 10 мм изнутри, кирпича толщиной 250 мм, теплозащитного слоя из минеральной ваты, толщиной 40 мм и стеклофибробетонных панелей толщиной 20 мм снаружи при воздействии различных внешних температур на поверхность стены в течение суток в зимних

и летних условиях микроклимат исследуемого помещения приятный и соответствует установленным нормам. То есть при температуре на наружной поверхности стены в течение суток (летом) от 23,9 до 55,3<sup>0</sup>С, температура на внутренней поверхности наружной стены колеблется от 22,9 до 25,6<sup>0</sup>С, что приводит к комфорту микроклимата помещения. В зимнее время года при температуре наружного воздуха от -0,9 до 3,8<sup>0</sup>С расход тепла в ОК составляет от 10,4 до 13,1 Вт/м<sup>2</sup> в течение суток, что теплотери в этой конструкции не большие.

### **Выводы по второй главе**

Натурные исследования объектов строительства, возводимых в сложных природно-климатических условиях РТ, показывают несоответствие применяемых традиционных решений в практике строительства современным требованиям тепловой защиты.

1. Одной из существенных причин перерасхода топлива существующих и эксплуатируемых зданий является недостаточный уровень теплозащиты их ОК. Наблюдается нерациональное использование топлива и энергии, допускаются значительные потери тепла, в связи с тем, что в проектной стадии должным образом не всегда учитывались природно-климатические условия и особенности застройки территорий [1-А, 2-А].

2. Необходимость проведения энергетического исследования (энергоаудита) обусловлена получением данных об энергоресурсах для технико-экономического обоснования, оптимального проектного решения для строительства и реконструкции зданий, отвечающих современным требованиям определения класса энергетической эффективности [10-А, 13-А].

3. Реальное распределение температуры и тепловых потоков, по внутренним поверхностям наружных стен, установленные методом тепловизионного контроля, указывают на более высокие качественные показатели теплозащитных свойств утепленных ограждений по сравнению с теми же показателями не утепленного ограждения [3-А, 4-А].



4. В зданиях с низким классом энергетической эффективности можно довести их основные теплоэнергетические и теплотехнические показатели до уровней, установленных нормативными требованиями по тепловой защите, созданию оптимального теплового микроклимата в помещениях посредством дополнительного утепления их ОК, что приведёт к снижению расходов на отопление в холодный период года [1-А, 5-А, 12-А].

5. По результатам исследований кирпичная стена без утепления при температуре на наружной поверхности стены в течение суток (летом) от 31,5 до 57,6<sup>0</sup>С, температура на внутренней поверхности наружной стены колеблется от 31,1 до 33,2<sup>0</sup>С, что приводит к дискомфорту микроклимата помещения. В зимнее время года при температуре наружного воздуха от -0,7 до 6,2<sup>0</sup>С расход тепла в ОК составляет от 26,1 до 37,2 Вт/м<sup>2</sup> в течение суток, что теплотери в этой конструкции два раза больше нормативного. [8-А, 9-А].

# Глава 3. УЛУЧШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЯ ПОСРЕДСТВОМ АРХИТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ

## 3.1. Влияние объемно-планировочных решений на энергоэффективность зданий

Для оценки объемно-планировочных и конструктивных решений следует учитывать показатель компактности здания.

Расчетный показатель компактности здания  $k_e^{des}$  следует определять по формуле

$$k_e^{des} = A_e^{sum} / V_h \quad (3.1)$$

где  $A_e^{sum}$  - общая площадь внутренних поверхностей наружных ОК, включая покрытие (перекрытие) верхнего этажа и перекрытие пола нижнего отапливаемого помещения, м<sup>2</sup>;

$V_h$  - отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений здания, м<sup>3</sup>.

Нормативный показатель компактности зависит и от этажности зданий (рисунок 3.1).

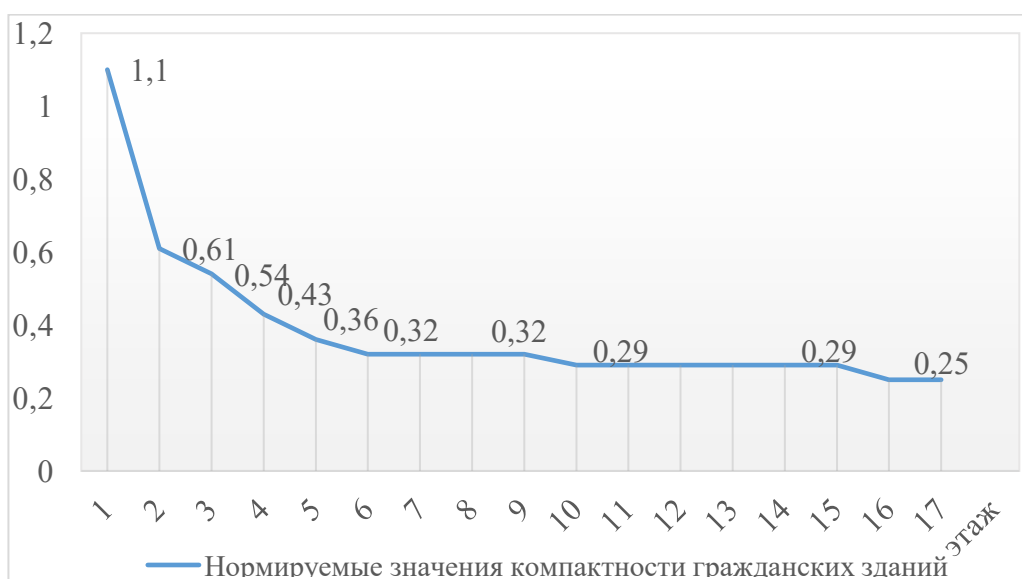


Рисунок 3.1. - Нормируемый показатель компактности гражданских зданий

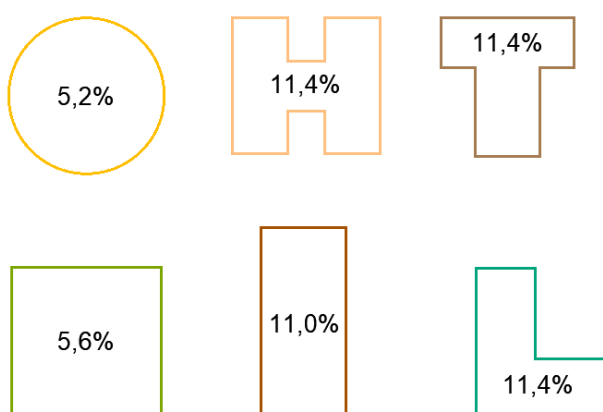
Расчетный показатель компактности ГЗ  $k_e^{des}$ , как правило, не должен

превышать нормируемых значений компактности  $k_e^{reg}$  [85].

Некоторыми переменными показателями, связанными с формой здания и влияющими на потребности в отоплении и охлаждении, являются: коэффициент компактности, высота стен, климат и характеристика оболочки здания. Эти показатели являются важными переменными, которые учитываются при определении энергетических потребностей для поддержания в здании и их комфортности при эксплуатации.

Геометрическая форма и расположение зданий также влияют на микроклимат. Компактность является одним из наиболее важных факторов, который снижает затраты на отопление и охлаждение зданий.

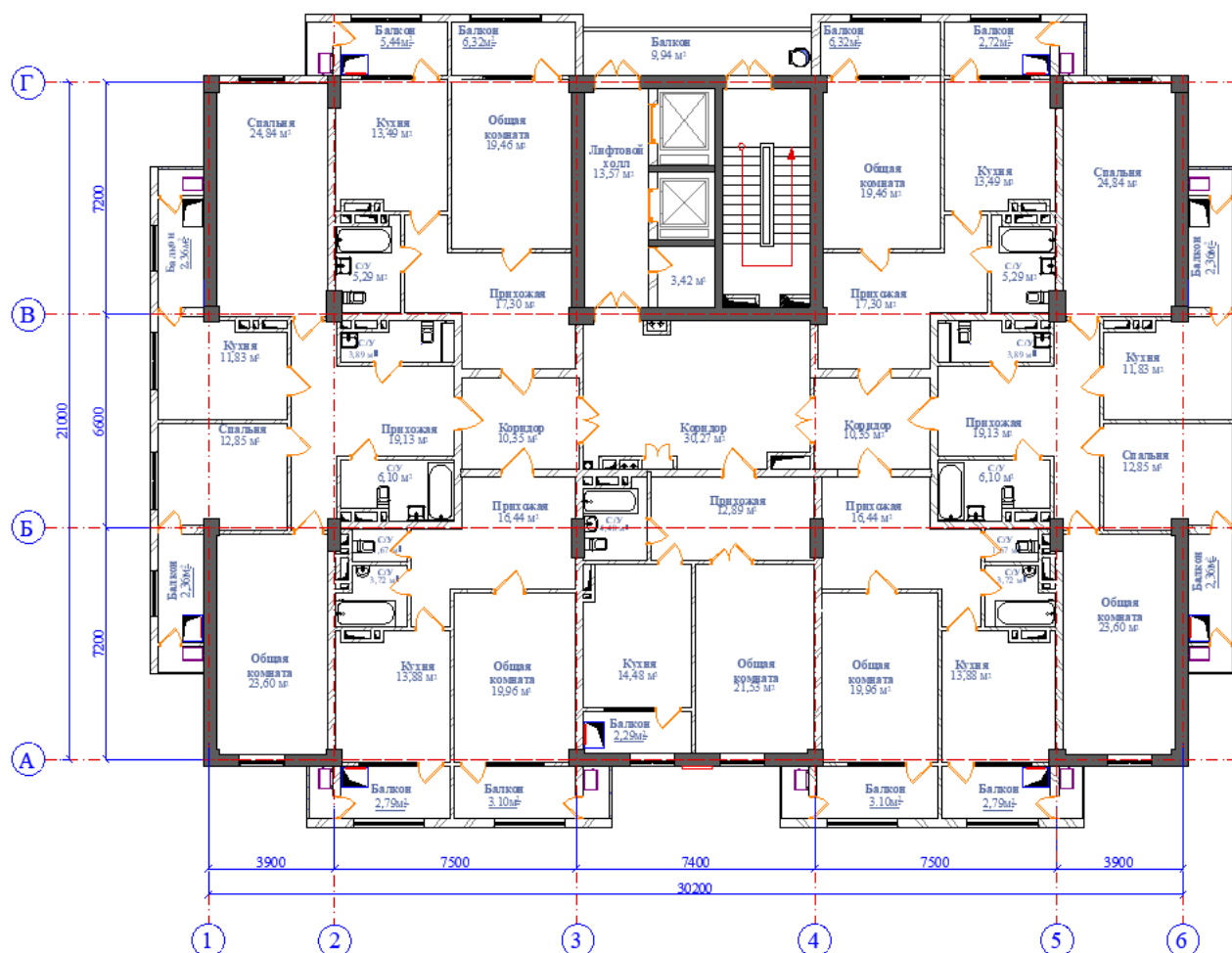
Из содержания научных изысканий Семеновой Э. Е и Тютерева А.А. исходит, что в объёмно-планировочных решениях должно содержаться повышение компактности формы объёма здания, чтобы снизить удельную площадь поверхности теплоотдачи при помощи использования коэффициента компактности. Рассчитывая компактность здания, можно находить закономерности повышения эффективности пола с одинаковой площадью, но с разными периметрами, которая представлена на рисунке 3.2 [83].



**Рисунок 3.2. Влияние геометрической формы плана здания на повышение его энергоэффективности [106].**

С учетом исследования объёмно-планировочного решения схем, представленных на рисунке 3.2, тип объёмно-планировочного решения ширококорпусного гражданского здания, получившего положительную оценку

по энергоэффективности, рекомендуется для использования в природно-климатических условиях РТ (рисунок 3.3).



**Рисунок. 3.3. Рекомендуемое ширококорпусное жилое здание**

В целях сокращения расхода тепловой энергии на отопление зданий в холодный и переходный периоды года следует предусматривать:

- объемно-планировочные решения, обеспечивающие наименьшую площадь наружных ОК зданий одинакового объема, размещение более теплых и влажных помещений у внутренних стен здания;
- блокирование зданий с обеспечением надежного примыкания соседних зданий;
- устройство тамбурных помещений за входными дверьми;
- широтную или близкую к ней ориентацию продольного фасада здания;
- рациональный выбор эффективных теплоизоляционных материалов с предпочтением материалов меньшей теплопроводности;

- конструктивные решения ограждающих конструкций должны обеспечивать высокую теплотехническую однородность (с коэффициентом теплотехнической однородности  $r$ , равным 0.7 и более);

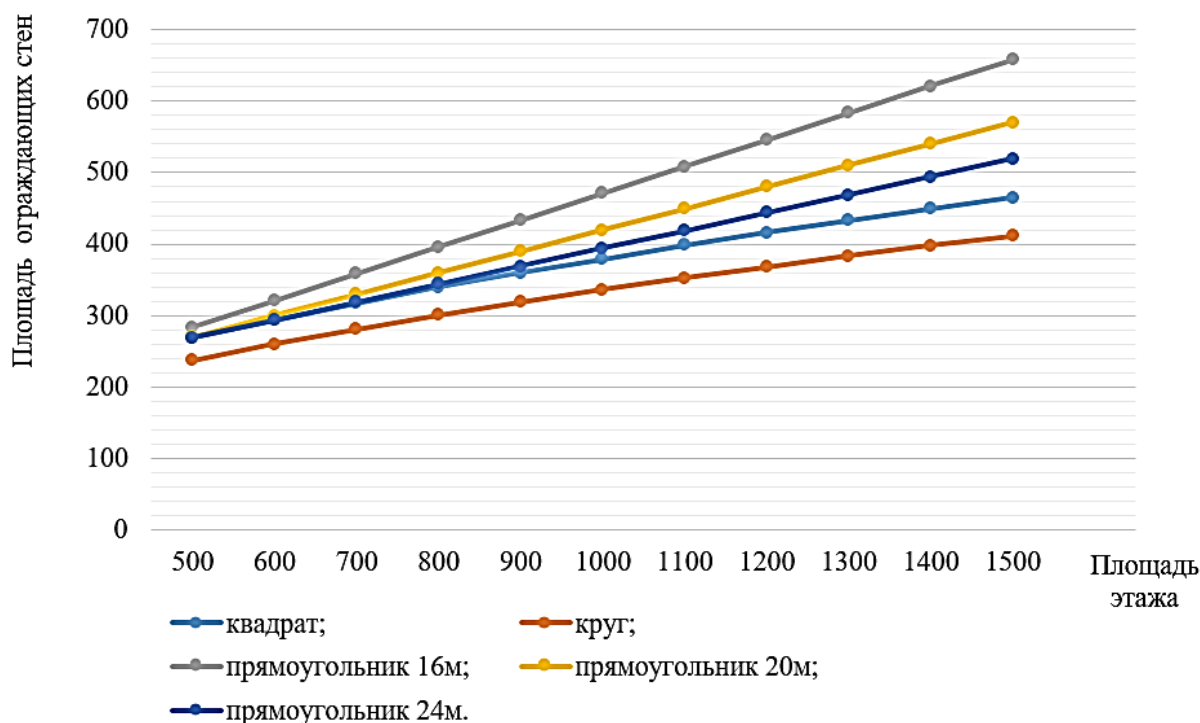
- надёжность эксплуатационной ремонтпригодной герметизации стыковых соединений и швов наружных ОК и элементов, а также межквартирных ОК;

- размещение отопительных приборов, как правило, под светопроемами с теплоотражательной теплоизоляцией между ними и наружной стеной;

- долговечность теплоизоляционных конструкций и материалов должна быть больше 25 лет.

При разработке объёмно-планировочных решений следует избегать размещения окон по обеим наружным стенам угловых комнат.

Зависимость изменения площади ОК от изменения площади этажа и геометрической формы зданий при одинаковой высоте этажа (3м), представлена на рисунке 3.4.



**Рисунок. 3.4. Зависимость изменения площади вертикальных ограждающих конструкций от изменения площади пола и геометрической формы зданий**

Таким образом переход на здание с уширенным корпусом является одним из перспективных направлений в проектировании и строительстве многоэтажных жилых зданий. Оно уменьшит удельное капиталовложение на 4-5%, снизить затраты на работу лифтов на 50%.

### **3.2. Архитектурно-конструктивные меры и принципы повышения энергоэффективности зданий в климатических условиях РТ**

Все мероприятия, связанные с экономией энергии в зданиях, можно разделить на четыре основные группы:

- оптимизация объёмно-планировочных решений;
- оптимизация строительных конструкций;
- использования нетрадиционных видов энергии;
- совершенствование инженерных систем.

Мероприятия по оптимизации объёмно-планировочных решений и оптимизации строительных конструкций можно отнести к архитектурно-строительным и считать их как пассивные меры защиты зданий от энергозатрат для их эксплуатации.

Пассивная защита непосредственно относится к объёмно-планировочным решениям зданий, также уровню теплоизоляции внутреннего пространства от внешнего. Пассивную защиту зданий осуществляют путём сведения к минимуму теплопотерь в зимний период и теплопоступления в жару.

Посредством климатических характеристик района строительства, ландшафта местности и функционального назначения здания возможно достигнуть оптимизацию объёмно-планировочных решений при проектировании зданий.

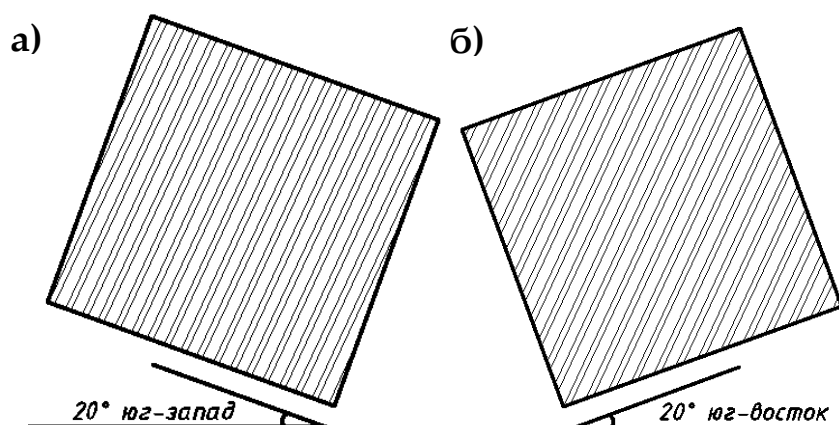
Существуют следующие способы реализации этого принципа [117]:

- создавать компактные архитектурные решения, которые позволяют получить необходимый объём здания при минимальной площади наружных систем;

- за счёт простоты фасадов уменьшить наружную поверхность стен;
- возможность сквозного и вертикального проветривания помещения, способствующая снижению нагрузки от системы кондиционирования должна быть учтена при проектировании здания;

- с учётом географической широты места строительства (для III и IV климатических районов РТ предпочитается широтная ориентация), ландшафта места и климатических данных очень важен правильный выбор ориентации зданий. Это даёт возможность сэкономить тепло отопления на 12-16%, холода 10-15% (рисунок 3.5).

Основная мера “смягчения” дискомфортных условий в летний сезон – это использование ночного проветривания в ЖЗ. Оно имеет большой социальный эффект и представляет собой эффективный фактор уменьшения электропотребления для жителей, широко использующих бытовые кондиционеры для охлаждения помещений.



**Рисунок 3.5. - Правильное расположение здания по сторонам света:**

**а)-20° юг-запад; б)-20° юг-восток;**

Дифференциация архитектурно-строительных мер энергоснабжения приведена на рисунке 3.6. Общеизвестно, что применение любого направления повышения энергоэффективности здания непосредственно зависит от характера застройки и её места. К примеру, мероприятия по обводнению и озеленению территории застройки подходят для эксплуатируемых зданий. Они способствуют снижению температуры в жаркое время года.

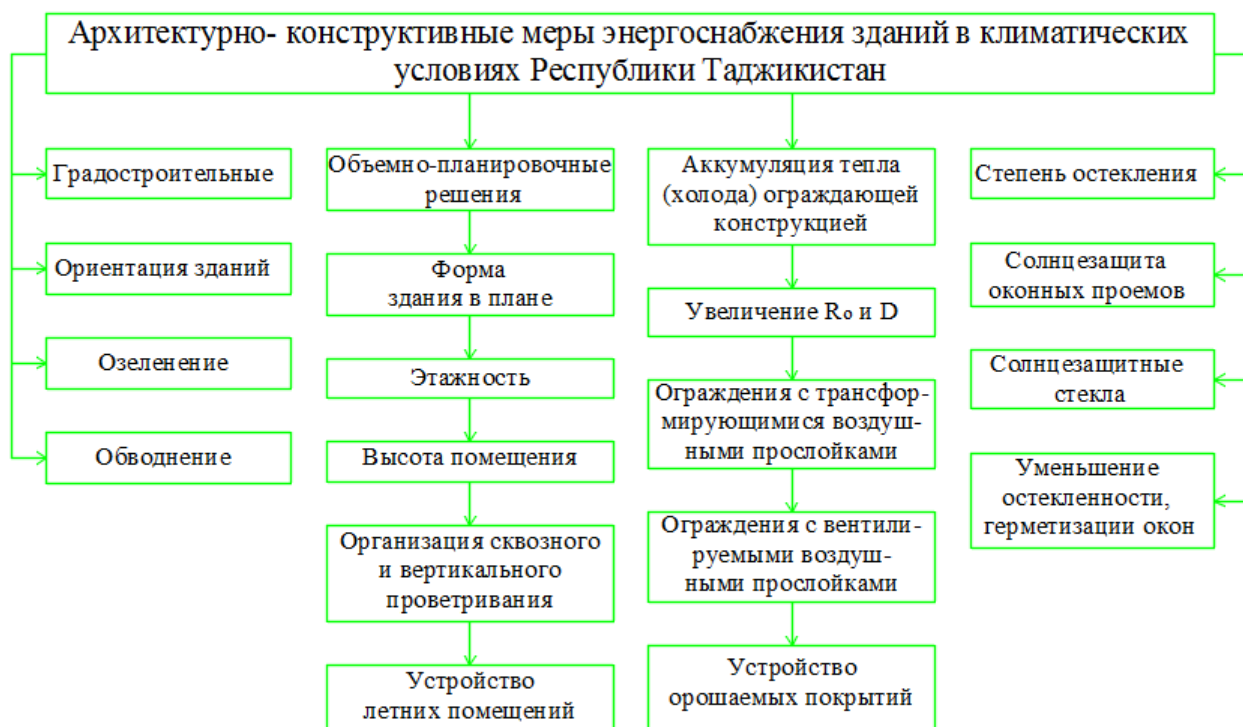
От ширины здания во много зависит повышение его энергоэффективности. В городе Душанбе осуществлено строительство нескольких жилых домов с уширенным корпусов коридорно-секционной планировки с 6 квартирами на один лестнично-лифтовой узел, где в квартирах односторонней ориентации используется система вертикального проветривания через шахты.

Преимущество проветривания через шахты в отличие от сквозного и углового заключается в том, что в штилевые часы (летний период) шахта обеспечивает за счет гравитационного напора необходимый воздухообмен в помещении. В нижних этажах многоэтажного здания температура внутреннего воздуха помещения становится ниже температуры комнат верхних этажей на 1-2,5 °С. Во время действия сильного ветра (более 2м/с) на верхних этажах квартир со сквозным проветриванием подвижность воздуха выше допустимых норм, при проветриваниях через шахты такое явление не наблюдается.

Создавая ОК, обеспечивающие расход энергии при эксплуатации зданий и одновременно выполняя функциональные требования к ним (несущую способность, теплозащиту, звукоизоляцию) при минимальном весе и возможной стоимости, можно оптимизировать строительные конструкции.

Амплитуда колебания температуры на внутренней поверхности наружного ограждения помещения за счет теплопоступлений через окна и воздухообмена в летний период составляет 7<sup>0</sup>С, а счет действия солнечной радиации и температуры наружного воздуха не превышает 1<sup>0</sup>С. Несмотря на это, применяемые в настоящее время в массовом гражданском строительстве наружные ограждения из кирпича и легких бетонов играют важную роль в формировании микроклимата помещений [117]. Поэтому одним из путей экономии энергии в зданиях является оптимизация ОК с точки зрения их теплового режима.





**Рисунок 3.6. - Архитектурно-конструктивные меры энергоснабжения зданий**

Значительного сокращение энергозатрат можно добиться при уменьшении площади остекления наружных стен. Так, уменьшение отношения  $F_{ок}/F_{пол}$  от 1:6 до 1:7, (предел обеспечения естественной освещенности), приводит к снижению расхода тепловой энергии на отопление на 5 – 7%. Увеличение коэффициента остекления от 0,25 до 0,75 приводит к увеличению нагрузки на системы кондиционирования воздуха соответственно в 1,5 – 2 раза.

В последние годы находят широкое распространение стекла с селективным покрытием. Применение теплопоглощающего остекления снижает поступление тепла солнечной радиации на 16 – 43 %, а для предотвращения чрезмерного нагрева остекления эффективна вентиляция межстекольного пространства.

В условиях жаркого климата и высокой сейсмичности увеличение толщины стен с целью улучшения теплозащитных качеств недопустимо. Помещение (здание) является единой теплоинерционной системой и поэтому теплоустойчивость и роль наружных стен в формировании теплового режима помещений нужно оценивать только во взаимосвязи с остальными ограждениями и эксплуатационным режимом помещения.

Однако лишь в кондиционируемых помещениях возможно применение ограждающих конструкции с высокоэффективной изоляцией.

Искусственное регулирование микроклимата снимает значение ориентации и позволяет отказаться от сквозного проветривания.

Как показывают расчёт и натурные исследования, проникающая солнечная радиация через остекление световых проёмов существенно влияет на формирование теплового решения в помещениях в летнее время. Солнцезащитные устройства и материалы, из которого они изготавливаются в указанных условиях играют решающую роль.

В соответствии с нормативными документами в районах со средней месячной июльской температурой наружного воздуха  $21^{\circ}\text{C}$  и выше следует предусматривать солнцезащиту жилых и общественных зданий, а также производственных зданий, в которых должны соблюдаться оптимальные нормы температуры и влажности.

Теплотехнические качества покрытий здания определяют уровень теплового режима верхних этажей здания. Это происходит особенно в летний период, так как в это время года эти ограждения сильно и длительно подвергаются солнечному облучению в отличие от вертикальных ограждений различной ориентации.

В целях повышения эффективности указанных конструктивных элементов зданий и уменьшения их веса в летнее время следует снизить в возможных пределах температуру и её колебание на наружной поверхности.

В строительной практике используются различные способы и пути решения указанной задачи: снизить температуру на поверхности гидроизоляции ковра, увеличивая отражательную способность (окрасить поверхность ковра в светлые тона), постоянно охладить крышу, смачивая её поверхность водой или же заполнить холодной водой в летнее время, устройство непрозрачного экрана над крышей (проветриваемые бесчердачные и чердачные крыши, вентилируемые покрытия зданий).

Использование того или иного способа защиты зданий от перегрева в жаркое время года связывают с определёнными свойствами верхнего слоя конструкции, а также в зависимости от местных условий обеспечения помещения теплом или холодом, или экономических возможностей.

Проведённый анализ архитектурно-конструктивных методов и принципов защиты зданий показали их высокую эффективность для этих целей:

- тот или иной метод теплозащиты должен иметь комплексный характер в силу точного анализа экономических возможностей и ресурсов данного региона, особенностей его климата, назначения здания и режима его эксплуатации.

- технико-экономическая и энергетическая оценка эффективности мер по энергосбережению необходимо осуществлять при рассмотрении здания как единую энергетическую систему.

- целесообразна широкая ориентация для снижения тепла и холодопотребления зданий. Благоприятный способ снижения теплорасхода на отопление и обеспечение допустимых условий в помещении в летний период – это объёмно-планировочное решение жилых зданий, позволяющее расположение жилых помещений с южной стороны и увеличение окон.

- чтобы повысить теплоустойчивость наружных ограждений в ЖЗ целесообразно было бы использовать экранированные ограждения. Теплотехнический эффект экранирования увеличивается при выполнении главных мер снижения перегрева: интенсивное проектирование и эффективная солнцезащита световых проёмов.

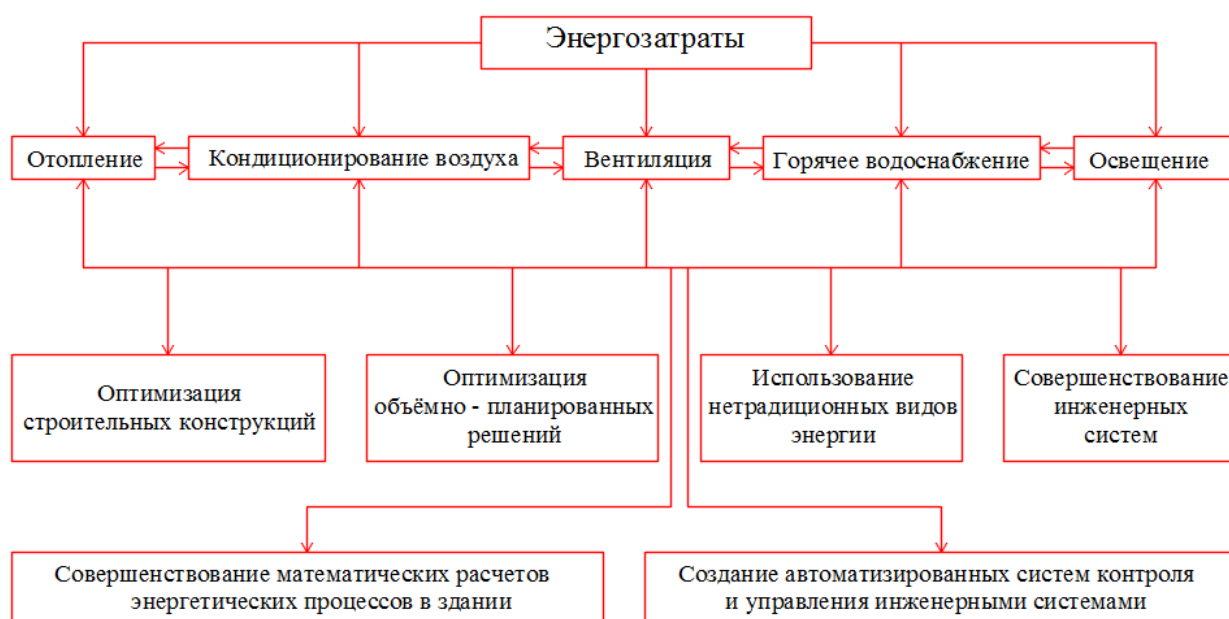
Только на основании достоверных и точных расчетов теплового, воздушного и светового режимов возможно оптимизировать строительные конструкции и архитектурно-планировочные решения.

Неправильный учёт любого фактора наружного климата приводит к дискомфорту в помещении и дополнительным затратам тепла. Без создания точных математических моделей теплового, воздушного и светового режима в зданиях невозможно совершенствовать инженерные системы, так как невозможно обеспечить строго нормируемые параметры микроклимата, не допуская не перерасходе энергии и дискомфортные условия.

Структура энергозатрат в здании и возможность их уменьшения путем архитектурно-конструктивных и активных мер энергосбережения представлены на рисунке 3.7. Из рисунка видно, что все элементы энергоснабжения здания связаны между собой. Поэтому создание энергоэкономичного здания является проблемой комплексной, затрагивающей все его строительные конструкции.

Оптимизация объемно-планировочных решений и ОК существенным образом оказывает влияние на систему отопления и охлаждения здания и является действенным мероприятием по уменьшению энергозатрат на эти цели.

Приведенные мероприятий по экономии энергии оправданы лишь в том случае, когда это экономически выгодно.



**Рисунок 3.7. - Структура энергозатрат в зданиях и пути их уменьшения**

### **3.3. Сравнительный анализ теплотехнических показателей наружных ограждающих конструкций зданий**

Существуют следующие факторы, связанные с теплотехническими качествами наружных ОК:

- обеспечение температуры и влажности воздуха в помещениях в соответствии с нормативными требованиями;
- количество тепла, которое теряет здание в зимний период;
- температура внутренней поверхности ограждения, обеспечивающая нормативный перепад;

- режим влажности ограждения, который влияет на теплозащитные качества ограждения и его долговечность.

В зависимости от конструктивного решения, климатологической характеристики района застройки, физических качеств и свойств температурного режима влажности зданий и в соответствии с нормами сопротивления теплопередачи, воздухопроницаемости и паропроницаемости выбираются ограждающие элементы. Наиболее важными в структуре затрат тепловой энергии на отопление зданий являются потери тепловой энергии через наружные ограждения. Насколько высок уровень теплоизоляции в наружных ограждениях, настолько малы потери теплоэнергии в здании через оболочку. Потери теплоэнергии в здании при чётком регулировании параметров теплоносителя непосредственно связаны с уровнем теплоизоляции наружных ОК.

Наружные ограждения в любом здании предохраняют его от прямых атмосферных воздействий.

В зимний период наружное ограждение разделяет воздушное пространство с различной температурой, и как следует с различным барометрическим давлением. В результате чего возникает разница в давлении обеих сторонах ограждающей конструкции, и в следствии воздух перемещается из области большего давления в область меньшего. Воздухопроницание имеет существенное влияние на теплопередачу через ограждения и на теплопотери и тепловой режим в помещении.

При сравнении тренда нормативных требований по отношению уровня теплоизоляции ОК зданий, который принят в РТ (на примере г. Душанбе), сравнение окажется не в пользу последней.

В таблице 3.2 приведён анализ минимально допустимых нормативных требований к уровню теплоизоляции ОК зданий, которые проектируются на территории РТ.

Таблица 3.1. - Сравнительный анализ теплотехнических показателей наружных ограждающих конструкции ГЗ

№	Конструктивное решение стены	Характеристики слоев						Сопротивление теплопередаче			Условия выполняется или нет		Соответствует СНиП РТ 23-02-2021
		Наименование слоя	Плотность $\gamma_n$ , кг/м <sup>3</sup>	Паропроницаемости $\mu$ , г/(м·ч·мм рт. ст.),	Расчетный коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·°C)	Расчетный коэффициент теплоусвоения $S$ , Вт/м <sup>2</sup> ·°C	Толщина слоя $\delta$ , м	Требуемое, м <sup>2</sup> ·°C / Вт	Нормативное Вт/м <sup>2</sup> ·°C	Расчётное, Вт/м <sup>2</sup> ·°C	Зимние	Летние	
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
Существующие наружные ограждающие конструкции стены													
1.		Известково-песчаный раствор	1600	0,12	0,7	8,69	0,01	0,85	1,6	0,86	нет	нет	нет
		Кирпич обыкновенный жжёный на цементно-песчаном растворе	1800	0,11	0,70	9,20	0,25						
		Цементно-песчаный раствор	1800	0,09	0,76	9,6	0,015						

Продолжение таблицы 3.2

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
2.		Известково-песчаный раствор	1600	0,12	0,7	8,69	0,01	0,85	1,6	0,53	нет	нет	нет
		Железобетон	2500	0,03	1,92	18,95	0,3						
		Цементно-песчаный раствор	1800	0,09	0,76	9,6	0,015						
3.		Известково-песчаный раствор	1600	0,12	0,7	8,69	0,01	0,85	1,6	0,72	нет	нет	нет
		Стенобетонные камни (цеменблок)	2050	0,075	1,16	13,7	0,4						
		Цементно-песчаный раствор	1800	0,09	0,76	9,6	0,015						

Продолжение таблицы 3.2

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
4.		Известково-песчаный раствор	1600	0,12	0,7	8,69	0,01	0,85	1,6	0,72	нет	нет	нет
		Кирпич обыкновенный жжёный на цементно-песчаном растворе	1800	0,11	0,70	9,20	0,25						
		Закладной деталь											
		Стеклофибробетон	1850	0,09	0,52	11,09	0,02						
5.		Известково-песчаный раствор	1600	0,12	0,7	8,69	0,01	0,85	1,6	1,38	нет	нет	нет
		Кирпич обыкновенный жжёный на цементно-песчаном растворе	1800	0,11	0,70	9,20	0,25						
		Пенопласт ПХВ-1 (ТУ 6-05-1179-1158-78)	125	0,23	0,06	0,86	0,05						
		Цементно-песчаный раствор	1800	0,09	0,76	9,6	0,015						



Продолжение таблицы 3.2

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
6.		Известково-песчаный раствор	1600	0,12	0,7	8,69	0,01	0,85	1,6	1,18	нет	нет	нет
		Железобетон	2500	0,03	1,92	18,95	0,3						
		Пенопласт ПХВ-1 (ТУ 6-05-1179-1158-78)	125	0,23	0,06	0,86	0,05						
		Цементно-песчаный раствор	1800	0,09	0,76	9,6	0,015						
7.		Известково-песчаный раствор	1600	0,12	0,7	8,69	0,01	0,85	1,6	1,73	да	да	да
		Газоблок (ГОСТ 25485-89)	646	0,11	0,13	3,91	0,2						
		Цементно-песчаный раствор	1800	0,09	0,76	9,6	0,015						

Продолжение таблицы 3.2

Предлагаемые наружные ограждающие конструкции стен														
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	
1.		Известково-песчаный раствор	1600	0,12	0,7	8,69	0,01	0,85	1,6	1,61	да	да	да	
		Кирпич обыкновенный жжёный на цементно-песчаном растворе	1800	0,11	0,70	9,20	0,25							
		Воздушная прослойка	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки $R_{в.п.}=0,14 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$											0,05
		Кирпич обыкновенный жжёный на цементно-песчаном растворе	1800	0,11	0,70	9,20	0,25							
		Маты минераловатные прошивные (ГОСТ 21880-94) и закладная деталь	50	0,53	0,052	0,48	0,04							
		Мрамор	2800	0,008	2,91	22,86	0,02							
2.		Известково-песчаный раствор	1600	0,12	0,7	8,69	0,01	0,85	1,6	1,61	да	да	да	
		Кирпич обыкновенный жжёный на цементно-песчаном растворе	1800	0,11	0,70	9,20	0,25							
		Маты минереловатные прошивные и закладная деталь	75	0,49	0,06	0,61	0,06							
		Стеклофибробетон	1850	0,09	0,52	11,09	0,02							

Продолжение таблицы 3.2

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
3.		Керамзитобетон	1600	0,09	0,67	10,77	0,08	0,85	1,6	1,78	да	да	да
		Пеноплэкс	50	0,23	0,034	0,99	0,05						
		Стеклофибробетон	1850	0,021	0,52	12,14	0,02						
Существующие наружные ограждающие конструкции покрытий													
Перекрытия последнего этажа													
1.		Железобетонная монолитная плита перекрытия	2500	0,03	1,92	18,95	0,15	1,13	2,16	2,31	да	да	да
		Пароизоляция - обмазка горячим битумом.											
		Гравий керамзитовый (ГОСТ 9759-83)	200	0,26	0,11	1,30	0,22						
		Цементно-песчаная стяжка	1600	0,12	0,7	8,69	0,05						

Продолжение таблицы 3.2

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.					
Перекрытия над неотапливаемыми подвалами или подпольями																		
1.		Железобетонная монолитная плита перекрытия	2500	0,03	1,92	18,95	0,15	0,5	2,16	2,32	да	да	да					
		Пароизоляция полиэтиленовая пленка (пергамин).																
		Теплозвукоизоляция - плиты минераловатные повышенной жесткости на оргофосфатном связующем	80	0,05	0,04	0,7	0,08											
		Цементно-песчаная стяжка	1800	0,09	0,76	9,6	0,05											
		Линолеум поливинилхлоридный (ГОСТ 18108)	1800	0,002	0,38	8,56	0,005											
2.		Железобетон	2500	0,03	1,92	18,95	0,15	0,5	2,16	2,32	да	да	да					
		Маты минераловатные прошивные (ГОСТ 21880-76)	125	0,30	0,064	0,82	0,12											
		Цементно-песчаный раствор	1800	0,12	0,76	11,09	0,05											
		Лага 50x50 мм																
		Паркет	650	0,05	0,23	3,56	0,03											

Приведен сравнительный анализ теплотехнических показателей, существующих наружных ограждающих конструкции ЖЗ (таблица 3.2) показывает, что в климатических условиях города Душанбе наружная стена из кирпича обыкновенный жжёный на цементно-песчаном растворе толщиной 250мм, железобетонная стена толщиной 300мм, стенобетонные камни толщиной 400мм, стена из кирпича обыкновенный жжёный на цементно-песчаном растворе толщиной 250мм с покрытием из стеклофибробетона толщиной 20мм и воздушной прослойки толщиной 60мм без слоя утеплителя не соответствует действующим нормативным требованиям по теплотехнике.

Наружная стена с применением стенового блока (газоблок по ГОСТ 25485-89) толщиной 200мм, стена из кирпича обыкновенного жжёного на цементно-песчаном растворе толщиной 380мм с покрытием из минераловатных прошивных (по ГОСТ 21880-76) толщиной 40мм и воздушной прослойки толщиной 50мм, стена из кирпича обыкновенного жжёного на цементно-песчаном растворе толщиной 250мм с покрытием из стеклофибробетона толщиной 20мм с теплоизоляционным слоем из мата минераловатных прошивных (по ГОСТ 21880-94) толщиной 60мм соответствует действующим нормативным требованиям по теплотехнике.

Наружная стена с применением предлагаемой трёхслойной ненесущей стеновой панели из слоя керамзитобетона толщиной 80мм, пеноплекса толщиной 50мм и стеклофибробетона толщиной 20мм соответствует действующим нормативным требованиям по теплотехнике.

Перекрытия последнего этажа и перекрытия над неотапливаемыми подвалами из железобетонной монолитной плиты с теплоизоляционным слоем из керамзитового гравия и цементно-песчаного раствора соответствует действующим нормативным требованиям по теплотехнике.

### **3.4. Влажностное состояние ограждающих конструкций жилых зданий**

В настоящее время в РТ у владельцев квартир в процессе эксплуатации жилья появились отдельные проблемы. Одной из проблем, влияющую на среду

обитания – микроклимат является избыточная увлажнённая конструкций зданий. На бытовом уровне, зная условия возникновения влаги, практически можно исключить появление влаги.

Влажностное состояние ОК в значительной мере может повлиять на теплозащитные свойства конструкции и влагосодержательные качества материала ОК влияют на их долговечность. Конструкция в сухом состоянии, может служить долго, а увлажненная быстро разрушается от холода, коррозии и воздействия биологических процессов.

На начальных стадиях повышенное влажностное состояние ОК может быть из-за присутствия строительной влаги, а в дальнейшем, в процессе эксплуатации из-за внутреннего увлажнения воздуха или атмосферной влаги. Увеличенное влагосодержание ограждающих конструкций также может стать причиной чрезмерного увлажнения в результате активизации конденсационных и диффузионных явлений. В связи с этим, конструируя ОК, особое внимание следует уделить правильной оценке влажностного состояния ограждающих конструкций при их эксплуатации.

Относительная влажность внутреннего воздуха ( $\varphi$ ) в жилых помещениях от 30 до 60% считается нормальной. При нагревании воздуха с определённым влагосодержанием, снижается его относительная влажность, а с увеличением температуры воздуха соответственно повышается его максимальное значение  $E$ , поскольку значение парциального давления водяного пара сохраняется неизменным. В условиях, когда максимальное значение парциального давления  $E$  равно значению  $e$ , тогда  $\varphi$  будет равна 100%. В данном случае наступает состояние полного насыщения охлаждённого воздуха водяным паром.

В холодный период года температура поверхности наружных ОК в отапливаемом помещении снижается ниже температуры внутреннего воздуха. В связи с этим, на поверхности ограждающих конструкций необходимо обеспечение такой температуры, при которой не могло бы произойти конденсация влаги.

Различают гигроскопическое увлажнение, которая поглощается пористым материалом окружающего воздуха, и конденсационный вид увлажнения, который образуется на внутренней поверхности ОК и появляется при конденсации в них водяных паров воздуха при эксплуатации здания. Относительная влажность воздуха определяет степень насыщенности воздуха водяным паром [13].

Исходя из данного положения следует иметь в виду, что:

- относительная влажность помещения от 50 до 60 % и температура воздуха от 18 до 20 °С являются нормальными показателями внутренней среды;
- агрессивные вещества, растворенные во влаге, проникают в ОК и являются основной причиной коррозии, как металлических конструкций, так и арматуры в железобетоне. Они влияют на долговечность самих конструкций;
- в основном, конденсат выпадает в углах помещений, на более охлаждённые поверхности и на более холодные наружные светопрозрачные ОК;
- коэффициент теплопроводности ОК уменьшается при увлажнении материалов, теплопередача увеличивается и нарушается температурно-влажностный режим внутри помещения, что влияет на состояние здоровья человека. Если значение влажности и температуры повышены, то появляется возможность уменьшения испарения и в помещении становится душно;
- для ликвидации запотевание внутренних слоёв стекол оконных проемов в помещении достаточно увеличить воздухообмен.

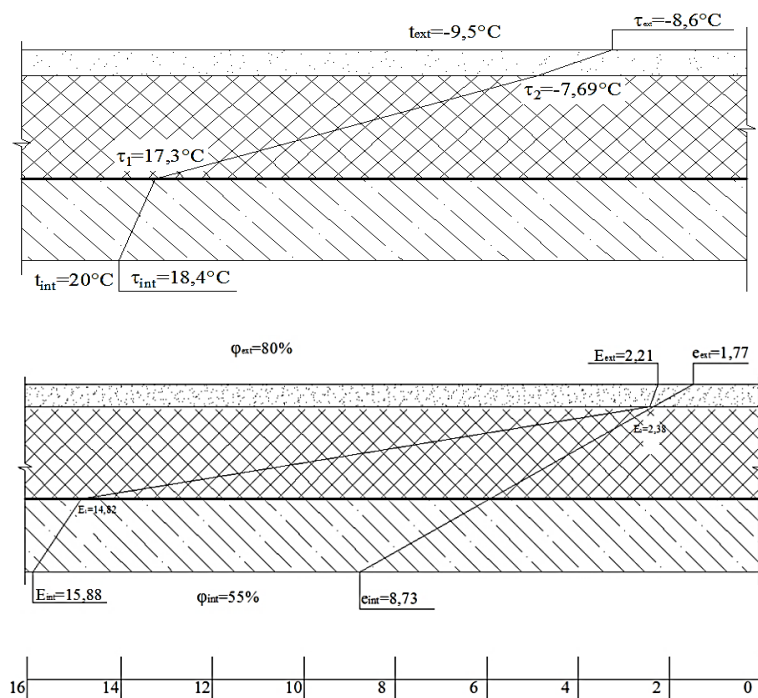
Увеличивая сопротивление теплопередачи ОК, усиливая вентиляцию в помещениях или повышая температуру внутреннего воздуха, можно предотвратить появление конденсата на внутренней поверхности ограждений.

При сильно повышенной температуре и высокой влажности возможно выпадение конденсата не только на внутреннюю поверхность ограждения, но и в его внутрь, тогда пар двигается из помещения на наружу, то есть происходит диффузия водяного пара.

В подразделе 3.4 рассмотрено состояние конструкций по перепаду температур, влажности и конденсации. На таблице 3.3 и рисунках 3.8 и 3.9 приведено изменение температуры на поверхностных слоях и состояние влажности конструкций.

**Таблица 3.2.** - Значения максимального парциального давления водяного пара, мм рт. ст. для различных температур (при атмосферном давлении 755 мм)

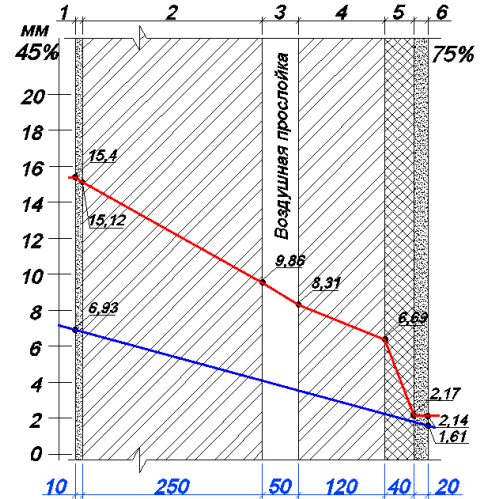
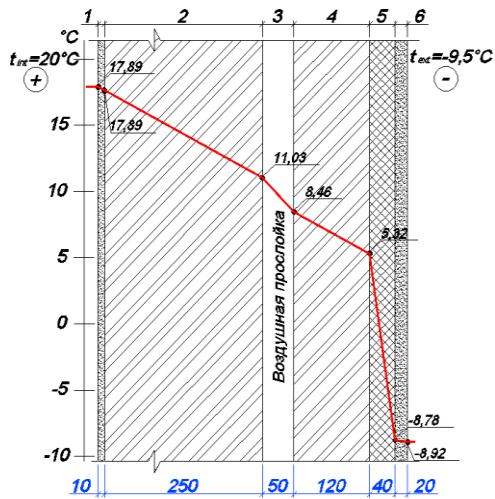
Для температур от 0 до -40°C (над льдом)		Для температур от 0 до +50°C (над водой)	
Наружная многослойная стена с воздушной прослойкой малоэтажных гражданских зданий			
$\tau^\circ\text{C}$	Е мм	$\tau^\circ\text{C}$	Е мм
-8	2,32	17,89	15,4
-8,5	2,22	17,62	15,12
-8,78	2,17	11,03	9,86
-8,92	2,14	8,46	8,31
-9	2,13	5,32	6,69
$e_{\text{int}}=6.93\text{мм}; e_{\text{int}}=1.61\text{мм};$			
Наружная многослойная стена многоэтажных гражданских зданий			
$\tau^\circ\text{C}$	Е мм	$\tau^\circ\text{C}$	Е мм
-7,12	2,5	17,91	15,39
-7,81	2,36	17,65	15,15
-8	2,32	11,1	9,91
$e_{\text{int}}=6.93\text{мм}; e_{\text{int}}=1.76\text{мм};$			
Многослойная ограждающая энергоэффективная стеновая панель			
$\tau^\circ\text{C}$	Е мм	$\tau^\circ\text{C}$	Е мм
-8,15	2,27	18,09	15,57
-8,78	2,17	16,13	13,74
$e_{\text{int}}=6.93\text{мм}; e_{\text{int}}=1.76\text{мм};$			
Железобетонное перекрытие			
$\tau^\circ\text{C}$	Е мм	$\tau^\circ\text{C}$	Е мм
-7,69	2,38	18,4	15,88
-8,6	2,21	17,3	14,82
$e_{\text{int}}=6,23\text{мм}; e_{\text{int}}=1.63\text{мм};$			



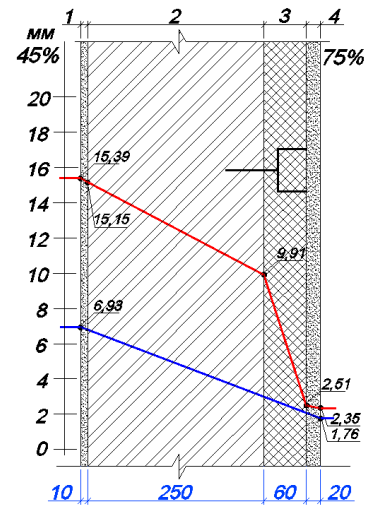
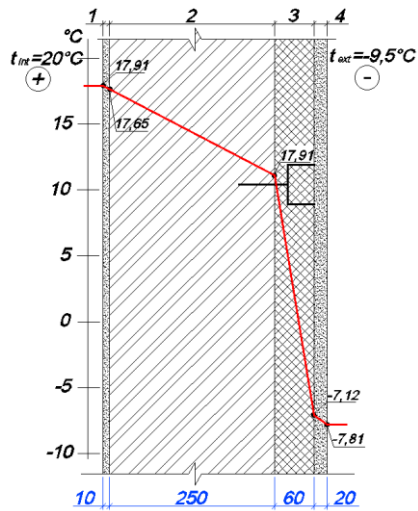
**Рисунок 3.8.** - Распределение температуры в толще и влажностное состояние ограждающей конструкции покрытия



а)



б)



в)

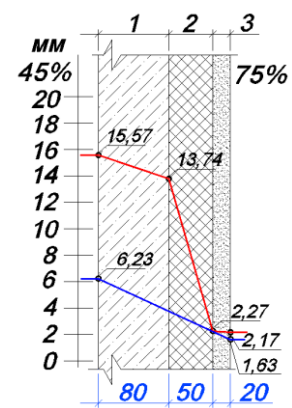
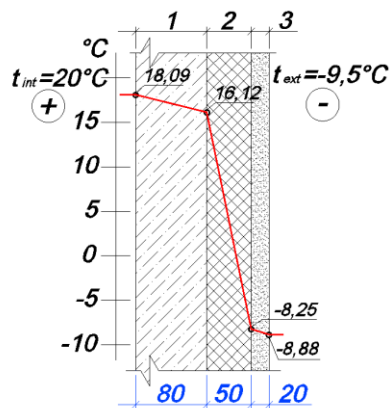


Рисунок 3.9. - Распределение температуры в толще и влажностное состояние ограждающей конструкции: а) многослойная наружная стена с замкнутой воздушной прослойкой; б) наружная многослойная стена; в) трехслойная несущая стеновая панель.

## **Выводы по третьей главе**

В целях достижения оптимальных технико-экономических характеристик здания и дальнейшего сокращения удельного расхода энергии на отопление рекомендуется:

1. Расчетный показатель компактности жилых зданий должен приниматься не выше, установленных п. 32 СНиП РТ 23-02-2021 «Тепловая защита зданий» [1-А, 8-А].

2. Анализ геометрической формы здания показывает, что круглые и квадратные формы с точки зрения энергосбережения и занимаемой площади ограждающих конструкций лучше других геометрических фигур. Однако при планировке и размещении комнат в круглой и квадратной геометрической форме по действующим нормам проектировщик теряет определенную площадь [1-А, 7-А, 8-А].

3. Ширококорпусная форма здания подходит для проектирования энергоэффективных зданий. В такой геометрической форме здания, проектировщик выигрывает с точки зрения энергосбережения, экономии площади ограждающих конструкций и размещения помещений [1-А, 7-А, 8-А].

4. Выбор рациональных объёмно-планировочных и конструктивных решений зданий, правильной ориентации, недопущение сверхнормативных площадей световых проёмов, разработка и внедрение энергоэффективных ОК с использованием высококачественных теплоизоляционных материалов обеспечит высокий уровень их тепловой защиты [1-А, 7-А, 8-А].

5. Увеличивая сопротивление теплопередачи ограждения, усиливая вентиляцию в помещении или повышая температуру внутреннего воздуха, можно предотвратить появление конденсата на внутренней поверхности стены [1-А, 3-А, 8-А].

## **Глава 4. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

### **4.1. Анализ физико-технических и конструктивных показателей существующих и предлагаемых многослойных стеновых панелей**

Конструкции панелей наружных стен можно свести к двум основным группам: однослойные из легкого бетона и многослойные с различными утеплителями.

В природно-климатических условиях РТ наружные ОК зданий должны защищать помещения от перегрева летом и от низких температур наружного воздуха зимой. Следует стремиться обеспечить свободу температурных деформаций наружного слоя и всей панели в целом, применять податливое соединение панелей с несущими конструкциями зданий и стыковых соединений между панелями.

Разработаны общие положения выбора конструктивных решений стен, учитывающие местные условия строительства, эффективные стеновые материалы и конструкции, обеспечивающие необходимую защиту помещений от внешних климатических воздействий. Сопоставление и выбор вариантов проводятся по экономическим критериям, учитывающим единовременные вложения в производство изделий, затраты на их изготовление, монтаж и издержки в процессе эксплуатации. Когда расчет не выявляет преимущество того или иного конструктивного решения, обычно выбирают тот вариант, который обеспечивает более комфортные условия в жилище.

Из числа слоистых панелей наибольшее распространение получили трехслойные, состоящие из наружного, внутреннего слоев и утепляющего слоя между ними. Наружные и внутренние стены могут быть выполнены из железобетона, керамзитобетона и других материалов. В трехслойных панелях применяются различные утеплители: жесткие и полужесткие маты и плиты из минеральной ваты на синтетической связке, плиты из фибролита на портландцементе, плиты из пористых пластмасс или ячеистого бетона и др.

Один из наиболее существенных недостатков бетонных трехслойных стеновых панелей, наличие сквозных ребер, соединяющих железобетонные слои панели и образующих сквозные теплопроводные включения. На практике размеры теплопроводных включений получаются больше проектных вследствие технологических трудностей при изготовлении панелей и низкого качества утеплителей. Это приводит к резкому ухудшению теплозащитных качеств стены, их отсыреванию и промерзанию зимой.

Существует также многослойная стеновая панель [51], которая состоит из ограждающих железобетонных слоев. Слой с ребрами жесткости в панелях помещены между ограждающим и теплоизоляционным слоями. Из насыпного утеплителя сделан теплоизоляционный слой. Такая панель имеет материалоемкость, но она не очень прочна и не в полной мере соответствует теплоизоляционным нормам.

Многослойная стеновая панель (МСП) [4] состоит из наружных, внутренних, промежуточных и утепляющих слоев. Слой утеплителя – перфорированный, наружные и внутренние слои соединяются ребрами, а между наружным слоем и утеплителем предусматривается воздухонепроницаемый слой.

У указанной панели высокая материалоемкость, но она недостаточно прочна и имеет низкие теплозвукоизоляционные качества.

Также существует аналогичная МСП [5], состоящая из наружного и внутреннего бетонного слоев, соединительных ребер, промежуточного слоя утеплителя, которая выполнена из цельного листа пенополистирола и листа с перфорациями и слоями фольги. Однако у указанной стеновой панели прочностные характеристики не достаточны.

Наиболее приемлемое техническое решение представленных типов панелей МСП [100], состоящих с внутренней стороны из железобетонного слоя плотностью  $2500 \text{ кг/м}^3$  толщиной 120 мм, с внешней стороны из железобетонного слоя плотностью  $2500 \text{ кг/м}^3$  толщиной 30мм и в середине из теплозащитного материала толщиной 100 мм (плита из стекловолокна ISOVER

плотностью  $125 \text{ кг/м}^3$  с коэффициентом теплопроводности  $0,037 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ). Один из недостатков этой панели заключается в том, что она используется в строительстве малоэтажных зданий и имеет сравнительно большой вес.

Нами представленная трехслойная несущая стеновая панель (ТНСП), состоит из стеклофибробетона, теплоизоляционного материала экструдированный пенополистирол (пеноплекс) и керамзитобетона. Это конструкция отличается от других видов стеновых конструкций тем, что изготавливается с использованием горизонтальной опалубки с болтовым соединением краев. Первоначально горизонтальная опалубка изготавливается с учётом габаритных размеров каркасов здания на производственных предприятиях с использованием гипсовых и химических веществ (рисунок 4.1), отражающих форму фасада здания. На втором этапе в опалубку заливается слой стеклофибробетона толщиной 20 мм под давлением 15 МПа и устанавливаются хомуты диаметром 8 мм из арматуры класса А-III (А400). После затвердевания стеклофибробетона (через 2-2,5 часа) укладывается теплозащитный материал «пеноплекс». На следующем этапе, посредством повторного вибрирования заливается раствор керамзитобетона толщиной 80 мм с конструктивной сеткой из арматуры класса А-III (А400) диаметром  $d=8 \text{ мм}$  и с ячейками  $200 \times 200 \text{ мм}$  [14-А].



**Рисунок 4.1. - Процесс изготовления опалубки ТНСП**

С получением более 70% прочности конструкции производится распалубка формы. С целью сокращения сроков изготовления и ускорения процесса сушки конструкции допускается использование специальной печи.

Технические результаты, получаемые от предлагаемой ТНСП, прежде всего, могут обеспечить уменьшение сроков строительства каркасных ГЗ, увеличить срок службы здания и обеспечить энергоэффективность наружных стен.

ТНСП состоит из трёх конструктивных слоёв. Во внутреннем слое из керамзитобетона, плотность составляет  $1600 \text{ кг/м}^3$ , а коэффициент теплопередачи  $0,67 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$  [85]. Наружный слой из стеклофибробетона плотностью  $1850 \text{ кг/м}^3$ , коэффициент теплопередачи  $0,52 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ , получены на основании данных лабораторных исследований, проведенных в лаборатории ГУП «НИИСА». Средний слой состоит из теплоизоляционного материала «ПЕНОПЛЭКС», плотностью  $50 \text{ кг/м}^3$  и коэффициентом теплопередачи  $0,034 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$  [68]. Внутренний слой армируется стальной сеткой, хомутами. Предусмотрены детали для соединения с колоннами. Характеристики арматурной стали, используемой в качестве каркаса соответствуют ГОСТ 10922-90 [28].

Керамзитобетон, используемый в ТНСП является лёгким и уплотняется под высоким давлением. Сила уплотнения (давления, придавленности) бетона при заливании не менее  $15 \text{ МПа}$ .

Преимуществами ТНСП являются:

- широкие возможности применения на фасадной части различных дизайнерских решений;
- отсутствие необходимости дополнительных отделочных работ фасадной части панели (рисунок 4.2);
- возможность обеспечения высоких влагозащитных качеств фасада панели;
- возможность разнообразной цветовой отделки фасада;
- достижение современных дизайнерских решений здания в целом.

Методы проектирования и система управления производством смогут обеспечить хорошее качество панелей. Система производственного контроля

обеспечивает контроль всего оборудования, материалов, элементов и самого процесса производства.

**Таблица 4.1.** - Физическая характеристика материала слоев ТНСП для города Душанбе

№	Наименование слоев	Плотность материала $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Расчетный коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·°С)	Толщина слоя $\delta$ , м	Расчетное значение сопротивления теплопередаче $R^p$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	Нормируемое значение сопротивления теплопередаче $R^p$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт [85]
1	Керамзитобетон	1600	0,67	0,08	1,78	1,6
2	«ПЕНОПЛЭКС»	50	0,034	0,05		
3	Стеклофибробетон	1850	0,52	0,025		

Расчёт теплозащиты ТНСП в условиях эксплуатации зимой и летом осуществляется на основе требований строительных норм и правил РТ, а конструкции данной панели соответствуют требованиям СНиП РТ «Тепловая защита зданий» [85].

Толщина внутреннего слоя, выполненного из керамзитобетона, согласно расчётам, составила 80 мм. Толщина второго слоя, состоящего из теплозащитных плит, согласно расчётам, равна 50 мм. Толщина третьего слоя, образующего фасад здания, выполняется из стеклофибробетона любой формы, равна 20мм.

При конструировании ТНСП учтены технические требования тепло-, влаго-, звукоизоляции и огнестойкости, а также экономические и архитектурно-художественные требования. Данная панель может быть использована, в зданиях как наружная несущая стена с показателями, приведенными в таблице 4.1.

Габаритные размеры представленной панели равны 3400х3000х150 (мм) (рисунок 4.3), максимальный вес с оконными проемами (1750х1550 (мм)) составляет 1,385 тонны, без оконных проемов (сплошная) составляет 1,85 тонны. Размеры панели определены на основе модульной координации размеров в строительстве и габаритов сетки колонн каркаса.



Рисунок 4.2. - Общий вид ТНСП

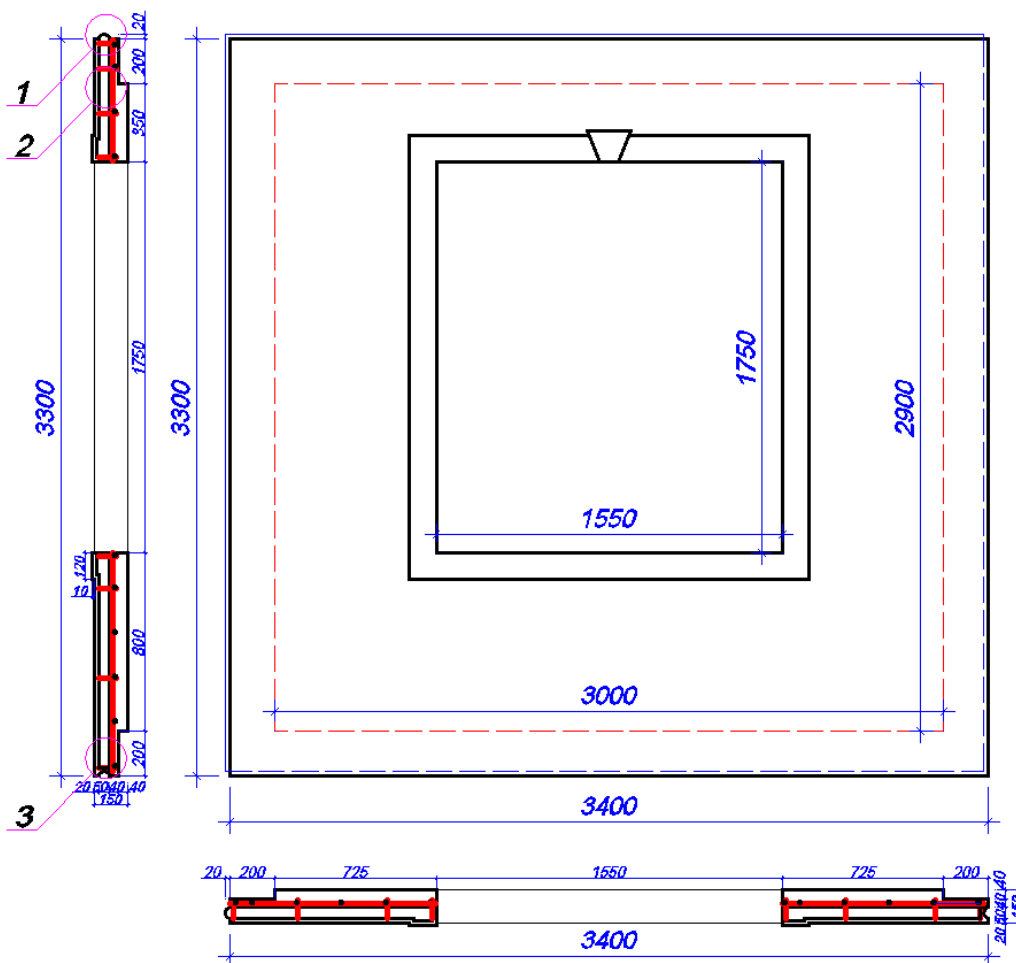
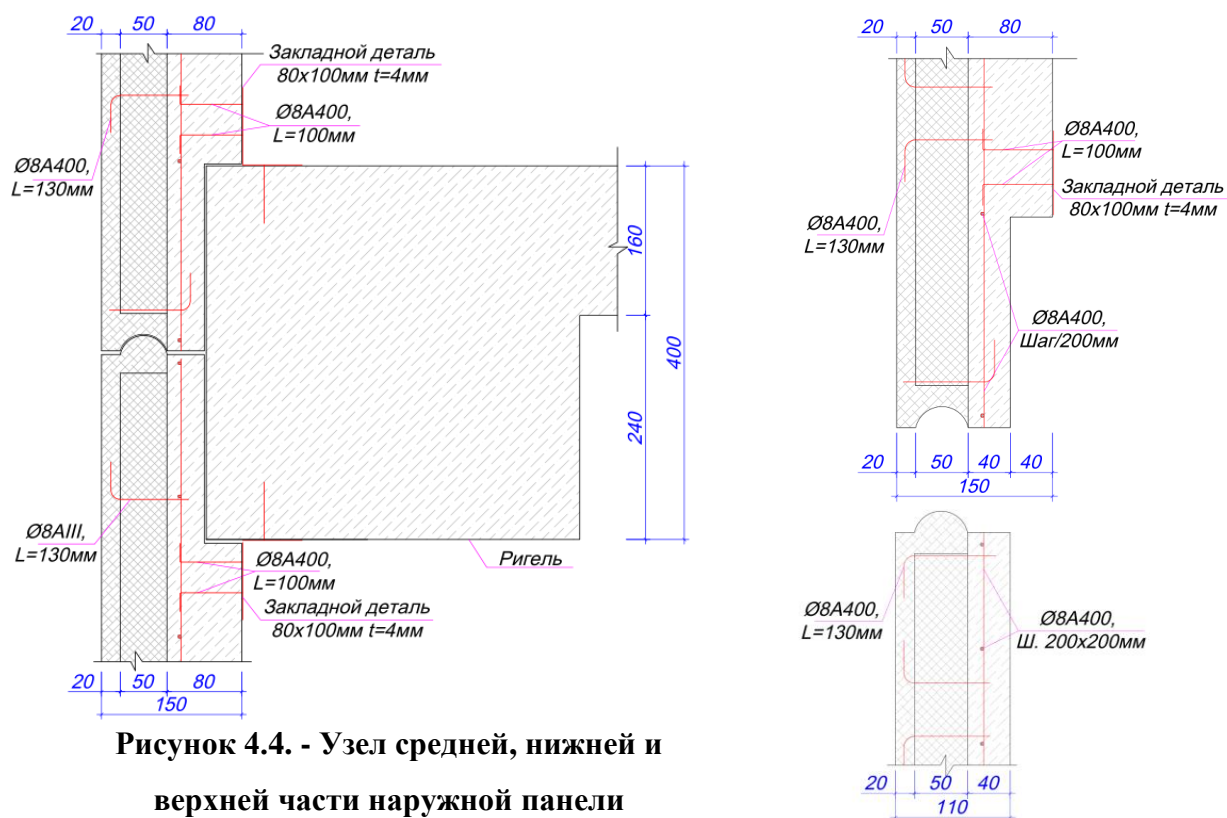


Рисунок 4.3. - Фасад наружной стеновой панели, поперечное и продольное сечения

Соединение панелей с несущими элементами каркаса осуществляется при помощи стальных закладных деталей на сварке (рисунок 4.4).

При изготовлении указанной стеновой панели значительно снижаются сроки сдачи здания в эксплуатацию, также появляются возможности изготовления наружных стен с нормативной теплопроводностью, что необходимо для обеспечения энергетической эффективности.





**Рисунок 4.4. - Узел средней, нижней и верхней части наружной панели**

В конструкции наружных стен стыки занимают особое место, поскольку они должны не только обеспечить совместную работу соседних панелей, но и создать надежную защиту помещений от протекания, продувания и промерзания. Совместная работа соседних панелей обеспечивается их связью в стыках.

Для сохранения качества стыков в предлагаемом ТНСП используется специальная экструзионная резина в виде фитиль. При соединении двух панелей между собой в зависимости от размера стыка определяется материал между стыками. Материал между стыками мягкий, имеет разные размеры и удобен для легкого соединения двух панелей. При этом эти панели герметизируются изнутри по краям колонн и балок.

#### **4.1.1. Исследования теплозащиты ТНСП**

Исследования теплозащитных качеств панели проводились в летних и зимних условиях с помощью прибора ИТП-МГ4.03/5(III) «ПОТОК» (указана в главе 2 пункт 2.4 рисунок 2.2).

Цель исследований - определение теплотехнических показателей ТНСП экспериментальными исследованиями по методикам, предусмотренным ГОСТ 25380, ГОСТ 26254 и ГОСТ 26602.1 [24-26].

Для проведения исследований в жарких и холодных условиях была изготовлена модель, закрепленная с рамой каркаса с помощью закладных деталей (рисунок 4.5).



**Рисунок 4.5. - Процесс создания исследуемой модели**

Габаритные размеры изготовленной панели составляют 0,85x0,85x0,15 (м) и в ней предусмотрен оконный проем размерами 0,45x0,4 (м).

Соединение панели с основными конструкциями каркаса герметизировано пенополиуретановыми материалами. В оконном проеме панели был установлен поливинилхлоридный стеклопакет с двойным остеклением.

Остальные поверхности модели стеновой панели покрыты теплозащитным слоем из пеноплекса, толщиной 60 мм и легких газоблоков, толщиной 100 мм.

Модель соответствует требованиям СНиП 23-02-2021 [85] и ГОСТ 7076-99 [30] в климатических условиях города Душанбе. Для определения теплового потока в ограждающей конструкции данной модели был установлен прибор внутри помещения, в соответствии с инструкцией измерительного комплекса ИТП-МГ4.03/5(III) «ПОТОК» (рисунок 4.6).



**Рисунок 4.6. – Процесс проведения исследования ТНСП**

Для поддержания температуры внутреннего воздуха в зимних условиях в пределах 20-22°C по ГОСТ 30494-2011 [27] использован электронагреватель с термостатом.

Результаты исследований, проведенных в зимних условиях в январе и летних условиях в июле, представлены в таблицах 4.2 и 4.3.

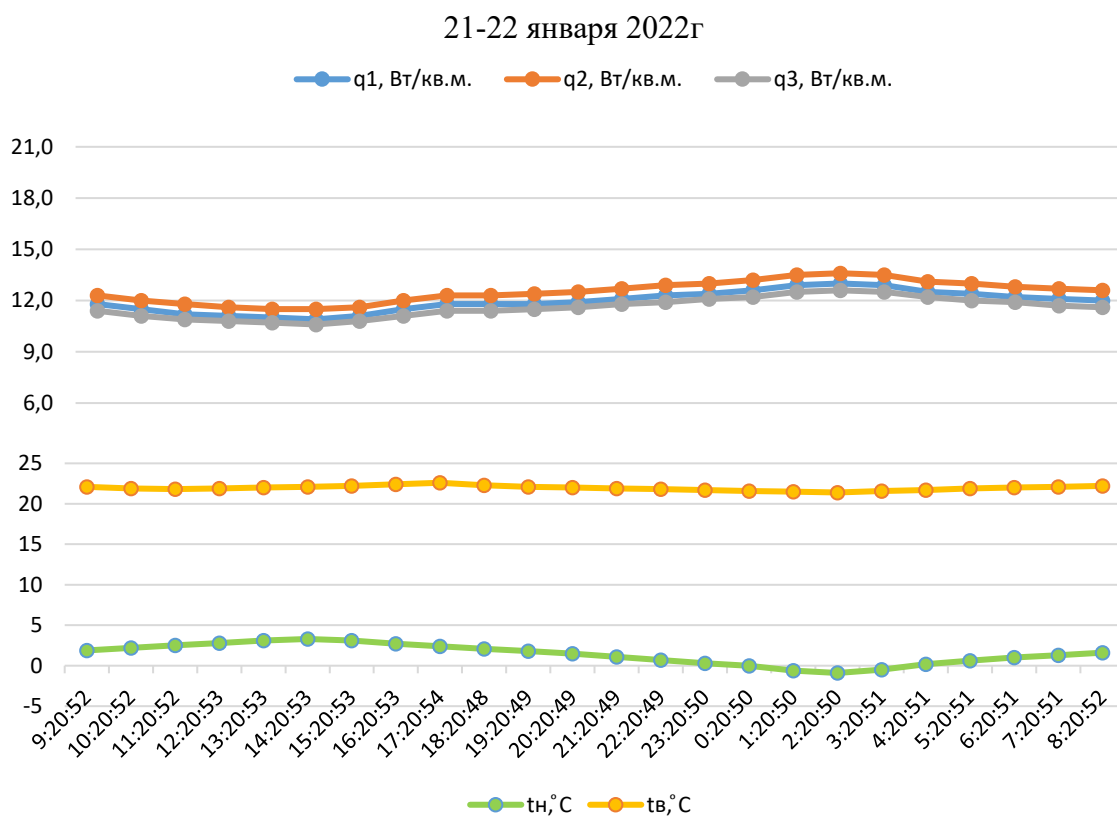
**Таблица 4.2.** - Результаты исследований, проведенных в зимних условиях, прибором ИТП-МГ4.03/5(III) «ПОТОК» (21-22 января 2022г)

Показатели	Часы дня											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	09:20	11:20	13:20	15:20	17:20	19:20	21:20	23:20	01:20	03:20	05:20	07:20
$q_1$ , Вт/м <sup>2</sup>	11,8	11,2	11,0	11,1	11,8	11,8	12,1	12,4	12,9	12,9	12,4	12,1
$q_2$ , Вт/м <sup>2</sup>	12,3	11,8	11,5	11,6	12,3	12,4	12,7	13,0	13,5	13,5	13,0	12,7
$q_3$ , Вт/м <sup>2</sup>	11,4	10,9	10,7	10,8	11,4	11,5	11,8	12,1	12,5	12,5	12,0	11,7
$\tau_n$ , °С	1,9	2,5	3,1	3,1	2,4	1,8	1,1	0,3	-0,6	-0,5	0,6	1,3
$\tau_b$ , °С	22,1	21,8	22,0	22,2	22,6	22,1	21,9	21,7	21,5	21,6	21,9	22,1

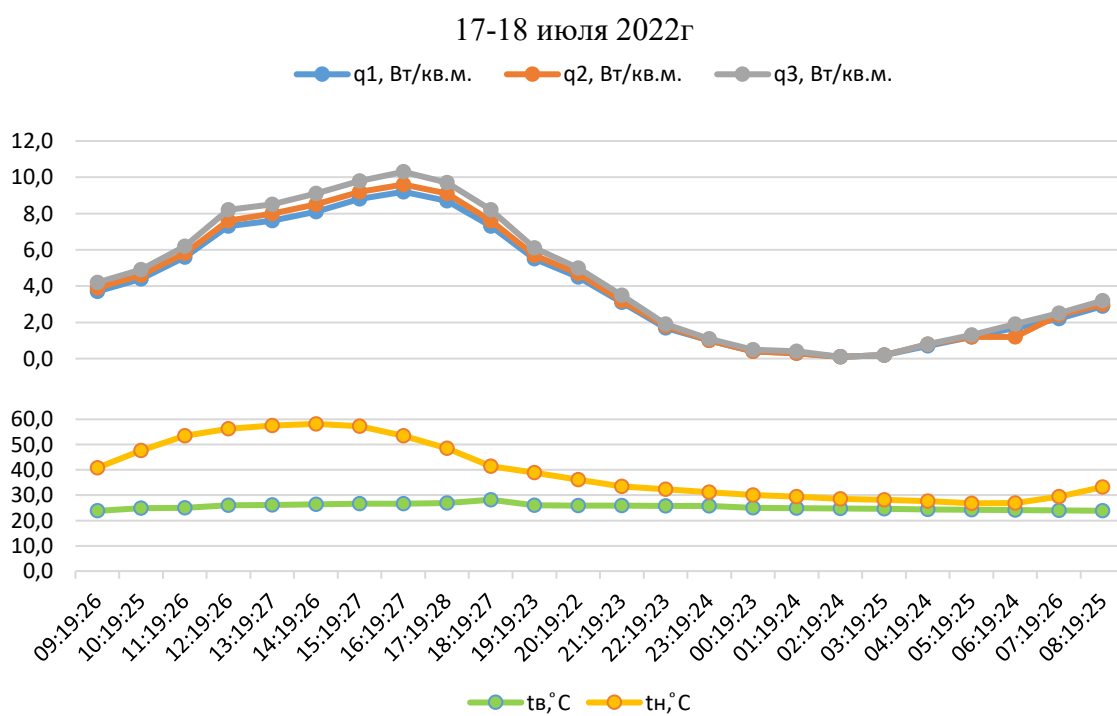
**Таблица 4.3.** - Результаты исследований, проведенных в летних условиях, прибором ИТП-МГ4.03/5(III) «ПОТОК» (17-18 июля 2022г)

Показатели	Часы дня											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	09:39	11:39	13:39	15:39	17:39	19:39	21:39	23:39	01:39	03:39	05:39	07:39
$q_1$ , Вт/м <sup>2</sup>	3,7	5,6	7,6	8,8	8,7	5,5	3,1	1,0	0,3	0,2	1,2	2,2
$q_2$ , Вт/м <sup>2</sup>	3,9	5,8	8,0	9,2	9,1	5,7	3,2	1,0	0,3	0,2	1,2	2,4
$q_3$ , Вт/м <sup>2</sup>	4,2	6,2	8,5	9,8	9,7	6,1	3,5	1,1	0,4	0,2	1,3	2,5
$\tau_n$ , °С	40,8	53,5	57,5	57,3	48,6	38,9	33,5	31,2	29,4	28,2	26,8	29,4
$\tau_b$ , °С	23,8	25,0	26,2	26,6	26,9	26,0	25,9	25,8	24,9	24,6	24,3	24,0

По результатам исследований, приведенных в таблицах 4.2 и 4.3, включающих значения теплового потока, температуры поверхности конструкций внутри и снаружи помещений в зимних и летних условиях, составлены нижеследующие диаграммы (рисунки 4.7 и 4.8).



**Рисунок 4.7. - Суточное изменение плотности тепловых потоков внутренней поверхности и ход температуры наружной и внутренней поверхностей ТНСП южной ориентации**



**Рисунок 4.8. - Суточное изменение плотности тепловых потоков внутренней поверхности и ход температуры наружной и внутренней поверхностей ТНСП южной ориентации**

По результатам исследований ТНСП при воздействии различных внешних температур на поверхность стены в зимних и летних условиях микроклимат исследуемого помещения является комфортным и соответствует действующим нормам. То есть при температуре на наружной поверхности стены днем (летом) от 28,2 до 57,3<sup>0</sup>С, температура на внутренней поверхности наружной стены колеблется в течение суток от 24,0 до 26,9<sup>0</sup>С, что приводит к комфорту микроклимата помещения. В зимнее время года при температуре наружного воздуха от -0,6 до 3,1<sup>0</sup>С расход тепла в ОК составляет от 11,0 до 12,9 Вт/м<sup>2</sup> в течение суток, так что теплопотери в этой конструкции небольшие.

#### 4.2. Моделирование теплопередачи через ограждающие конструкции

Для точной и правильной оценки и описания процессов теплопередачи, установления температуры в толщине ограждений Табунщиков Ю.А и Бродач М.М предложили математическую модель теплопередачи через ОК. Они предполагают непрерывность функций температуры  $\tau_{(x)}$  и теплового потока при изучении одномерного переноса тепла перпендикулярной поверхности стены во внутренних пределах между разнородными материалами ограждающей конструкции [89].

Можно заключить, что ограждающие конструкции однородны, и в своем составе могут иметь вентилируемые или замкнутые воздушные прослойки и источники тепла. Процесс передачи тепла в таких конструкциях нестационарен.

Учитывая принятые допущения, уравнение теплопроводности конструкции можно записать в следующей формуле [89].

$$\frac{\partial \tilde{H}}{\partial t} = \text{div} \lambda \nabla T \pm C_R J_F \frac{\partial T}{\partial x} + Q_{sou} \quad (4.1)$$

$$\text{где } \tilde{H} = \int_0^T [c\rho + \delta(\xi - T^*) i_{mel} w \rho_w L] d\xi$$

$T^*$  – температура фазового перехода воды в лед, <sup>0</sup>С;  $L$  – льдистость материала, доли единицы;  $\rho_w$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;  $i_{mel}$  – удельная теплота фазового перехода, Дж/кг;  $\delta(\xi - T^*)$  – дельта-функция Дирака;  $J_F$  – расход воздуха через единицу поверхности ограждения, кг/(м<sup>2</sup>·ч);  $Q_{sou}$  – удельная

мощность источников тепла в ограждении, Вт/м<sup>3</sup>;  $C_R$  – удельная теплоемкость воздуха, Дж/(кг·°С);  $c, \rho$  – соответственно удельная теплоемкость в Дж/(кг·°С) и плотность материала слоев ограждения, кг/м<sup>3</sup> [61].

В большинстве случаев для расчета теплоизолирующих свойств ограждающих конструкций можно пренебречь льдистостью и воздухопроницаемостью материала, а также источниками тепла [91]. Вышеприведенная модель при этом существенно не теряет адекватности, зато значительно упрощается, что немаловажно для инженерных расчетов. Нестационарный теплоперенос при этих допущениях описывается «классическим» уравнением теплопроводности [92], которое в отсутствии источников тепла имеет вид:

$$c\rho \frac{\partial T}{\partial t} = \operatorname{div} \lambda \nabla T \quad (4.2)$$

Добавляя к этому уравнению граничные условия 1-го рода, с использованием формулы определения температуры на внутренней поверхности и аналогичной формулы для наружной поверхности стены [91], получим достаточно простую краевую задачу.

Для многослойных ОК необходимо учесть различные коэффициенты теплопроводности, удельной теплоемкости и плотность материалов различных слоев ОК.

#### ***Стационарная теплопередача через трёхслойную ограждающую конструкцию.***

Ограждающая конструкция представляет собой плоскую керамзитобетонную и фибробетонную стену толщиной  $H$ , содержащую внутри слой утеплителя (рисунок 4.9).

Воздух внутри помещения имеет известную температуру  $t_{\text{int}}$ , наружная температура воздуха –  $t_{\text{ext}}$ . Прилегающие поверхности стены, соответственно, имеют температуры  $\tau_{\text{int}}$  и  $\tau_{\text{ext}}$ , которые можно рассчитать, зная внутренние и наружные коэффициенты теплоотдачи. В качестве утеплителя выбран материал «пеноплэкс».

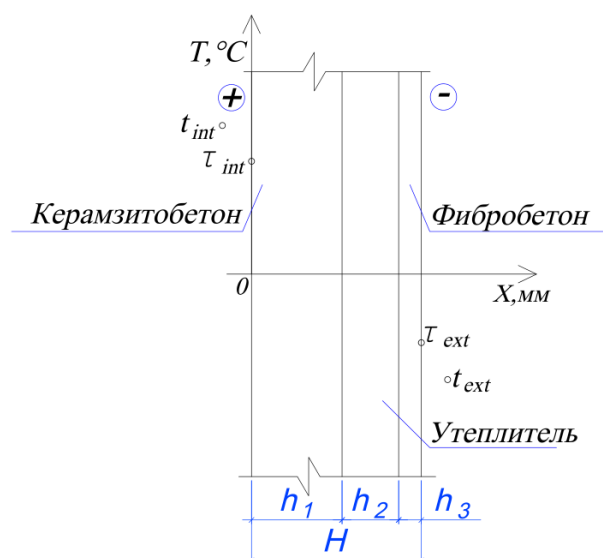


Рисунок. 4.9. – Структура ТНСП

Требуется рассчитать распределение температуры внутри конструкции при следующих допущениях: все материалы предполагаются однородными. Толщина стены  $H$  намного меньше ее высоты и ширины, поэтому достаточно рассмотреть одномерный перенос тепла перпендикулярно поверхности стены. Процесс теплопередачи считается установившимся, то есть, рассматривается стационарная задача. Воздухопроницаемость материала, а также источники тепла внутри стройматериалов незначительны.

### ***Расчет трехслойной несущей стеновой панели (ТНСП)***

На основе апробирования метода Табунщикова Ю.А., Гражданкиной А.А [90, 16], нами выполнена математическая модель теплопереноса в предлагаемой ТНСП. Математическая модель теплопереноса в вышеуказанных условиях представляет собой краевую задачу со стационарными уравнениями теплопроводности

$$\frac{d}{dx} \left( \lambda_k \frac{dT}{dx} \right) = 0, \frac{d}{dx} \left( \lambda_p \frac{dT}{dx} \right) = 0, \frac{d}{dx} \left( \lambda_f \frac{dT}{dx} \right) = 0, \quad (4.3)$$

где  $\lambda_k, \lambda_p, \lambda_f$  – коэффициенты теплопроводности керамзитобетона, утеплителя (Пеноплэкса) и фибробетона соответственно. Учитывая, что эти коэффициенты являются константами, имеем кусочно-линейное распределение температуры по оси  $x$ :

$$\begin{cases} \lambda_k \frac{dT}{dx} = C \\ \lambda_n \frac{dT}{dx} = C \\ \lambda_\phi \frac{dT}{dx} = C \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{dT}{dx} = \frac{C}{\lambda_k} = \alpha_1 \\ \frac{dT}{dx} = \frac{C}{\lambda_n} = \alpha_2 \\ \frac{dT}{dx} = \frac{C}{\lambda_\phi} = \alpha_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} dT = \alpha_1 dx \\ dT = \alpha_2 dx \\ dT = \alpha_3 dx \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T = \alpha_1 x + \beta_1 \\ T = \alpha_2 x + \beta_2 \\ T = \alpha_3 x + \beta_3 \end{cases} \Rightarrow T = \tau$$

$$\tau(x) = \begin{cases} \tau_1(x) = \alpha_1 x + \beta_1, & \text{при } 0 \leq x < h_1 \\ \tau_2(x) = \alpha_2 x + \beta_2, & \text{при } h_1 \leq x < h_2 \\ \tau_3(x) = \alpha_3 x + \beta_3, & \text{при } h_2 \leq x \leq H \end{cases} \quad (4.4)$$

Тогда тепловые потоки в рассматриваемых областях являются константами

$$q(x) = \begin{cases} q_1(x) = -\lambda_k \frac{dT}{dx} = -\lambda_k \alpha_1, & \text{при } 0 \leq x < h_1 \\ q_2(x) = -\lambda_n \frac{dT}{dx} = -\lambda_n \alpha_2, & \text{при } h_1 \leq x < h_2 \\ q_3(x) = -\lambda_\phi \frac{dT}{dx} = -\lambda_\phi \alpha_3, & \text{при } h_2 \leq x \leq H \end{cases} \quad (4.5)$$

На внутренней поверхности стены согласно (4.3) имеем граничное условие Дирихле

$$\tau(0) = \tau_1(0) = \tau_{int} = t_{int} - \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0 \alpha_{int}} \quad (4.6)$$

Аналогично для наружной поверхности стены получим граничное условие

$$\tau(H) = \tau_3(H) = \tau_{ext} = t_{ext} + \frac{t_{int} - t_{ext}}{R_0 \alpha_{ext}} \quad (4.7)$$

На внутренних границах керамзитобетона, стеклофибробетона и утеплителя предполагается непрерывность функций температуры  $\tau(x)$  и теплового потока  $q(x)$ .

Требуется найти  $\tau(x)$  при  $0 \leq x \leq H$ , а именно – определить значения трех пар коэффициентов:  $\alpha_1, \beta_1; \alpha_2, \beta_2; \alpha_3, \beta_3$ .

#### ***Аналитическое решение.***

Учитывая вид функции температуры (4.4), из граничных условий на внутренней и наружной поверхностях стены (4.6), (4.7), соответственно, имеем

$$\begin{cases} \tau_{int}(x) = \alpha_1 x + \beta_1 \\ \tau_{ext}(x) = \alpha_3 x + \beta_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \tau_{int}(0) = \alpha_1 \cdot 0 + \beta_1 \\ \tau_{ext}(H) = \alpha_3 H + \beta_3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \tau_{int} = \beta_1 \\ \tau_{ext} = \alpha_3 H + \beta_3 \end{cases} \quad (4.8)$$

Из непрерывности  $\tau(x)$  на внутренних границах следует



$$\begin{cases} x = h_1 \Rightarrow \alpha_1 h_1 + \beta_1 = \alpha_2 h_1 + \beta_2 \\ x = h_1 + h_2 \Rightarrow \alpha_2 (h_1 + h_2) + \beta_2 = \alpha_3 (h_1 + h_2) + \beta_3 \end{cases} \quad (4.9)$$

Условие непрерывности потоков  $q(x)$  на внутренних границах позволяет получить два недостающих уравнения

$$\begin{cases} x = h_1 \Rightarrow q_1 h_1 = q_2 h_2 \Rightarrow -\lambda_k \alpha_1 = -\lambda_n \alpha_2 \\ x = h_1 + h_2 \Rightarrow q_2 (h_1 + h_2) = q_3 (h_1 + h_2) \Rightarrow -\lambda_n \alpha_2 = -\lambda_\phi \alpha_3 \end{cases} \quad (4.10)$$

Уравнение (4.8) фактически представляет собой тождество, определяющее значение коэффициента  $\beta_1$ . В результате имеем невырожденную систему 6 линейных алгебраических уравнений с 5 неизвестными –  $\alpha_1; \alpha_2, \beta_2; \alpha_3, \beta_3$ .

$$\begin{cases} \tau_{int} = \beta_1 \\ \alpha_1 h_1 + \beta_1 = \alpha_2 h_1 + \beta_2 \\ \alpha_2 (h_1 + h_2) + \beta_2 = \alpha_3 (h_1 + h_2) + \beta_3 \\ \tau_{ext} = \alpha_3 H + \beta_3 \Rightarrow \beta_3 = \tau_{ext} - \alpha_3 H \\ \lambda_k \alpha_1 = \lambda_n \alpha_2 \Rightarrow \alpha_2 = \frac{\lambda_k}{\lambda_n} \alpha_1 \\ \lambda_n \alpha_2 = \lambda_\phi \alpha_3 \Rightarrow \alpha_3 = \frac{\lambda_n}{\lambda_\phi} \alpha_2 = \frac{\lambda_k}{\lambda_\phi} \alpha_1 \end{cases} \quad (4.11)$$

Решая эту систему относительно параметров задачи, используя метод Гаусса, окончательно получаем расчетные формулы для определения коэффициентов

$$\begin{cases} \alpha_1 = \frac{(\tau_{ext} - \tau_{int}) \lambda_n \lambda_\phi}{\lambda_n \lambda_\phi h_1 + \lambda_k \lambda_\phi h_2 + \lambda_k \lambda_n h_3} \\ \alpha_2 = \frac{(\tau_{ext} - \tau_{int}) \lambda_k \lambda_\phi}{\lambda_n \lambda_\phi h_1 + \lambda_k \lambda_\phi h_2 + \lambda_k \lambda_n h_3} \\ \alpha_3 = \frac{(\tau_{ext} - \tau_{int}) \lambda_n \lambda_k}{\lambda_n \lambda_\phi h_1 + \lambda_k \lambda_\phi h_2 + \lambda_k \lambda_n h_3} \end{cases} \quad (4.12)$$

$$\begin{cases} \beta_1 = \tau_{int} \\ \beta_2 = \frac{(\tau_{ext} - \tau_{int}) (\lambda_n - \lambda_k) \lambda_\phi h_1}{\lambda_n \lambda_\phi h_1 + \lambda_k \lambda_\phi h_2 + \lambda_k \lambda_n h_3} + \tau_{int} \\ \beta_3 = \tau_{ext} - \frac{(\tau_{ext} - \tau_{int}) \lambda_n \lambda_k H}{\lambda_n \lambda_\phi h_1 + \lambda_k \lambda_\phi h_2 + \lambda_k \lambda_n h_3} \end{cases} \quad (4.13)$$

Граничные значения температур  $\tau_{int}$  и  $\tau_{ext}$  рассчитываются по формулам (4.6) и (4.7), принимая величины коэффициентов  $\alpha_{int}$  и  $\alpha_{ext}$  по таблицам [85].

Значения коэффициентов теплопроводности керамзитобетона  $\lambda_k$  взято из приложения 26 [85], пеноплекса  $\lambda_n$  взято на основании данных производителя, размещенных на официальном сайте производителя [68], а стеклофибробетона  $\lambda_f$  взято на основании данных лаборатории ГУП «НИИСА».

Значения коэффициентов функции температуры  $\alpha_1, \beta_1; \alpha_2, \beta_2; \alpha_3, \beta_3$  и параметров расчетных формул приведены в таблицах 4.4 и 4.5, а расчетное распределение температуры  $\tau(x)$  по толщине стены показано на рисунке 4.10.

Тепловой поток при этом составляет  $q(x) = 16,788 \text{ Вт/м}^2$ .

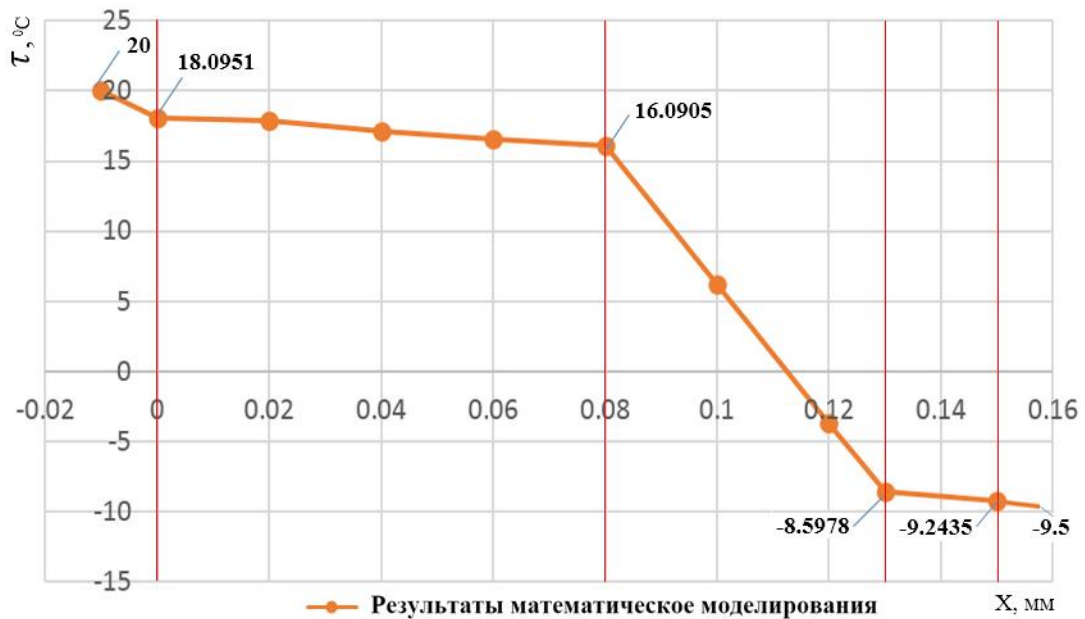
Вычисления и построение графика выполнены с применением табличного процессора MS Excel (рисунок 4.11).

**Таблица 4.4.** - Значения параметров расчетных формул

$\lambda_k,$ Вт/(м·°C)	$\lambda_n,$ Вт/(м·°C)	$\lambda_f,$ Вт/(м·°C)	$\alpha_{int},$ Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	$\alpha_{ext},$ Вт/(м <sup>2</sup> ·°C)	$h_1,$ м	$h_2,$ м	$h_3,$ м	$H,$ м	$\tau_{int},$ °C	$\tau_{ext},$ °C
0,67	0,034	0,52	8,7	23	0,08	0,05	0,02	0,15	18,09	-9,24

**Таблица 4.5.** - Значения коэффициентов функции температуры

Коэффициент $\alpha_i$	Значение, °C/м	Коэффициент $\beta_i$	Значение, °C
$\alpha_1$	-25.057	$\beta_1$	18.0951
$\alpha_2$	-493.77	$\beta_2$	55.5919
$\alpha_3$	-32.285	$\beta_3$	-4.4008



**Рисунок 4.10.** - Распределение температуры в толще каждого слоя ТНСП

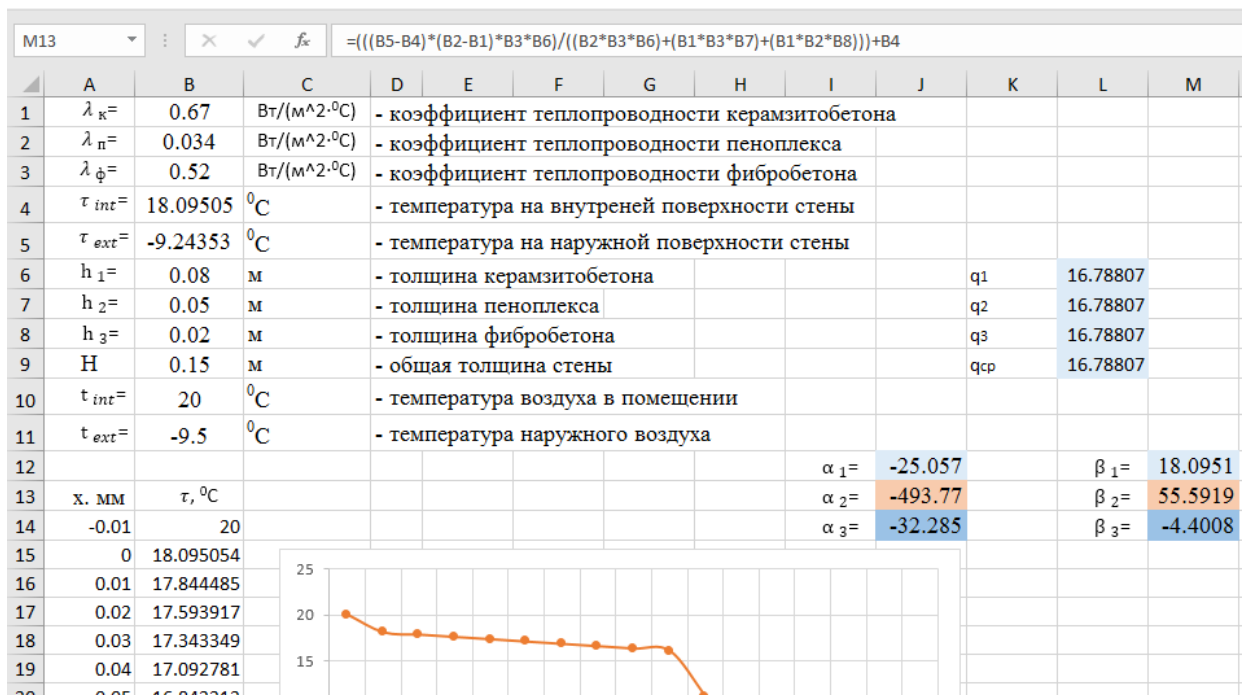


Рисунок 4.11. - Визуализация решения в MS Excel

### 4.3. Численное моделирование повышения энергоэффективности ТНСП

Численное моделирование подразумевает создание математической модели движения изучаемой системы и дальнейшее её исследование с использованием численных методов, которые реализуются на компьютере. На сегодняшний день достаточно удобной для численных расчетов теплопроводности является ЛИРА-САПР.

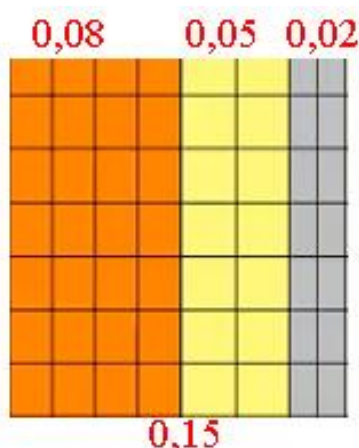
Создание конечно-элементной схемы, редактирование, задание теплофизических параметров конечным элементам теплопроводности (коэффициент теплопроводности, коэффициент теплопоглощения, удельный вес) и конвекции (коэффициент конвективного теплообмена), задание граничных условий, задание стационарных и нестационарных видов нагрузок, расчет, анализ и документирование результатов задач теплопроводности происходит на вкладке «Теплопроводность». Вкладка становится активной при создании задачи в 15 признаке схемы [67].



**Рисунок. 4.12. - Вкладка “Теплопроводность”- создание, редактирование, расчет и анализ результатов задач теплопроводности**

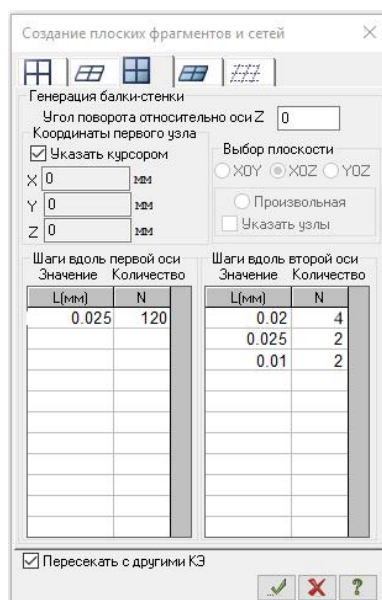
Моделирование стационарных и нестационарных процессов теплообмена выполняется в графической среде ЛИРА-САПР-2021 (ВИЗОР-САПР-2021).

Физические параметры стеновой панели (керамзитобетона, пеноплекса и стеклофибробетона) приведены на таблице. 4.1.



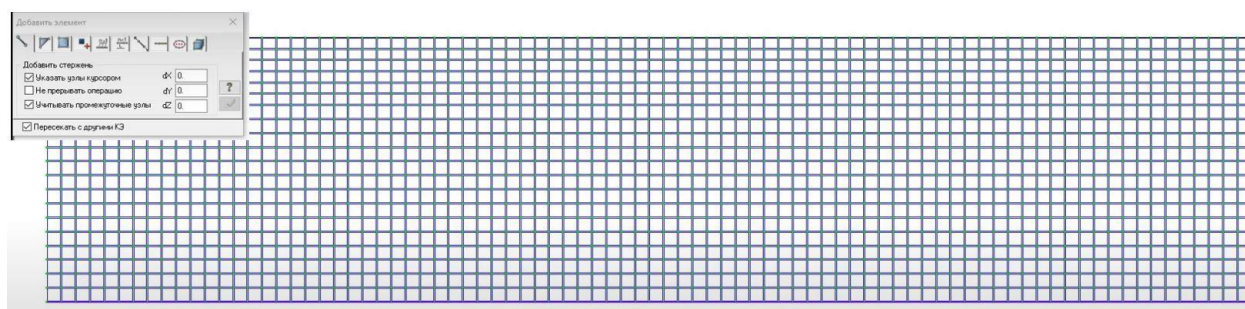
**Рисунок. 4.3. - Сечение панели**

Создаем задачу в 15м признаке схемы ЛИРА-САПР-2021, который существует специально для решения задач теплопроводности. Создадим образующую из пластин, для того что бы сформировать стену из объемных конечных элементов (КЭ). Ширина каждого слоя панели кратна шагу триангуляции вдоль оси Y (рисунок 4.14). Согласно выполненным верификационным тестам, задачи теплопроводности не требуют значительного сгущения конечно-элементной сетки.



**Рисунок. 4.14. - Формирование геометрии**

Добавляем стержневые элементы, которые будут служить образующей для создания пластичных КЭ конвекции на границах конструкции (для моделирования условий окружающей среды внутри помещения и снаружи).



**Рисунок. 4.15. - КЭ модель**

Для моделирования задач теплообмена используются одномерные, плоские и пространственные конечные элементы теплопроводности. Специальные КЭ конвективного теплообмена применяются при моделировании контакта поверхности со средой.

Элементам теплопроводности задаются теплофизические свойства материалов.

- для задачи теплопроводности в стационарные условия - коэффициент теплопроводности;

- для задачи теплопроводности в нестационарные условия дополнительно задается - удельная теплоемкость и удельный вес;

- для элементов конвекции - коэффициент конвективной теплоотдачи.

В характеристиках материалах элементов конвекции указываем площадь входящего потока конвекции воздействующего на элемент теплопроводности.

Для моделирования конвективного теплообмена:

- для стержней – одноузловые элементы конвекции задаются на торец стержня;

- по пластинам – двухузловые элементы конвекции накладывается на ребра пластин;

Формируем список с характеристиками материалов для КЭ теплопроводности и конвекции (рисунок 4.16).

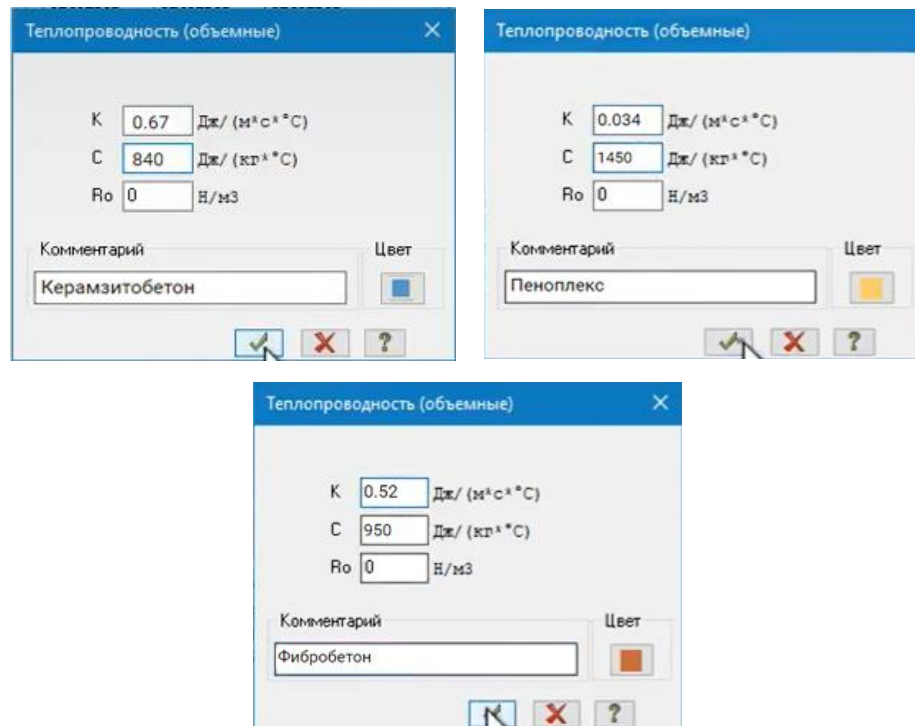
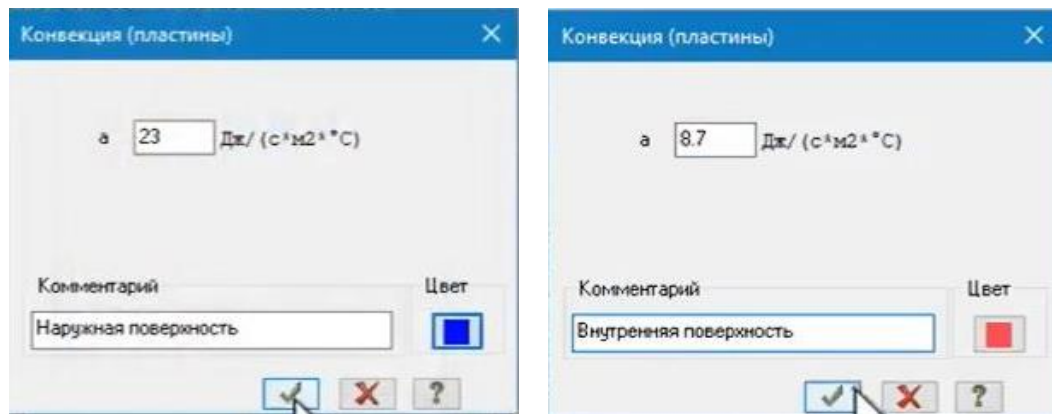


Рисунок. 4.16. - Свойства теплопроводности соответствующих слоев панели

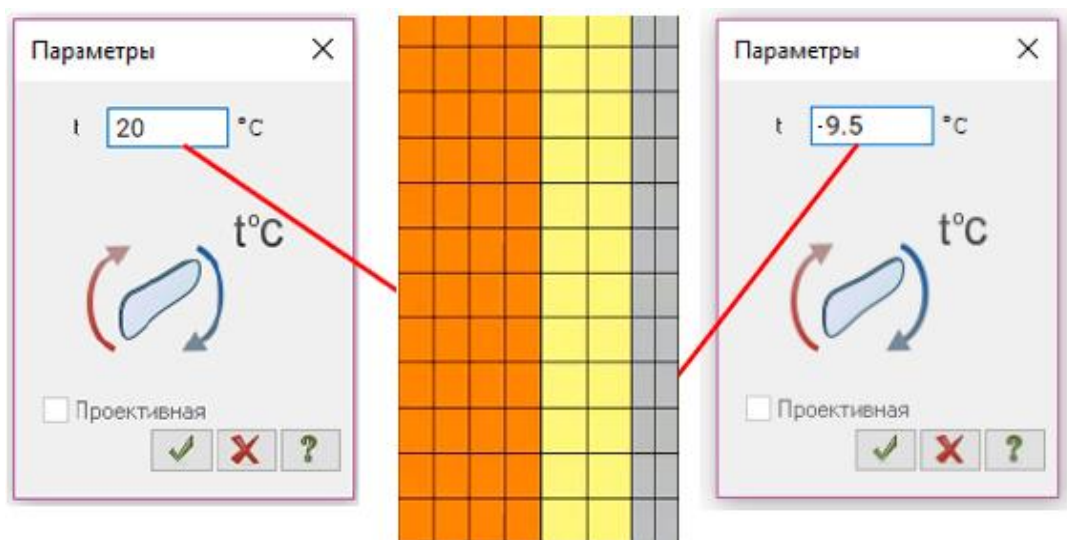
По внутренним граням расчетной модели задаются конвективные граничные условия с коэффициентом теплоотдачи  $\alpha_{int}=8.7\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$  [85] и температурой  $t_{int}=20^{\circ}\text{C}$ .

По наружным граням расчетной модели задаются конвективные граничные условия с коэффициентом теплоотдачи  $\alpha_{ext}=23\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{C})$  и температурой  $t_{ext}=-9,5^{\circ}\text{C}$  [17, 85].



**Рисунок. 4.17. - Жесткость слоёв панели**

Через внешнюю нагрузку мы задаем температуру воздуха для элементов конвекции. Для этого, в разделе «Нагрузки» открываем конвективный теплообмен и задаём температуру внутри и снаружи стены.



**Рисунок. 4.18. - Задание температуры воздуха**

После выполнения расчета из раздела «Температура» и подраздела «Изополя температур» и «Мозаика температур» получаем результаты в виде фото и анализируем их (рисунок 4.19).

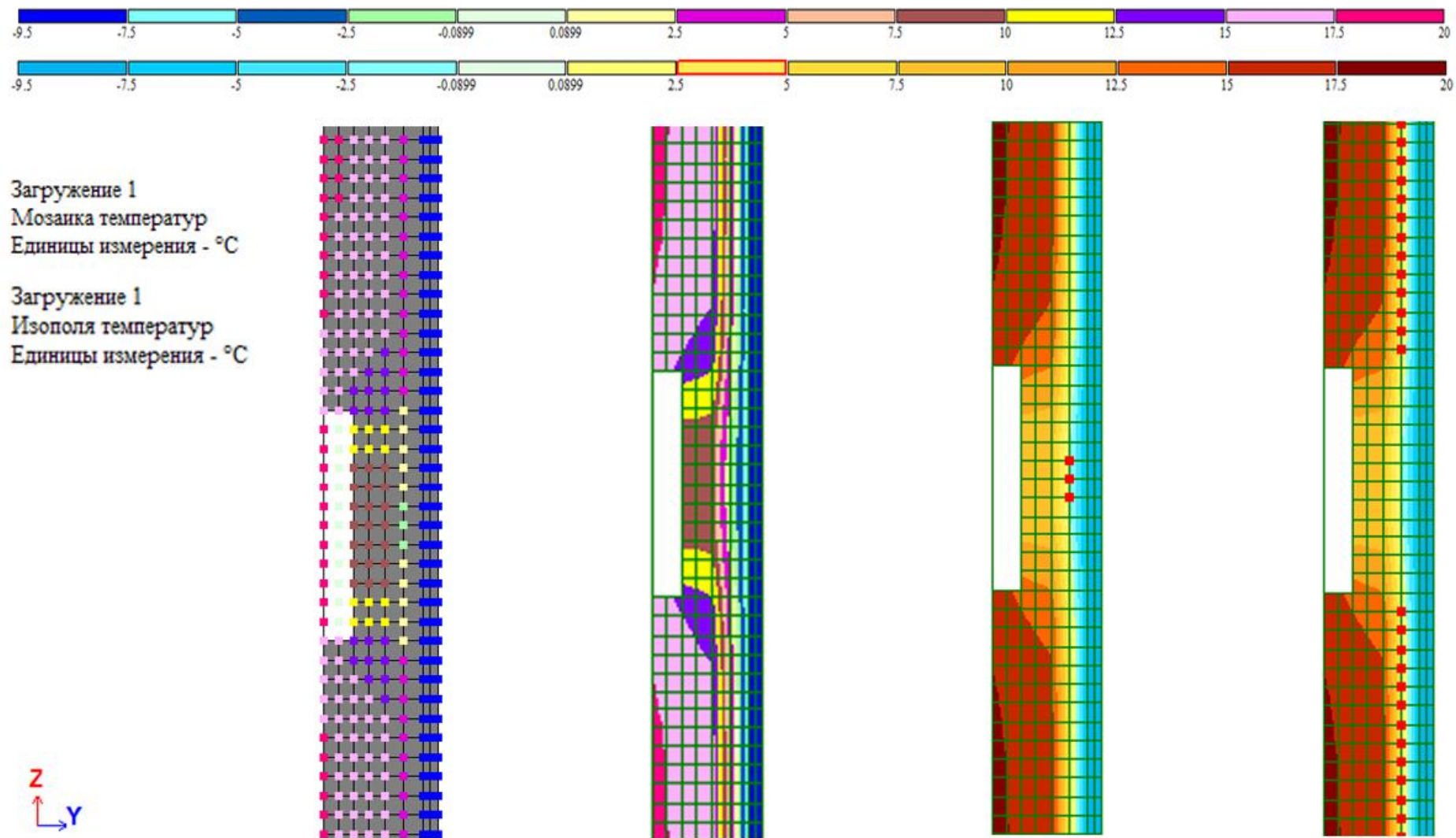


Рисунок. 4.19. – Результаты расчёта теплопроводности ТНСП

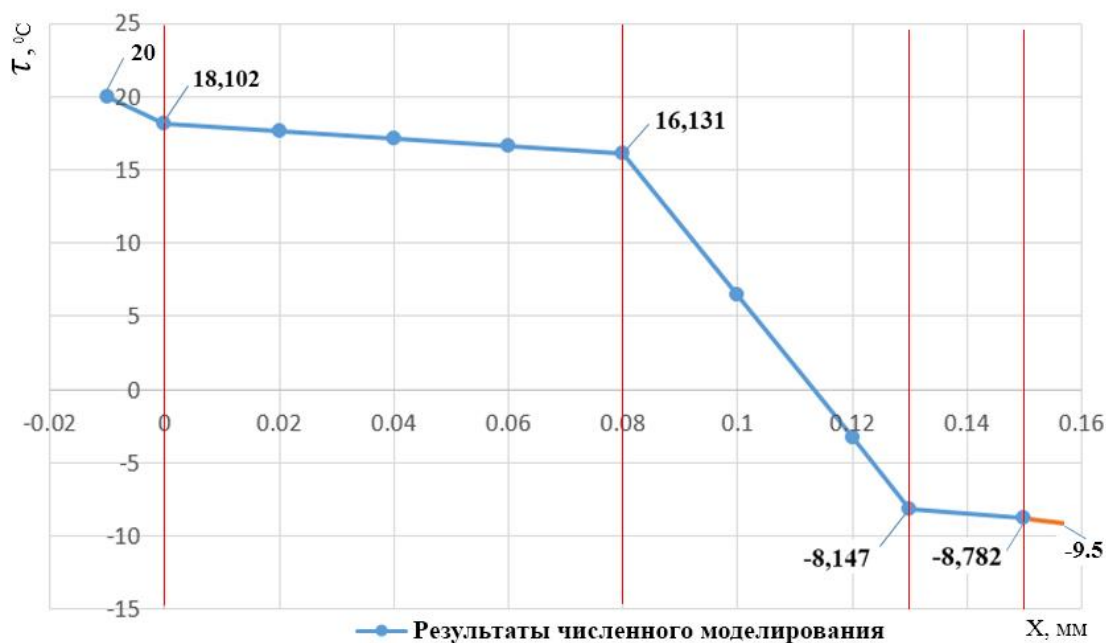


Анализируя результаты расчета, представленной на рисунке 4.19, вычисляем температуру каждого слоя ТНСП и оформляем ее в виде таблицы.

**Таблица 4.6.** - Результаты расчета температуры в толщине каждого слоя ТНСП

$t_{int}^{\circ C}$	$\tau_{int}^{\circ C}$	$\tau_1^{\circ C}$	$\tau_2^{\circ C}$	$\tau_{ext}^{\circ C}$	$t_{ext}^{\circ C}$
20	18,102	16,131	-8,147	-8,782	-9.5

Таким образом, значения температуры поверхности каждого слоя ТНСП принимаем по таблице 4.6 и представляем в виде диаграммы (рисунок 4.20).



**Рисунок 4.20.** - Распределение температуры в толще каждого слоя ТНСП

### 4.3.1. Сравнительный анализ результатов расчета ТНСП

Сравнивая результаты расчета температуры поверхности каждого слоя ТНСП, рассчитанной по СНиП 23-01-2021 (указана в главе 3 пункт 3.4), с результатами расчетов математической модели и численной модели (указана в главе 4, пункты 4.2 и 4.3), оформляем в виде таблицы (таблица 4.7).

**Таблица 4.7.** - Сравнительные результаты расчета температуры в толще каждого слоя ТНСП

Показатели	$t_{int}^{\circ C}$	$\tau_{int}^{\circ C}$	$\tau_1^{\circ C}$	$\tau_2^{\circ C}$	$\tau_{ext}^{\circ C}$	$t_{ext}^{\circ C}$
По СНиП 23-02-2021	20	18,102	16,131	-8,147	-8,782	-9.5
По математическому моделированию	20	18,095	16,091	-8,597	-9,243	-9.5
По численному моделированию	20	18,102	16,131	-8,147	-8,782	-9.5

Таким образом, результаты температуры поверхности каждого слоя ТНСП принимаем по таблице 4.7, представляем в виде диаграммы (рисунок 4.21).



Рисунок 4.21. – Сравнение распределения температуры в толще каждого слоя ТНСП

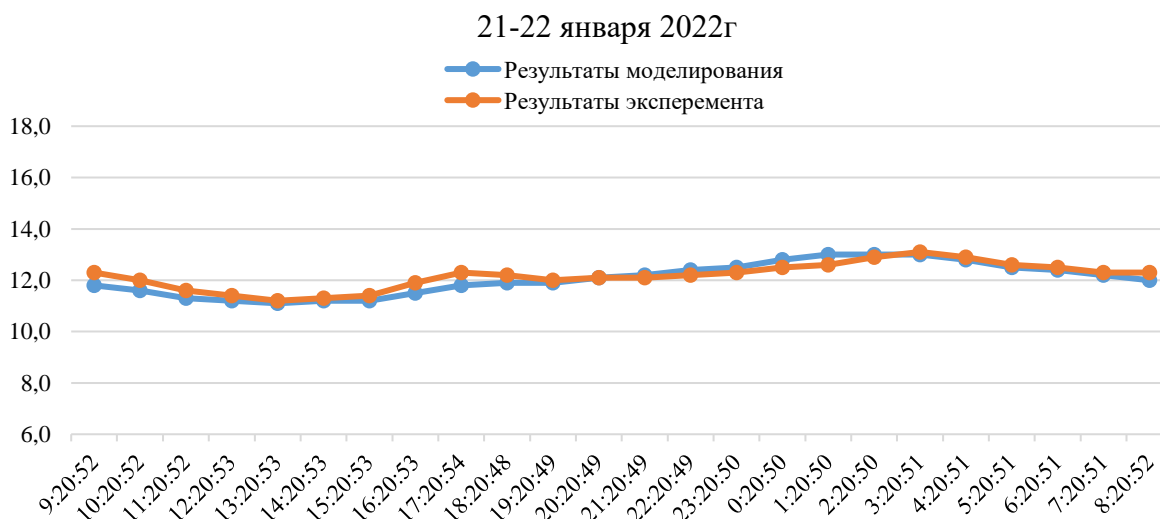
По результатам расчета температуры на поверхности слоев ТНСП следует, что результаты численного расчета не отличаются от результатов расчета по СНиП 23-02-2021 [85], то есть результаты расчетов аналогичные. Согласно математическим расчетам разница по внутренней поверхности ограждающей конструкции составляет 0,03 %, по внутренней поверхности теплоизоляционного слоя (пеноплекса) - 0,25 %, по внутренней поверхности стеклофибробетонного слоя - 5,23 %, по наружной поверхности ТНСП составляет 4,99%, а в целом - 2,63%.

Результаты расчета расхода потока тепла в ограждающей конструкции, рассчитанного по формуле 4.5 в зависимости от температуры наружного воздуха в январе совместно с результатами проведенных исследований (указаны в главе 4, пункт 4.1, подпункт 4.1.1) оформляем в виде таблицы (таблица 4.8).

**Таблица 4.8.** - Сравнительные результаты теплового потока ТНСП (21-22 января 2022г)

Показатели	Часы дня											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	09:20	11:20	13:20	15:20	17:20	19:20	21:20	23:20	01:20	03:20	05:20	07:20
$\tau_n, ^\circ\text{C}$	1,9	2,5	3,1	3,1	2,4	1,8	1,1	0,3	-0,6	-0,5	0,6	1,3
$\tau_b, ^\circ\text{C}$	22,1	21,8	22,0	22,2	22,6	22,1	21,9	21,7	21,5	21,6	21,9	22,1
<b>Результаты экспериментального исследования</b>												
$q_2, \text{Вт/м}^2$	12,3	11,6	11,2	11,4	12,3	12,0	12,1	12,3	12,6	13,1	12,6	12,1
<b>Результаты математического моделирования</b>												
$q_1, \text{Вт/м}^2$	11,8	11,3	11,1	11,2	11,8	11,9	12,2	12,5	13,0	13,0	12,5	12,2

Результаты теплового потока на поверхности ТНСП из таблицы 4.8, представляем в виде диаграммы (рисунок 4.22).



**Рисунок 4.22.** – Сравнение результатов расчета теплового потока по математическому моделированию и экспериментальных данных в толще ТНСП

По результатам расчета теплового потока в слоях ТНСП можно сделать вывод, что разница между расчетом по математической модели и экспериментальным исследованием в разное время в течение суток составляет от 0,8 до 4,06 %, а в целом составляет 0,91 %.

#### 4.4. Определение удельного расхода энергии ширококорпусного здания с применением существующих и предлагаемых ограждающих конструкций

Удельный (на 1 м<sup>2</sup> отапливаемой площади пола квартир или полезной площади помещений [или на 1 м<sup>3</sup> отапливаемого объема]) расход тепловой энергии на отопление здания  $q_h^{des}$ , кДж/(м<sup>2</sup>·°С·сут) или кДж/(м<sup>3</sup>·°С·сут), определяемый по методике, изложенной в [85, 29], должен быть меньше или равен нормируемому значению  $q_h^{reg}$ , кДж/(м<sup>2</sup>·°С·сут) или кДж/(м<sup>3</sup>·°С·сут), и определяется путем выбора теплозащитных свойств ОК здания, объемно-планировочных решений, ориентации здания и типа, эффективности и метода регулирования используемой системы отопления до удовлетворения условия.

$$q_h^{des} \leq q_h^{reg}$$

где  $q_h^{reg}$  – нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания, кДж/(м<sup>2</sup>·°С сут) или кДж/(м<sup>3</sup>·°С·сут), определяемый для различных типов жилых и общественных зданий при подключении их к системам централизованного теплоснабжения по приложению 16 и 17 СНиП РТ 23-02-2021[85].

Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление зданий за отопительный период  $q_h^{des}$ , кДж/(м<sup>2</sup>·°С·сут) или кДж/(м<sup>3</sup>·°С·сут), следует определять по формуле:

$$q_h^{des} = 10^3 Q_h^y / (A_h D_d) \quad (4.14)$$

или

$$q_h^{des} = 10^3 Q_h^y / (V_h D_d) \quad (4.15)$$

где  $Q_h^y$  – расход тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода, МДж (или кВт·ч), определяемые по формуле 4.23;

$A_h$  – сумма площадей пола квартир или полезной площади помещений здания, за исключением технических этажей и гаражей, м<sup>2</sup>;

$V_h$  – отапливаемый объем здания, равный объему, ограниченному внутренними поверхностями наружных ограждений зданий, м<sup>3</sup>;

$D_d$  – градусо-сутки отопительного периода района строительства, определяемые по формуле 4.18.

Затем необходимо проверить соответствие величины  $q_h^{des}$  удельного расхода тепловой энергии на отопление нормируемому значению  $q_h^{reg}$ .

Энергетическую эффективность ГЗ следует устанавливать в соответствии с классификацией по СНиП РТ 23-02-2021 [85]. Присвоение классов D, E на стадии проектирования не допускается. Классы А, В устанавливаются для вновь возводимых и реконструируемых зданий на стадии разработки проекта и впоследствии их уточняют по результатам эксплуатации. Для достижения классов А, В органам администраций субъектов РТ рекомендуется применять меры по экономическому стимулированию участников проектирования и строительства. Класс С устанавливается при эксплуатации вновь возведенных и реконструированных зданий согласно СНиП РТ 23-02-2021 [85]. Классы D, E устанавливаются при эксплуатации возведенных до 2000г. зданий с целью разработки органами администраций субъектов РТ очередности и мероприятий по реконструкции этих зданий. Классы для эксплуатируемых зданий следует устанавливать по данным измерения энергопотребления за отопительный период согласно СНиП РТ 23-02-2021 [85].

Теплоэнергетическими затратами на здания считаются:

- общая потребность в теплоте на отопление здания и на подогрев вентиляционной нормы воздуха;
- удельный расход теплоты на отопление здания и подогрев вентиляционного воздуха.

При расчете удельных показателей предварительно определяются:

- теплопотери здания в течение отопительного периода через наружные ограждения и теплопотери за счет инфильтрации  $Q_h$ , МДж;
- бытовые тепловыделения  $Q_{int}$ , МДж, и теплопоступления солнечной радиации  $Q_s$ , МДж, уменьшенные с учетом аккумуляции некоторого количества

тепла ограждениями помещений и эффективности регулирования теплоотдачи от отопительных приборов.

Общие теплопотери через наружную ограждающую оболочку здания за отопительный период рассчитываются с учетом нагрева условной нормы вентиляционного воздуха. При поддержании заданной средней температуры в помещениях общие теплопотери здания за отопительный период  $Q_h$  определяются по одной из формул:

$$Q_h = 0,0864K_m D_d A_e^{sum} \text{ (МДж)} \quad (4.16)$$

$$Q_h = 0,024K_m D_d A_e^{sum} \text{ (кВт·ч)} \quad (4.17)$$

где  $K_m$  – общий коэффициент теплопередачи здания, Вт/(м<sup>2</sup>·°C), определяется [2];

$D_d$  – градусо-сутки отопительного периода района строительства, определяемые по формуле.

$$D_d = (t_{int} - t_{ht}) z_{ht} \quad (4.18)$$

$A_e^{sum}$  – суммарная площадь наружных ограждений здания, м<sup>2</sup> (гл. 3., формула 3.1).

$t_{int}$  – расчетная температура внутреннего воздуха, °C, определяемая в зависимости от назначения здания в соответствии с ГОСТ 30494-2011 [27];

$t_{ht}$  – соответственно средняя температура, °C, принимаемая по ГНиП РТ 23-01-2018 [17].

$z_{ht}$  – продолжительность суток отопительного периода района строительства, принимаемая по ГНиП РТ 23-01-2018 [17].

Бытовые теплопоступления в течение отопительного периода  $Q_{int}$ , МДж или кВт·ч следует определять по формулам:

$$Q_{int} = 0,0864q_{int} z_{ht} A_e \text{ (МДж)} \quad (4.19)$$

$$Q_{int} = 0,024q_{int} z_{ht} A_e \text{ (кВт·ч)} \quad (4.20)$$

где  $q_{int}$  – величина бытовых тепловыделений на 1 м<sup>2</sup> площади жилых помещений или расчетной площади общественного здания, Вт/м<sup>2</sup>, принимается СНиП РТ 23-02-2021 [2];

$z_{ht}$  – то же, что и в формуле (4.18).

$A_e$  – суммарная площадь жилых помещений и кухонь (в общественных и административных зданиях – сумма площадей всех помещений, за исключением коридоров), тамбуров, переходов, лестничных клеток, лифтовых шахт, а также помещений для инженерного оборудования и сетей.

Теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода  $Q_s$ , МДж (или кВт·ч), для четырех фасадов зданий, ориентированных по четырем направлениям, следует определять по формуле:

$$Q_s = \tau_F k_F (A_{F1} J_1 + A_{F2} J_2 + A_{F3} J_3 + A_{F4} J_4) + \tau_{scy} k_{scy} A_{scy} J_{hor} \quad (4.21)$$

где  $\tau_F$ ,  $\tau_{scy}$  – коэффициенты, учитывающие затенение светового проема соответственно окон и зенитных фонарей непрозрачными элементами заполнения, принимаемые по проектным данным (при отсутствии данных следует принимать по ГНиП РТ 23-03-2017) [22];

$k_F$ ,  $k_{scy}$  – коэффициенты относительного проникания солнечной радиации для светопропускающих заполнений окон и зенитных фонарей, принимаемые по паспортным данным соответствующих светопропускающих изделий (при отсутствии данных следует принимать по своду правил); мансардные окна с углом наклона заполнений к горизонту  $45^\circ$  и более следует считать, как вертикальные окна, а с углом наклона менее  $45^\circ$  – как зенитные фонари, принимается ГНиП РТ 23-03-2017 [22];

$A_{F1}$ ,  $A_{F2}$ ,  $A_{F3}$ ,  $A_{F4}$  – площадь светопроемов фасадов здания, соответственно ориентированных по четырем направлениям,  $m^2$ ;

$A_{scy}$  – площадь светопроемов зенитных фонарей здания,  $m^2$ ;

$J_1$ ,  $J_2$ ,  $J_3$ ,  $J_4$  – средняя за отопительный период величина солнечной радиации на вертикальные поверхности, соответственно по четырём сторонам фасадам, МДж/ $m^2$  (или кВт·ч) [85, 17].

Потребность в тепловой энергии на отопление здания в течение отопительного периода  $Q_h^y$ , МДж (или кВт·ч), следует определить по формуле:

$$Q_h^y = [Q_h - (Q_{int} + Q_s) \nu \zeta] \beta_h, \quad (4.22)$$

где  $Q_h$  – общие теплопотери здания через наружные ограждающие конструкции, МДж, определяемые по формуле 4.16 или 4.17;

$Q_{int}$  – бытовые теплопоступления в течение отопительного периода, МДж (или кВт·ч), определяемые по формуле 4.19 или 4.20;

$Q_s$  – теплопоступления через окна и фонари от солнечной радиации в течение отопительного периода, МДж, определяемые по формуле 4.21;

$\nu$  – коэффициент снижения теплопоступлений за счет тепловой инерции ограждающих конструкций, принимается СНиП РТ 23-02-2021 [85];

$\zeta$  – коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления, принимается [85];

$\beta_h$  – коэффициент, учитывающий дополнительное теплотребление системы отопления, связанное с дискретностью номинального теплового потока ряда отопительных приборов. (принимается по СНиП РТ 23-02-2021 [85]).

**Таблица 4.9.** - Геометрические показатели ширококорпусного жилого здания (рисунок 3.4)

№	Наименование	Площадь вертикальных наружных ограждающих конструкции, м <sup>2</sup>				Площадь перекрытий $A_e$ , м <sup>2</sup>	Площадь перекрытий над неотапливаемыми подвалами или подпольями $A_{г.}$ , м <sup>2</sup>	Площадь отапливаемых помещений $A_b$ , м <sup>2</sup>	Площадь жилых помещений и кухонь $A_i$ , м <sup>2</sup>	Общая площадь наружных ограждающих конструкций $A_{i}^{sum}$ , м <sup>2</sup>	Отапливаемый объем $V_b$ , м <sup>3</sup> ;
		СВ	ЮВ	ЮЗ	СЗ						
1	Наружных стен $A_{ст}$ , м <sup>2</sup>	801	889	801	869	694	694	6847	4100	4298	27378
2	Окон и балконных дверей $A_F$ , м <sup>2</sup>	108	246	108	192						
3	входных дверей и ворот $A_{ед}$ , м <sup>2</sup>	70	35	70	109						
4	Коэффициент остекленного фасада здания. $f = \sum A_F + A_{ед} / (A_{ст} + A_F + A_{ед}) = 0.16$ соответствует нормами [85]										
5	Показатель компактности здания $k_e^{des} = A_e^{sum} / V_b = 0.16$ соответствует нормами [85]										



**Таблица 4.10.** - Нормируемое и расчетное значение сопротивления теплопередачи ограждающих конструкций (см. табл. 3.1)

№	Наименование вертикальных ограждающих конструкций	Стен		Покрытий и чердачных перекрытий		Перекрытий чердачных над не отапливаемыми подвалами и подпольями		Окон и балкон, дверей	
		Нормативный $R_{reg}, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ,	Расчетный $R_o, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ,	Нормативный $R_{reg}, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ,	Расчетный $R_o, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ,	Нормативный $R_{reg}, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ,	Расчетный $R_o, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ,	Нормативный $R_{reg}, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ,	Расчетный $R_o, \text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ,
1	Кирпичная стена с покрытием из стеклофибробетона без слоя утеплителей	1,6	0,72	2,15	2,18	2,16	2,18	0,4	0,4
2	Железобетонная стена с покрытием из пенопласта ПХВ-1 (ТУ 6-05-1179-1158-78)	1,6	1,18	2,15	2,18	2,16	2,18	0,4	0,4
3	Кирпичная стена с покрытием из минваты и стеклофибробетона	1,6	1,61	2,15	2,18	2,16	2,18	0,4	0,4
4	Лёгкий блок (газоблок по ГОСТ 25485-89)	1,6	1,73	2,15	2,18	2,16	2,18	0,4	0,4
5	Трёхслойная несущая стеновая панель (ТНСП)	1,6	1,78	2,15	2,18	2,16	2,18	0,4	0,4

**Таблица 4.11.** - Расчетные величины коэффициентов теплопередачи и энергетические показатели ширококорпусного жилого здания

№	Наименование вертикальных ограждающих конструкций	$K_m^{tr}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	$K_m^{inf}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	$K_m$ , Вт (м <sup>2</sup> ·°С)	$Q_h$ , МДж	$Q_{int}$ , МДж	$Q_s$ , МДж	$q_h^{des}$ , кДж/(м <sup>2</sup> ·°С·сут)	$q_h^{reg}$ , кДж/(м <sup>2</sup> ·°С·сут)
1	Кирпичная стена с покрытием из стеклофибробетона без слоя утеплителей	1,694	0,814	2,508	1577725	389664	358838,6	101,204	70
2	Железобетонная стена с покрытием из пенопласта ПХВ-1 (ТУ 6-05-1179-1158-78)	1,271	0,814	2,085	1311463	389664	358838,6	75,263	70
3	Кирпичная стена с покрытием из минваты и стеклофибробетона	1,093	0,814	1,907	1200154	389664	358838,6	64,419	70
4	Лёгкий блок (газоблок по ГОСТ 25485-89)	1,060	0,814	1,874	1178967	389664	358838,6	62,355	70
5	Трёхслойная несущая стеновая панель (ТНСП)	1,047	0,814	1,861	1170982	389664	358838,6	61,578	70

На основе результатов таблицы 4.11 определяем класс энергоэффективности ширококорпусного жилого здания с разными вертикальными ограждающими конструкциями по формуле 4.23 (таблица 4.12).

$$q_0 = \frac{q_h^{des} - q_h^{reg}}{q_h^{reg}} 100\% \quad (4.23)$$

**Таблица 4.12.** - Классы энергетической эффективности ширококорпусного жилого здания с применением разных вертикальных ограждающих конструкций

№	Наименование вертикальных ограждающих конструкций	Величина отклонения $q_h^{des}$ от $q_h^{reg}$ ( $q_0$ , %)	Наименование класса энергетической эффективности	Обозначение класса	Соответствует ли проект нормативному требованию
1	Кирпичная стена толщиной 250мм с покрытием из стеклофибробетона толщиной 20мм без слоя утеплителя	44,58	Низкий	D	нет
2	Железобетонная стена толщиной 300мм с покрытием из пенопласта ПХВ-1 (по ТУ 6-05-1179-1158-78) толщиной 50мм	7,52	Низкий	D	нет
3	Кирпичная стена толщиной 250мм с покрытием из минваты толщиной 60мм и стеклофибробетона толщиной 20мм	-7,97	Нормальный	C	да
4	Лёгкий блок (газоблок по ГОСТ 25485-89) толщиной 200мм	-10,92	Высокий	B	да
5	Трёхслойная несущая стеновая панель	-12,03	Высокий	B	да

#### **4.5. Экономическая эффективность ширококорпусных жилых зданий с ТНСП**

Одна из важнейших проблем в современном мире – это экономия энергоресурсов. Уровень теплозащиты наружных ограждающих конструкций

в зданиях зависит от благоустройства, удобства и качества эксплуатации. Существенную часть затрат теплоэнергии в строительстве можно снизить, повышая эффективность ОК и используя эффективную систему теплообеспечения в зимний и летний периоды эксплуатации.

Выбирая энергоэффективные и экономически выгодные конструктивные решения наружных ОК, необходимо учесть обеспечение эффективной теплозащиты помещения и в тоже время уменьшить вес конструкции, стоимость и трудоемкость, которые достигаются за счет оптимального использования материалов и изделий.

Представленная ТНСП способствует решению проблемы повышения энергоэффективности и теплозащиты ограждающих конструкций, а также достижению цели уменьшения веса стен в каркасных зданиях.

По сравнению с ограждающими наружными стенами, применяемыми в настоящее время в каркасных зданиях, предложенные панели занимают площадь поверхности перекрытий в 40 мм по наружному периметру здания, что дает возможность увеличить общую площадь здания в целом.

Для определения экономической эффективности ТНСП рассмотрим ее с точки зрения удельного расхода тепловой энергии и экономии расходных материалов по сравнению с несколькими типами существующих вертикальных ограждающих конструкций.

### ***Экономическая эффективность ТНСП с точки зрения удельного расхода энергии***

Рассмотрим предложенную нами панель применительно к относительному энергопотреблению в ширококорпусном жилом здании, которая представлена в таблице 4.9 геометрических показателей и в таблице 4.10 настоящей главы нормируемое и расчетное значение сопротивления теплопередачи здания.

Получив результаты расчетного удельного расхода тепловой энергии из таблицы 4.10, рассчитываем общую стоимость энергопотребления на отопление ширококорпусного здания с различной существующей вертикальной конструкцией

и предлагаемой ТНСП в отопительный период года, который длится с 20 ноября по 10 марта для города Душанбе, представлены в таблице 4.13.

**Таблица 4.13.** - Результаты расчетов общей стоимости энергопотребления на отопление ширококорпусного здания с различной существующей вертикальной конструкцией и предлагаемой ТНСП

№	Наименование конструкций	расчетный удельный расход тепловой энергии $q_h^{des}$ кВтч / (м <sup>2</sup> ·°С)		Стоимость (сомони) на один квадратный метр кВтч (электроэнергии)	Стоимость (сомони) на площадь отапливаемых помещений кВтч (электроэнергии)
		в течение суток	за отопительный период		
1	Кирпичная стена толщиной 250мм с покрытием из стеклофибробетона толщиной 20мм без слоя утеплителя	0,0281	3,091	0,819	5607,69
2	Железобетонная стена толщиной 300мм с покрытием из пенопласта ПХВ-1 (по ТУ 6-05-1179-1158-78) толщиной 50мм	0,0208	2,288	0,606	4149,28
3	Кирпичная стена толщиной 250мм с покрытием из минваты толщиной 60мм и стеклофибробетона толщиной 20мм	0,0178	1,958	0,519	3553,59
4	Лёгкий блок (газоблок по ГОСТ 25485-89) толщиной 200мм	0,0172	1,892	0,502	3437,19
5	Трёхслойная несущая стеновая панель	0,0169	1,859	0,493	3375,57

По результатам расчетов, представленных в таблице 4.13, стоимость расхода электроэнергии на общую площадь отапливаемых помещений предлагаемого ширококорпусного жилого здания составляет:

- для кирпичной стены толщиной 250мм с покрытием из стеклофибробетона толщиной 20мм без слоя утеплителей составляет – 5607,69 сомони;

- для железобетонной стены толщиной 300мм с покрытием из пенопласта ПХВ-1 (по ТУ 6-05-1179-1158-78) толщиной 50мм – 4149,28 сомони;
- для кирпичной стены толщиной 250мм с покрытием из минеральной ваты толщиной 60мм и стеклофибробетона толщиной 20мм – 3553,59 сомони;
- для стен из лёгких блоков (газоблок по ГОСТ 25485-89) толщиной 200мм – 3437,19 сомони;
- для трёхслойной ненесущей стеновой панели – 3375,57 сомони.

Таким образом, разница в стоимости ТНСП от кирпичной стены толщиной 250мм с покрытием из стеклофибробетона толщиной 20мм без слоя утеплителей составляет 66,12%, от железобетонной стены толщиной 300мм с покрытием из пенопласта ПХВ-1 (по ТУ 6-05-1179-1158-78) толщиной 50мм составляет 22,92%, от кирпичной стены толщиной 250мм с покрытием из минеральной ваты толщиной 60мм и стеклофибробетона толщиной 20мм составляет 5,27%, от стены из лёгких блоков толщиной 200мм составляет 1,82%.

***Экономическая эффективность ТНСП с точки зрения расходных материалов.***

Для определения экономической эффективности ТНСП по материалоемкости, сравним ее со стеной из жжённого кирпича толщиной 250мм с облицовочными плитами из стеклофибробетонных материалов толщиной 20мм и теплозащитным слоем из минеральной ваты толщиной 50мм, которая в настоящее время широко используется в республике.

Прежде всего, при расчетах нам необходимо принимать удельный расход энергии в представленных конструкциях одинаковым.

Затраты на оплату труда рабочих и машинистов на устройство ТНСП определены по нормам и расценкам в ценах 2022 года. Стоимость материалов следует определять с учетом транспортных расходов [84].

Для оценки экономической эффективности, предложенной ТНСП учитывались стоимость строительных материалов, эксплуатационные затраты на строительство конструкции, затраты труда, период строительства и др.

Все показатели для сравнения сведены к приведенным затратам на один квадратный метр площади вертикальной наружной ограждающей конструкции.

Результаты расчёта общей стоимости ТНСП и сравниваемой существующей ОК с точки зрения расходных материалов представлены в таблице 4.14.

**Таблица 4.14.** - Результаты расчета общей стоимости ТНСП и существующей ограждающей конструкции с точки зрения расходных материалов 1 м<sup>2</sup>

№	Показатели	Вертикальная ограждающая конструкция	
		Кирпичная стена с покрытием из минваты и стеклофибробетона	Трёхслойная несущая стеновая панель (ТНСП)
1	Основная заработная плата рабочих и машинистов (сомони)	350,65	395,94
2	Стоимость материала (сомони)	950,10	726,10
3	Стоимость эксплуатации машин (сомони)	80,07	171,85
	Итого (сомони)	1380,83	1293,89

Согласно результатам расчета, приведенных в таблице 4.14, основная заработная плата рабочих и машинистов для кирпичной стены толщиной 250 мм с покрытием из минваты, толщиной 50 мм и стеклофибробетонных панелей толщиной 20 мм составляет - 350,65 сомони, а в предложенной ТНСП – 395,94 сомони.

Стоимость использованных материалов на 1 м<sup>2</sup> кирпичной стены с покрытием из минваты и стеклофибробетона составляет - 950,10 сомони, а в предложенным нами решении – 726,10 сомони.

Затраты по эксплуатационным машинам и механизмам для кирпичной стены с покрытием из минваты и стеклофибробетона составляет – 80,07 сомони, а в предложенной ТНСП – 171,85 сомони.

В целом общая стоимость кирпичной стены с покрытием из минваты и стеклофибробетона, используемой в практике составляет – 1380,83 сомони, а

общая стоимость ТНСП – 1293,89 сомони, что в расчете на 1 м<sup>2</sup> эффективнее существующего варианта на 86,94 сомони или на 6,3%.

Приведенные расчеты показывают, что на 1 м<sup>2</sup> наружной вертикальной ограждающей конструкции экономический эффект от предлагаемого варианта составляет в пределах 5-10%.

#### **4.6. Автоматизация процесса составления энергетического паспорта гражданских зданий**

Чтобы упростить, ускорить и автоматизировать процесс составления энергетического паспорта здания, нами была разработана компьютерная программа «ПК-ГрафЭнергопаспорт-2022», на основе действующих нормативных документов РТ (рисунок 4.23) [7-А].



**Рисунок 4.23.- ПК-ГрафЭнергопаспорт-2022**

Вышеуказанная программа предназначена для оперативно-точного выполнения расчета параметров паспорта ГЗ, составления шаблонов раздела «Энергоэффективность» проектов.

Ведущая роль в повышении энергоэффективности здания принадлежит ограждающим конструкциям зданий, которые обязаны отвечать требованиям экономичности с позиции рационального использования энергетических ресурсов и высокоэффективных строительных материалов, в том числе с



использованием местного сырья, а также соответствовать географическим и климатическим условиям местонахождения.

Так как во многих случаях в процессе проектирования здания на должном уровне не учитываются природно-климатические особенности региона и застройки территорий населённых пунктов, также не уделяется достаточное внимание уровню теплозащиты в возводимых зданиях, то расход топлива и энергии здесь становится неэффективным.

Один из способов государственного регулирования сферы ЭиЭ согласно статье 7 [1] – это обязательное составление и выдача энергетического паспорта.

Согласно пункту 57 главе 12 [85] контроль нормируемых показателей при проектировании и экспертизе проектов тепловой защиты зданий и показателей их энергоэффективности на соответствие настоящим нормам следует выполнять в разделе проекта «Энергоэффективность», включая энергетический паспорт.

Экономическая эффективность от внедрения «ПК-графэнергопаспорт-2022» заключается в следующем: увеличение производительности труда проектировщиков; значительное сокращение времени процесса составления энергетического паспорта; минимизация числа ошибок, связанных с ручным способом составления энергетического паспорта; повышение точности в расчетах; автоматизация процесса подготовки технической документации; улучшение качества проектных разработок.

Вышеупомянутая программа предназначена для составления энергетического паспорта жилых и общественных зданий. В ней представлены общие сведения по проекту, расчетным условиям, сведениям о функциональном назначении и типу здания, объемно-планировочным и компоновочным показателям здания. Также в ней представлены сведения о сопоставлении с нормируемыми показателями, предложены рекомендации по повышению энергоэффективности, результаты измерения энергоэффективности и уровня теплозащиты здания после одного года его эксплуатации, класс энергоэффективности здания.

В базе программы для автоматического расчета сформирована информация по теплотехническим показателям стройматериалов и конструкций, расчетным и нормативным требованиям, что характерно для всех городов РТ, также по расчетным коэффициентам и необходимым формулам. Редактор программы дает возможность автоматического и ручного введения теплотехнических показателей стройматериалов и конструкций (рисунок 4.24).

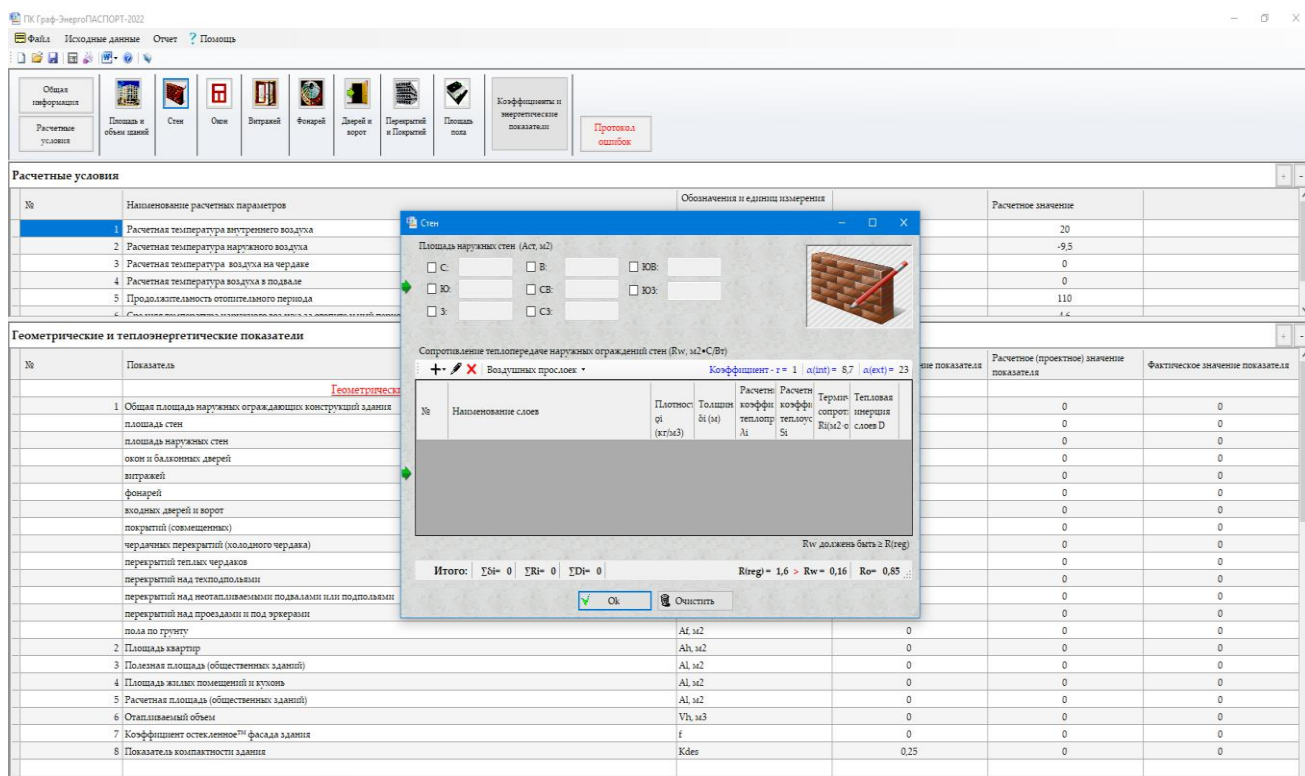


Рисунок 4.24. - Рабочий вид программы

В процессе работы программы у проектировщика есть возможности контролирования расчетов и проверки ошибок в соответствии с протоколами, прописанными в самой программе.

Проводив тщательное тестирование программы, выявили что, время разработки энергетического паспорта, которое составлено нашей программой, минимум в 5 раз ускорить процесс работы.

Можно заключить, что программа «ПК-ГрафЭнергопаспорт» – самый подходящий и удобный инструмент для разработки энергетического паспорта и автоматизации точных расчётов на территории РТ.

Сам автор лично участвовал в составлении данной компьютерной программы, предназначенной для составления энергетического паспорта жилых и общественных зданий.

### **Выводы по четвертой главе**

Разработанные принципы проектирования энергоэффективных ограждающих конструкций жилых зданий, основанные на анализе физико-технических и конструктивных показателей существующих и предлагаемых многослойных стеновых панелей, характеризуются следующими основными положениями:

1. Широкие возможности применения на фасадной части различных дизайнерских решений, отсутствие необходимости дополнительных отделочных работ фасадной части панели, возможность обеспечения высоких влагозащитных качеств фасада панели и разнообразной цветовой отделки фасада, достижение современных дизайнерских решений здания в целом [15-А].

2. Исследования теплозащиты ТНСП позволили определить расчетное значение сопротивления теплопередаче ( $R^p$ ), равной  $1,78 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  при нормируемом значении ( $R^H$ ), равной  $1,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  [8-А, 15-А].

3. При конструировании ТНСП учтены тепло- влаго- звукоизоляция и огнестойкость, а также экономические и архитектурно-художественные требования. Данная панель может быть использована в зданиях как наружная несущая стена [8-А, 15-А].

4. Аналитические и численные расчеты показали, что различие температуры на внутренней поверхности слоев ТНСП составляет 0,03%, теплоизоляционного слоя - 0,25%, стеклофибробетонного слоя - 5,23 %, а по наружной поверхности стеновой панели составляет 4,99%, а в целом - 2,63% [8-А, 15-А, 16-А].

5. По результатам расчета теплового потока в слоях ТНСП можно сделать вывод, что разница между расчетом по математической модели и

экспериментальным исследованием в разное время в течение суток составляет от 0,8 до 4,06%, а в целом составляет 0,91% [8-А, 15-А, 16-А].

6. Внедрения «ПК-графэнергопаспорт-2022» в процесс проектирования дает возможность увеличение производительности труда проектировщиков, значительное сокращение времени процесса составления энергетического паспорта, минимизацию числа ошибок, связанных с ручным способом составления энергетического паспорта, повышение точности в расчетах, автоматизацию процесса подготовки технической документации, улучшение качества проектных разработок [16-А].

7. Экономическими расчетами по удельному расходу энергии определено, что эффективность ТНСП по сравнению с кирпичной стеной с покрытием из стеклофибробетона без слоя утеплителя составляет 66,12%; с железобетонной стеной, утепленной слоем пенопласта ПХВ-1 (ТУ 6-05-1179-1158-78) составляет 22,92%, с кирпичной стеной с утеплителем из минеральной ваты и наружным слоем из стеклофибробетона составляет 5,27% и по сравнению со стеной из лёгкобетонных блоков составляет 1,82% [15-А].

8. По материалоемкости общая стоимость кирпичной стены с покрытием из минваты и стеклофибробетона, составляет – 1380,83 сомони, а общая стоимость ТНСП – 1293,89 сомони, что в расчете на 1 м<sup>2</sup> эффективнее существующего варианта на 86,94 сомони или на 6,3% [15-А].

## **ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ**

1. Анализ литературных источников по теме исследования и обобщение отечественного и зарубежного опыта в области повышения энергетической эффективности жилых зданий показало, что решение данной проблемы с применением современных многослойных высокоэффективных ограждающих конструкций в РТ изучено недостаточно [1-А, 2-А, 3-А, 4-А, 5-А, 6-А, 7-А].

2. Принципы проектирования энергоэффективных ОК жилых зданий, основанные на анализе физико-технических и конструктивных показателей предлагаемых многослойных стеновых панелей характеризуются такими

основными положениями, как широкие возможности применения на фасадной части различных дизайнерских решений, отсутствие необходимости дополнительных отделочных работ фасадной части панели, возможность обеспечения высоких влагозащитных качеств фасада панели и разнообразной цветовой отделки фасада, достижение современных дизайнерских решений здания в целом [15-А, 16-А].

3. Полученные данные в результате проведенных в натуральных условиях, экспериментальных и теоретических исследований теплозащиты ТНСП позволили определить расчетное значение сопротивления теплопередаче ( $R^p$ ), равной  $1,78 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$  при нормируемом значении ( $R^н$ ), равной  $1,6 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$  [8-А, 15-А, 16-А].

4. Конструирование ТНСП должно осуществляться с учетом физико-технических требований тепло-, влаго-, звукоизоляции и огнестойкости, а также на основе экономических и архитектурно-художественных соображений. Предложенная стеновая панель может быть использована в зданиях в качестве наружной несущей ОК [8-А, 15-А, 16-А].

5. Различия между аналитическим и численным расчетами показали, что разница температуры на внутренней поверхности слоев ТНСП составляет 0,03%, теплоизоляционного слоя (Пеноплекса) - 0,25%, стеклофибробетонного слоя - 5,23 %, а по наружной поверхности ОК составляет 4,99%, а в целом - 2,63%. По результатам расчета теплового потока в слоях ТНСП можно сделать вывод, что разница между расчетом по математической модели и экспериментальным исследованием в разное время в течение суток составляет от 0,8 до 4,06%, а в целом составляет 0,91% [8-А, 15-А, 16-А].

6. Экономическая эффективность ТНСП по сравнению с кирпичной стеной с покрытием из стеклофибробетона без слоя утеплителя составляет 66,12%; с железобетонной стеной, утепленной слоем пенопласта ПХВ-1 (по ТУ 6-05-1179-1158-78) составляет 22,92%, с кирпичной стеной с утеплителем из минеральной ваты и наружным слоем из стеклофибробетона составляет 5,27% и по сравнению

со стеной из лёгкобетонных блоков (газоблок по ГОСТ 25485-89) составляет 1,82% [8-А, 15-А].

7. По материалоемкости общая стоимость кирпичной стены с покрытием из минваты и стеклофибробетона, составляет – 1380,83 сомони, а общая стоимость ТНСП – 1293,89 сомони, что в расчете на 1 м<sup>2</sup> эффективнее существующего варианта на 86,94 сомони или на 6,3% [15-А].

### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

В результате проведенных исследований разработаны и предложены новые научно обоснованные принципы архитектурно-конструктивных решений энергоэффективных ограждающих конструкций жилых зданий в особых природно-климатических условиях Республики Таджикистан. Они могут стать основой при разработке конструктивного решения энергоэффективных многослойных несущих стеновых панелей жилых зданий.

Практичность использования результатов исследования обосновано тем, что обеспечивается возможность достижения оптимизации объёмно-планировочных и конструктивных решений наружных ограждений при проектировании жилых, а также других типов гражданских зданий.

Предлагаемая ширококорпусная форма здания подходит для проектирования энергоэффективных зданий, за счет чего проектировщик выигрывает с точки зрения энергосбережения, экономии площади ограждающих конструкций и размещения помещений. Благодаря увеличению сопротивления теплопередачи ограждения, усиливая вентиляцию в помещении или повышая температуру внутреннего воздуха, можно предотвратить появление конденсата на внутренней поверхности стены.

Другим практическим преимуществом разработанных общих положений является выбор конструктивных решений стен, учитывающих местные условия строительства, эффективные стеновые материалы и конструкции, обеспечивающие необходимую защиту помещений от внешних климатических воздействий.

Научно-практические результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для использования в реальном проектировании в проектно-изыскательных организациях и при составлении строительных норм и правил по проектированию энергоэффективных гражданских зданий ГУП «НИИСиА» Комитета по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан. Основные положения диссертации внедрены в учебный процесс Таджикского технического университета имени академика М.С.Осими по дисциплинам «Строительная физика», «Энергоэффективность зданий», а также при выполнении курсовых работ и проектов, выпускных квалификационных работ бакалавров, научных диссертаций магистрантов и докторантов PhD.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- [1] **Альтшуллер, Е.Н.** О показателе удельной энергоемкости в индустриальном домостроении // Бетон и железобетон. - 1982. - №8. - С. 27-28.
- [2] **Альтшуллер, Е.Н.** Эффективность применения слоистых стен в монолитном домостроении // Бетон и железобетон. –1993. –№2. -С.27-28.
- [3] **Анисимов, М.В.** Экспериментальное исследование тепловых потерь через покрытие и наружные стены подвальных помещений / М.В. Анисимов, С.А. Карауш // Энергосбережение и энергетическая безопасность регионов России: Матер. докл. - Томск: Изд-во ЦНТИ,2003. – С. 116-118.
- [4] **Бадьев, В.М.** Патент РФ №2035558, кл. E04C 2/26, E04B 1/76. Стеновая панель / Бадьев В.М., Саранцев Н.С. // Томусинский завод крупнопанельного домостроения, Зональный научно-исследовательский и проектный институт типового и экспериментального проектирования жилых и общественных зданий в г. Новосибирске; заявл. 01.10.1992: опубл. 20.05.1995.
- [5] **Бадьев, В.М.** Патент РФ №2104373, кл. E04C 2/26, E04B 1/76. Многослойная стеновая панель / Бадьев В.М., Саранцев Н.С., Симурин А.Ф., Ширяев В.А. // Акционерное общество "Домостроительный комбинат"; заявл. 10.12.1996: опубл. 10.02.1998.
- [6] **Береговой, А.М.** Наружные ограждающие конструкции, адаптированные к использованию энергии природной среды / А.М. Береговой, А.П. Прошин, В.А. Береговой, А.В. Гречишкин // Изв. вузов. Строительство. - 2005. -№2. - С.4-8.
- [7] **Береговой, А.М.** Тепловая эффективность наружных ограждений зданий при фазовых превращениях влаги / А.М. Береговой, В.А. Береговой, А.В. Мальцев, М.А. Петрянина // Изв. вузов. Строительство. – 2011. – №12. –С. 73–79.
- [8] **Богоявленский, А.И.** Методы контроля теплозащитных свойств ограждающих конструкций / А.И. Богоявленский, Т.А. Дацюк, П.Г. Исаков, А.С. Платонов, Н.А. Соколов, С.И. Ханков // Изв. вузов. Строительство. -2008. -№11-12. - С.86-89.



[9] **Богословский, В.Н.** Строительная теплофизика. –Высшая школа. Москва. –1982, – 415 с.

[10] **Бородин, А.И.** Определение температуры на внутренней поверхности в углу наружной стены // Изв. вузов. Строительство. -2007. -№12. -С.76-79.

[11] **Бородин, А.И.** Учёт влияния влажности среды при расчёте термического сопротивления ограждающей конструкции /А.И. Бородин, З.Б. Чапанов // Изв. вузов. Строительство. -2009. -№7. - С. 40-43.

[12] **Великовский, Л.Б.** Архитектура гражданских и промышленных зданий / Л. Б. Великовский, Н. Ф. Гуляницкий, В. М. Ильинский и др. // Учебник для вузов, под общ. ред. В.М. Предтеченского. Основы проектирования. Изд. 2-е, перераб. и доп. Стройиздат, Москва. - 1976. - С. 215.

[13] Влажностный режим ограждений [Электронный ресурс] URL: <http://mylektsii.ru> / (дата обращения: 08.06.2022).

[14] **Гагарин, В.Г.** Экономические аспекты повышения теплозащиты ограждающих конструкций зданий в условиях «Рыночной экономики» // Светопрозрачные конструкции. – 2002, - №3. С.2-5 и №4. - С. 50-58.

[15] **Гиндоян, А.Г.** Тепловой режим конструкций полов / А.Г. Гиндоян // Стройиздат, - Москва. – 1984, - С. – 222

[16] **Гражданкин, А.А.** Математическое моделирование теплопередачи через ограждающую конструкцию / Гражданкин А.А., Иванченко В.Т., Письменский А.В // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 6. С. 29-39.

[17] **ГНиП РТ 23.01-2018.** Градостроительные нормы и правила Республики Таджикистан «Строительная климатология». Комитет по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан. – Душанбе. Издательство: ГУП «НИИСА», «Издательский центр», 2018. - 34 с.

[18] **ГНиП РТ 20-01-2012** Градостроительные нормы и правила Республики Таджикистан. «Нагрузки и воздействия». Комитет по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан – Душанбе. Издательство: ГУП «НИИСА», «Издательский центр», 2016 – 51с.

[19] **ГНиП РТ 30-01-2018.** Градостроительные нормы и правила Республики Таджикистан. «Градостроительство. Планировка и застройка населенных пунктов». Комитет по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан. – Душанбе: Издательство ГУП «НИИСА», «Издательский центр», 2018. – 80 с.

[20] **ГНиП РТ 31-01-2018** Градостроительные нормы и правила Республики Таджикистан «Здания жилые многоквартирные». Комитет по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан, Душанбе. Издательство: ГУП «НИИСА», «Издательский центр», 2018 – 29 с.

[21] **ГНиП РТ 31-03-2018.** Градостроительные нормы и правила Республики Таджикистан «Общеобразовательные учреждения». Комитет по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан, Душанбе. Издательство: ГУП «НИИСА», «Издательский центр», 2018. – 40 с.

[22] **ГНиП РТ 23-03-2017.** Градостроительные нормы и правила Республики Таджикистан «Освещение зданий, сооружений и территорий». Комитет по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан, Душанбе. Издательство: ГУП «НИИСА», «Издательский центр», 2017. – 59 с.

[23]. **ГОСТ 21520-89** – Блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие / Госстрой СССР, ИПК Издательство стандартов, - Москва - 2003.

[24] **ГОСТ 26254-84** – Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций / Госстрой СССР, ИПК Издательство стандартов, - Москва, -1994.

[25] **ГОСТ 26602.1-99** – Блоки оконные и дверные. Методы определения сопротивления теплопередаче / Межгосударственный стандарт, Москва - 2000.

[26] **ГОСТ 25380-2014** – Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции / Стандартиформ, Москва – 2019.

[27] **ГОСТ 30494-2011** – Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях / Стандартиформ, Москва – 2019.

[28] **ГОСТ 10922-2012** – Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязанные и механические соединения для железобетонных конструкций. Общие технические условия / Стандартиформ, Москва – 2013.

[29] **ГОСТ 31168-2014** – Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление / Стандартиформ, Москва -2014.

[30] **ГОСТ 7076-99** – Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме / Межгосударственный стандарт, Москва – 2000 (Введен в действие с 1 апреля 2000 г. в качестве государственного стандарта Российской Федерации постановлением Госстроя России от 24 декабря 1999 г. №89).

[31]. **Езерский, В.А.** Оптимизация термомодернизации крупнопанельного жилого здания с учётом срока службы теплозащитных мероприятий / В.А. Езерский, П.В. Монастырёв, Р.Ю. Клычников // Строительные материалы. -2013. -№7. -С.25-27.

[32] **Езерский, В.А.** Влияние параметров жилого дома повышенной этажности на энергопотребление / В.А. Езерский, П.В. Монастырёв, А.И. Глушкова // Вестник МГСУ. -2011. -Т.1. -№3. -С.286-292.

[33] **Жуков, А.В.** Инженерные формулы для расчёта тепловлажностных свойств древесных материалов // Изв. вузов. Строительство. -2008. -№5. - С.81-84.

[34] **Жуков, А.В.** Математическое моделирование тепло- и влагопереноса в наружных деревянных ограждающих конструкциях / А.В. Жуков, А.Я. Кузин, Т.А. Мирошниченко, Д.Н. Цветков, М.С. Филюшина // Изв. вузов. Строительство. -2007. -№1. -С.8-15.

[35] **Закон Республики Таджикистан** «Об энергосбережении и энергоэффективности» от 19 сентября 2013 года, №1018.

[36] **Закон Республики Таджикистан** «Об энергетике» от 29 ноября 2000 года №33.

[37] **Закон Республики Таджикистан «Об энергосбережении»** от 10 мая 2002 года, №29.

[38] **Закон Республики Таджикистан «Об использовании возобновляемых источников энергии»** от 12 января 2010 года, №587.

[39] Заключение ОАО НИПИИ «САНИИОСП» 18.05.2017 под №452 по определению прочности стенобетонных камней, от 10.08.2017г. под №731474.

[40] **Иванцов, А.И.** Натурные исследования эксплуатационных воздействий на фасадные системы с различными видами эффективных утеплителей / А.И. Иванцов, В.Н. Куприянов, И.Ш. Сафин // Жилищное строительство. -2013. -№7. - С.29-32.

[41] **Иванов, В.В.** Тепловые режимы неоднородных ограждающих конструкций / В.В. Иванов, А.Н. Бутенко, Л.В. Карасёва // Изв. вузов. Строительство. -2007. -№4. - С.24-27.

[42] **Иванов, В.В.** Нестационарные температурные режимы многослойных ограждающих конструкций в летнее время / В.В. Иванов, И.И. Сахно, Л.В. Карасёва // Изв. вузов. Строительство. -2004. -№3. -С.9-13.

[43] **Иванов, В.В.** Нестационарный теплоперенос в многослойных строительных конструкциях / В.В. Иванов, Л.В. Карасёва, С.А. Тихомиров // Изв. вузов. - Строительство. -2001. -№9-10. -С.7-10.

[44] **Ильинский, В.М.** Строительная теплофизика (ограждающие конструкции и микроклимат зданий). - Москва. -1974,-С. 320.

[45] **Калашников, М.П.** Особенности теплотехнического расчёта наружных ограждающих конструкций плодоовощехранилищ подземного типа / М.П. Калашников, О.Б. Аюрова, В.С. Таханов // Изв. вузов. Строительство. - 2006. -№1. - С.67-71.

[46] **Карауш, С.А.** Теплоперенос через цокольную стену подвального помещения жилого здания / С.А. Карауш, М.В. Анисимов // Изв. вузов. Строительство. -2006. - №10. -С.45-47.

[47] **Карауш, С.А.** Математическая модель задачи нестационарного теплопереноса в подвальном помещении жилого здания / С.А. Карауш, И.А.

Лысак, М.В. Анисимов // Город и экологическая реконструкция жилищно-коммунального комплекса XXI века: 4 междунар. науч.-практич. конф. 5-6 апреля 2006 г. – М.: МИКХиС, 2006. – С. 474-477.

[48] **Карауш, С.А.** Теплоперенос через цокольную стену подвального помещения жилого здания / С.А. Карауш, М.В. Анисимов // Изв. вузов. Строительство. -2006. - №10. -С.45-47.

[49] **Кононова, М.С.** Оценка снижения теплопотребления на отопление зданий при повышении сопротивления теплопередаче наружных ограждений // Изв. вузов. Строительство. -2011. -№8-9. -С.78-83.

[50]. **Корниенко, С.В.** Метод решения трёхмерной задачи совместного нестационарного тепло- и влагопереноса для ограждающих конструкций зданий // Изв. вузов. Строительство. -2006. -№2. -С.108-111.

[51] **Коган, В.С.** Патент СССР №973751, кл. E04C 2/46. Многослойная строительная панель / Коган В.С., Кобринский Г.С., Цимерманис Л.Б. // Латвийский научно-исследовательский и экспериментально технологический институт строительства Госстроя Латвийской ССР; заявл. 31.12.1980: опубл. 15.11.1982.

[52] **Корнилов, Т.А.** Опыт эксплуатации вентилируемых фасадов зданий в условиях сурового климата // Изв. вузов. Строительство. -2008. -№1. -С. 99-104.

[53] **Корсунов, Н.И.** Нейросетевые алгоритмы анализа теплопроводности строительных конструкций / Н.И. Корсунов, А.А. Юдин // Изв. вузов. Строительство. -2007. -№11. - С.98-103.

[54] **Костин, В.И.** Проблемы оптимизации теплозащитных свойств ограждающих конструкций промышленных зданий // Изв. вузов. Строительство. -2006. -№9. - С.45-47.

[55] **Кузин, А.Я.** Теплоперенос в неоднородной брусчатой наружной стене с фасадным утеплением / А.Я. Кузин, А.Н. Хуторной // Изв. вузов. Строительство. - 2005. -№11-12. -С.4-10.

[56] **Куприянов, В.Н.** Конденсация парообразной влаги в наружных стенах при суточных колебаниях температуры наружного воздуха /В.Н. Куприянов, А.И. Иванцов // Приволжский научный журнал. -2013. -№2. -С.17-22.

[57] **Ландау, Л.Д.** Теоретическая физика. Т. IV: Гидродинамика [Текст] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Наука,1988. – 736с.

[58] **Лебедев, О.В.** Нахождение положения точки росы и плоскости промерзания в многослойных объектах с учетом фазовых переходов жидкость – твердое тело / О.В.Лебедев, О.Н. Будадин, М.Н. Слитков, В.Г. Авраменко, Т.Ф. Русина [Электронный ресурс] // URL:[http://imash.ru/netcat\\_files/File/lebedev/2007-aLebedev-DewPoint.pdf](http://imash.ru/netcat_files/File/lebedev/2007-aLebedev-DewPoint.pdf) (дата обращения 04.06.2020).

[59] **Лыков, А.В.** Теоретические основы строительной теплофизики. Минск. – 1961, - С. 519.

[60] **Мазанов, Ю.А.** Проектирование теплоустойчивости зданий с учетом экономической эффективности в усл. Узб. СССР. –Ташкент. - 1976 – С. 175.

[61] Математическая модель теплопередачи через ограждающие конструкции [Электронный ресурс] URL: <https://helpiks.org/3-26370.html> / (дата обращения: 18.08.2022).

[62] **Мачинский, В.Д.** Метод характеристических величин в строительной теплотехнике: 2-е изд.- госстройиздат, - Москва. - 1950, - С. 87.

[63] **Машенков, А.Н.** Математическое моделирование конвективного теплообмена около стены здания в приближении пограничного слоя / А.Н. Машенков, Е.А. Косолапов, Е.В. Чебурканова // Изв. вузов. Строительство. - 2011. - №5. -С.65-71.

[64] **Назиров, Р.А.** Использование высокотеплопроводных материалов для улучшения температурно-влажностных характеристик наружных угловых стен, угловых и рядовых стыков строительных конструкций / Р.А. Назиров, О.В. Соловьёва, Д.А. Михеев, Е.В. Пересыпкин // Изв. вузов. Строительство. -2008. - №8. -С.98-101.

[65] **Нигматов, И.И.** Особенности архитектурно-строительного проектирования зданий, возводимых в условиях жаркого климата Центральной Азии / Таджики НИИНТИ. – Душанбе, 1993. - 216с.

[66] **Низовцев, М.И.** Верификация модели расчёта, сопряженного тепло- и влагопереноса при увлажнении газобетона / М.И. Низовцев, А.Н. Стерлягов, В.И. Терехов // Изв. вузов. Строительство. -2008. -№1. - С.104-109.

[67] Официальный сайт ЛИРА-САПР [Электронный ресурс] URL:[https://www.lirasapr.com/lira/systems/thermal\\_analysis.php](https://www.lirasapr.com/lira/systems/thermal_analysis.php) / (дата обращения: 14.09.2022).

[68] Официальный сайт производителя ПЕНОПЛЭКС [Электронный ресурс]. URL:<https://www.penoplex.ru/katalog/dlya-doma-i-kvartiry/penopleks/> (дата обращения: 02.04.2022).

[69] **Перехоженцев, А.Г.** Метод расчёта тепло- и пароизоляции многослойных ограждающих конструкций зданий // Изв. вузов. Строительство. -2006. -№7. - С.4-7.

[70] Постановление Правительства Республики Таджикистан от 03 августа 2002 года № 318 «Об утверждении «Концепции развития топливно-энергетического комплекса Республики Таджикистан на 2003-2015 гг.».

[71] Постановление Правительства Республики Таджикистан от 02 февраля 2007 года № 41 «Об утверждении Целевой комплексной программы по широкому использованию возобновляемых источников энергии, таких как энергия малых рек, солнца, ветра, биомассы, энергии подземных источников на 2007-2015 годы».

[72] Постановление Правительства Республики Таджикистан 02 февраля 2009 года, № 73 «Об утверждении Долгосрочной программы строительства малых электростанций на период 2009-2020 годов».

[73] Постановление Правительства Республики Таджикистан 03 марта 2011 года, «Об утверждении правил ведения Государственного кадастра возобновляемых источников энергии Республики Таджикистан».

[74] Постановление Правительства Республики Таджикистан от «27» апреля 2022 года, № 203 «Об утверждении Стратегии развития строительной отрасли Республики Таджикистан на период до 2030 года»

[75] Постановление Правительства Республики Таджикистан от «30» сентября 2022 года, № 482 «Об утверждении Стратегии развития "зеленой" экономики в Республике Таджикистан на 2023-2037 годы».

[76] **Поччоев, М.М.** Повышение теплозащитных свойств ограждающих конструкций сельских жилых зданий с эффективной теплоизоляцией и использованием солнечной энергии / М.М. Поччоев // Дисс.....канд. техн. наук. - Душанбе, 2019, –С. 125.

[77] Реферат: «Микроклимат помещения и его влияние на здоровье человека» [Электронный ресурс] URL: <https://westud.ru/work/261340/mikroklimat-romesenia-i-ego-vlianie> / (дата обращения: 24.06.2022).

[78] Руководство по проведению энергетического аудита зданий / Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан. Издательство, - Душанбе. – 2019, - С. 43.

[79] **Самарин, О.Д.** Влияние изменения параметров наружного климата на окупаемость энергосберегающих мероприятий // Изв. вузов. Строительство. - 2009. -№6. -С.43-47.

[80] **Самарин, О.Д.** О расчёте охлаждения наружных стен в аварийных режимах теплоснабжения // Изв. вузов. Строительство. -2007. -№2. -С.46-50.

[81] **Самарин, О.Д.** О скорости понижения температуры в наружном углу здания при аварийных режимах теплоснабжения // Изв. вузов. Строительство. - 2008. -№2. - С.62-67.

[82] **Семенов, Л.А.** Теплоустойчивость и печное отопление жилых и общественных зданий. Машстройиздат - Москва. - 1950, - С. 263.

[83] **Семенова, Э.Е.** Исследования зависимости энергоэффективности здания от геометрической формы / Семенова Э.Е., Тютюрев А.А. - Текст:



непосредственный // Научный вестник ВГАСУ. Высокие технологии. Экология. - 2011. - № 1. - С. 102-104.

[84] Сметные цены. Информационно-аналитический журнал в строительстве №3 июль 2022 издается с 2004г, Сборник средних сметных цен на основные строительные ресурсы, ГУП «ЦЕНТР ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ» - г. Душанбе 2022.

[85] **СНиП РТ 23-02-2021.** Строительные нормы и правила Республики Таджикистан «Тепловая защита зданий». Комитет по архитектуре и строительству при Правительстве Республики Таджикистан. – Душанбе: Издательство: ГУП «НИИСА», «Издательский центр», 2021. - 38 с.

[86] **СНиП РТ 41-01-2009.** Строительные нормы и правила Республики Таджикистан «Отопление, вентиляция и кондиционирование». Агентство по строительству и архитектуре при Правительстве Республики Таджикистан. – Душанбе: ГУП «НИИСА», «Издательский центр», 2018 – 53 с.

[87] **СНиП РТ 31-02-2007** Строительные нормы и правила Республики Таджикистан «Общественные здания и сооружения». Агенство по строительству и архитектуре при Правительстве Республики Таджикистан. – Душанбе: Издательство ГУП «НИИСА», «Издательский центр», 2017. – 51с.

[88] **СНиП II-3-79\*** – Строительная теплотехника. Госстрой СССР, Москва – 1986 - 32 с.

[89] **Табунщиков, Ю.А.** Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Табунщиков Ю.А., Бродач М.М // АВОК-ПРЕСС, Москва - 2015 - 194 с.

[90] **Табунщиков, Ю.А.** Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Табунщиков Ю.А., Бродач М.М // М.: АВОК-ПРЕСС, 2015. 194 с.

[91] **Тихонов, А.Н.** Уравнения математической физики / Тихонов А.Н., Самарский А.А // учебник для вузов. М.: Изд-во МГУ, Наука, 2004. 735 с.

[92] **Толстова, Ю.И.** Основы строительной теплофизики / Толстова Ю.И., Шумилов Р.Н // учеб. пособие, Урал. федер. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2014. 106 с.

[93] **Усмонов, Ш.З.** Учет климатических и демографических условий Таджикистана при реконструкции жилых зданий для повышения их энергетических показателей / Ш.З. Усмонов // Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. - Москва, 2016. – С. 18.

[94] **Ушков, Ф.В.** Энергоемкость и тепловая эффективность наружных стен / В.Ф. Ушков, Н.Н. Цаплиев // Жилищное строительство. -1981. -№4. -С.11-12.

[95] **Фазилов, А.Р.** Нормативно-правовая база энергоэффективности в Республике Таджикистан / Фазилов А.Р., Шокиров Р.М. // Материалы научно-практической конференции-выставки «Дни возобновляемых источников энергии и энергосбережения в Таджикском техническом университете имени академика М.С. Осими». Душанбе, - 2021. – С. 167-170.

[96] **Фокин, К.Ф.** Строительная теплотехника ограждающих частей здания / Под ред. Ю.А. Табунщикова, В.Г. Гагарина. – 5 изд., пересмотр. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. –256 с.

[97] **Франчук, А.У.** Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов [Текст] / Франчук А.У. –Москва, И-328, 1969. – 136 с.

[98] **Харламов, Д.А.** Инженерная методика расчёта приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных конструкций с учётом краевых зон /Д.А. Харламов, А.Д. Кривошеин // Изв. вузов. Строительство. -2008. -№6. - С.112-118.

[99] **Хасанов, Н.Н.** Современное состояние вопроса повышения энергоэффективности зданий общеобразовательных учреждений / Хасанов Н.Н., Нуров С.Р. // Материалы республиканской научно-практической конференции. «Практика, проблемы и перспективы повышения качества проектирования, строительства и производства строительных материалов». - Душанбе. 2016, - С.158-162.

[100] **Хасанов, Н.Н.** Малый патент на изобретение № ТЈ 987, МПК: E04B 1/76. Многослойная стеновая панель / Хасанов Н.Н., Шокиров Р.М., Раджабов М.С. Ахмад Дж.Т., Зоиров Э.К., Азимов Ш.Дж. // Государственное учреждение информационный центр; заявл. 16.01.2019; опубл. 01.03.2019.

[101] **Хасанов, Н.Н.** Социальные комплексы для детей с ограниченными функциональными возможностями в условиях Таджикистана / Н.Н. Хасанов // Дисс....доктора архитектуры. Душанбе. - 2019, - С. 268.

[102] **Хлевчук, В.Р.** Теплотехнические и звукоизоляционные качества домов повышенной этажности / Хлевчук В.Р. Артыкпаев В.Т. // Стройиздат - Москва. – 1979, - С. 255.

[103] **Хлевчук, В.Р.** Повышение теплозащитных качеств панелей из легкого бетона / Хлевчук В.Р. Черников С.Г. // Труды НИИСФ, - Москва. – 1984, - С. 10-15.

[104] **Хлевчук, В.Р.** Научно - технические проблемы повышения теплозащиты легкобетонных ограждений зданий / В.Р. Хлевчук // Автореферат дис. ... докт. техн. наук - Москва. -1989, - С. 88.

[105] **Хон, С.В.** Повышение теплозащитных свойств брусчатых наружных стен с вентилируемым воздушным зазором / С.В. Хон, А.Н. Хуторной, А.Я. Кузин. - Томск: Том. гос. архит.-строит. ун-т, 2004. - 26с.- Деп. в ВИНТИ РАН.

[106] **Хужаев, П.С.** Снижение энергопотребления здания путем применения теплоизоляционных материалов [Текст] / П.С. Хужаев, А.А. Сулейманов, М.М. Поччоев, З.А. Сулейманов // Вестник Таджикского технического университета. – Душанбе, 2015 - №2 (30). – С.122-127.

[107] **Хуторной, А.Н.** Теплозащитные свойства неоднородных керамзитобетонных наружных стен зданий / А.Н. Хуторной, А.В. Колесников // Изв. вузов. Строительство. -2004. -№7. -С.18-20.

[108] **Хуторной, А.Н.** Теплоперенос в неоднородных керамзитобетонной и брусчатой наружных стенах зданий / А.Н. Хуторной, С.В. Хон, А.В. Колесников, А.Я. Кузин, Н.А. Цветков // Изв. вузов. Строительство. -2006. -№2. -С. 9-14.

- [109] **Хуторной, А.Н.** Особенности пространственного теплопереноса в неоднородном угловом фрагменте деревянной брусчатой стены / А.Н. Хуторной, А.Я. Кузин, Н.А. Цветков // Изв. вузов. Строительство. -2009. -№5. -С.3-8.
- [110] **Шкловер, А.М.** Теплопередача при периодических тепловых воздействиях / А.М. Шкловер // Госэнергоиздат, - Москва. - 1961, - С. 160.
- [111]. **Шкловер, А.М.** Теплопередача при периодических тепловых воздействиях / А.М. Шкловер. – Москва: Госэнергоиздат, 1961. – 160 с.
- [112] **Шойхет, Б.М.** Некоторые аспекты энергоэффективности навесных вентилируемых фасадов // Энергосбережение. -2011. -№7. - С. 60-64.
- [113] **Шокиров, Р.М.** Принципы проектирования учебно-воспитательных учреждений для детей с нарушением опорно-двигательного аппарата (для условий республики Таджикистан) / Р. М. Шокиров // дис. доктор PhD/; ТГУ им. академика М.С. Осими. –Душанбе, 2019, -С.169.
- [114] Экспресс-информация, ВНИИС, выпуск 12 / Зарубежный опыт, /ВНИИТПИ. – Москва, - 1988, - С .28-32.
- [115] Экспресс-информация, серия 8, выпуск 12 / Зарубежный опыт // ВНИИС, 1985. - С.13-15.
- [116] **Якубов, Н.Х.** Основы проектирования бесчердачных крыш в условиях жаркого климата: учеб. пособие для вузов // Н.Х. Якубов. – Душанбе: Первая типография, 1993. – 136с.
- [117] **Якубов, Н.Х.** Тепловая защита зданий. Основы проектирования / Методическое пособие, - Душанбе. – 2014, - С. 159.
- [118] **Anderlind, G., Johansson B.** Dynamic insulation. A theoretical analysis of thermal insulation, through which a gas or fluid flows. -Stockholm,1983.- 69 p.
- [119] **Hebgen, H.** Energieinsparung und baulicher Wärmeschutz // Deutsche Bauzeitschrift. - 1979.- №12.- S.1901-1905.
- [120] **Kunzel, H.M.** Calculation of heat and moisture transfer in exposed building components / H.M. Kunzel, K. Kiessl // Int. J. of Heat and Mass Transfer. – 1997. – V.40.-№1. – P.159- 167.

[121] **Luikov, A.V.** Heat and Mass Transfer in Capillary Porous Bodies, Pergamon, Oxford (1966).

[122] **Pelke, R.** Energieeinsparung in der Klimatechnik. -1976.-№ 6.-S.156-158.

[123] Revue techniques du batiment et des construction industrielle. - 1988.- №127.- P. 51-58.

**Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:**

*Статьи в научных журналах Перечня ВАК при Президенте РТ.*

[1-А] **Каримов, Н.М.** Влияние объемно-планировочных решений на энергоэффективность зданий / Н.М. Каримов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. –Душанбе, 2022. №3 (59). - С. 115-119.

[2-А] **Каримов, Н.М.** Обеспечение энергоэффективности при проектировании гражданских зданий / Б.А. Гулямов, Н.М. Каримов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. –Душанбе, 2021. №1 (53).-С. 125-128.

[3-А] **Каримов, Н.М.** Повышение теплозащитных качеств наружных стен зданий из легких блоков (на примере Таджикистана) / Р.М. Шокиров, Н.М. Каримов, Н.М. Мухибуллоев // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. –Душанбе, 2020. -№3 (53). – С. 133-138.

[4-А] **Каримов, Н.М.** Инженерный метод расчета теплоустойчивости ограждающих конструкций в условиях жаркого климата / Н.Н. Хасанов, Н.М. Каримов, Б.А. Гулямов // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. –Душанбе, 2020. –№3 (53). - С. 115-118.

*Статьи в материалах конференций*

[5-А] **Каримов, Н.М.** Оптимизация физических параметров ограждающих конструкций в условиях жаркого климата (на примере Таджикистана) / Н.Н. Хасанов, Н.М. Каримов, К.С. Алиев // МЦНС «Наука и Просвещение», Материалы II Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2023. – С. 64 -67.

- [6-А] **Каримов, Н.М.** Архитектурно - строительные методы повышения энергосбережения и энергоэффективности в зданиях / Н.Н. Хасанов, Н.М. Каримов, Б.А. Гулямов // Материалы международной научно-практической конференции на тему “Проблемы промышленной интеграции в Центральной Азии” (18 майи 2022 года). – Душанбе, 2022. - С. 212-215.
- [7-А] **Каримов, Н.М.** Проектирование энергоэффективных зданий / Н.М. Каримов, Д.Ф. Каландаров // МЦНС «Наука и Просвещение», Материалы V Международной научно-практической конференции. – Пенза, 2022. – С. 62 -64.
- [8-А] **Каримов, Н.М.** Автоматизация процессов составления энергетического паспорта жилых и общественных зданий с помощью программы ПК - графэнергопаспорт-2022 / Р.М. Шокиров, Н.М. Каримов., А.Х. Умаров. // МЦНС «Наука и Просвещение», Материалы XXVIII Международной научно-практической конференции. – Пенза, – 2022. – С. 61-64.
- [9-А] **Каримов, Н.М.** Теплофизический расчет ограждающих конструкций с помощью компьютерной калькуляции / Р.М. Шокиров, Н.М. Каримов., Б.М. Каримов. // Инновационные процессы в науке и технике XXI века, материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых, педагогических работников и специалистов-практиков. Тюмень, 2021. - С. 320-325.
- [10-А] **Каримов, Н.М.** Проектирование энергоактивных зданий / Н.М. Каримов., Б.М. Каримов., Ф.Д. Джимолов // Инновационные процессы в науке и технике XXI века. Материалы XVIII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, ученых, педагогических работников и специалистов-практиков. Тюмень, 2021. -С. 238-241.
- [11-А] **Каримов, Н.М.** Конструктивное решение покрытия с использованием энергоэффективных местных материалов / Р.М Шокиров, Р.К. Рабиев, Н.М. Каримов // XVIII Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов, учёных, педагогических работников и специалистов-

практиков. «Инновационные процессы в науке и технике XXI века», Том 2. Тюмень, 2021. – С. 316-320.

[12-А] **Каримов, Н.М.** Пути оздоровления микроклимата помещений зданий и территории застройки в условиях жаркого климат / Д.Ш. Ганизода, Н.М. Каримов // Современная наука: Актуальные вопросы, достижения и инновации. XVI Международная научно-практическая конференция. Пенза. 2020,-С. 223-228.

[13-А] **Каримов, Н.М.** Особенности проектирования энергоэффективных зданий в климатических условиях Таджикистана / Н.М. Каримов, Б.А. Гулямов, Ф.Н. Хасанов // Международная научно-практическая конференция «Применение информационно - телекоммуникационных технологий в создании электронного правительства и индустриализации страны». Душанбе, - 2020. - С. 53-56.

[14-А] **Каримов, Н.М.** Защита помещения от перегрева в условиях жаркого климата (на примере Таджикистана) / Н.М. Каримов, Я.Х. Ризоев // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе. Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов, учёных и специалистов. Тюмень, 2020. - С. 92-95.

#### *Авторские свидетельства и патенты*

[15-А] **Каримов, Н.М.** Малый патент на изобретение №TJ 1302, МПК: E04B 1/76. Многослойная стеновая панель / Каримов Н.М., Хасанов Н.Н., Шокиров Р.М., Кармов Б.М., Гулямов Б.А., Хасанов Ф.Н., Каландаров Д.Ф. // Государственное учреждение информационный центр; заявл. 26.06.2022: опубл. 10.10.2022.

[16-А] **Каримов, Н.М.** Свидетельство о государственной регистрации информационного ресурса №22022004488. База показателей “ПК-Граф-Энерго-ПАСПОРТ-2022”/ Шокиров Р.М., Каримов, Н.М., Умаров А.Х. // Государственное учреждение национальный патентно-информационный центр 20.01.2022.

# **ПРИЛОЖЕНИЕ**



УТВЕРЖДАЮ  
Ректор ТТУ им. акад. М.С.Осими  
д.э.н., профессор  
Давлатзода Кулрат Камбар

« \_\_\_\_\_ 2023г.



## АКТ

*о внедрении результатов диссертации Каримова Насимдэсона Мирзорахимовича на соискание ученой степени доктора философии (PhD), доктора по специальности 6D072900 – «Строительство» в учебный процесс кафедры «Архитектура зданий и сооружений» Ташкентского технического университета имени академика М.С.Осими*

Мы, нижеподписавшиеся, подтверждаем, что основные научные положения, выводы и рекомендации диссертации *Каримова Насимдэсона Мирзорахимовича* на соискание ученой степени доктора философии (PhD), доктора по специальности 6D072900 – «Строительство» на тему: «Принципы проектирования гражданских зданий с энергоэффективными ограждающими конструкциями (на примере Таджикистана)» внедрены в учебный процесс кафедры «Архитектура зданий и сооружений» при изучении дисциплин: Архитектурно строительная физика; Основы архитектурного проектирования; Энергоэффективность зданий; Архитектура гражданских и промышленных зданий, читаемых студентам (бакалаврам и магистрантам) по направлению подготовки специальностям 1-700201-05-Проектирование зданий и сооружений, 1-690101-09-Дизайн архитектурной среды, 1-690101 -Архитектура.

*Основные результаты научной работы:*

В результате проведенных исследований разработаны и предложены принципы проектирования энергоэффективных ограждающих конструкциях жилых зданий, основанные на анализе физико-технических и конструктивных показателей предлагаемых многослойных стеновых панелей, характеризующие такими основными положениями, как широкие возможности применения на фасадной части различных дизайнерских решений, отсутствие необходимости дополнительных отделочных работ фасадной части панели и возможность обеспечения высоких влагозащитных качеств фасада панели.

Предложенная трехслойная несущая стеновая панель (ТНСП) может быть использована при возведении каркасных гражданских зданий.

Практичность использования результатов исследования обосновано тем, что обеспечивается возможность достижения оптимизации объёмно-планировочных и конструктивных решений наружных ограждений при проектировании жилых, а также других типов гражданских зданий.

**Эффект от внедрения (использования) результатов внедрения:**

Представленное ТНСП способствует решению проблемы повышения энергоэффективности и теплозащиты ограждающих конструкций, а также достижению цели уменьшения веса стен в каркасных зданиях.

По сравнению с ограждающими наружными стенами, применяемыми в настоящее время в каркасных зданиях, предложенные панели занимают площадь поверхности перекрытий в 50 мм по наружному периметру здания, что дает возможность увеличить общую площадь здания в целом.

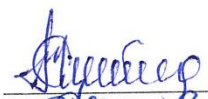



Приведенные расчеты показывают, что на 1 м<sup>2</sup> наружной вертикальной ограждающей конструкции экономический эффект от предлагаемого варианта составляет в пределах 5-10%.

В работе корректно введены новые понятия в полученные технических документов, таких как:

- малый патент на изобретение многослойной стеновой панели №ТJ 1302, МПК: E04B 1/76;

- свидетельство о государственной регистрации информационного ресурса №22022004488. База показателей "ПК-Граф-Энерго-ПАСПОРТ-2022" в Государственном учреждении «Национальный патентно-информационный центр» Таджикистана.

Председатель комиссии  
Члены комиссии:

	Махмадизода М.М.
	Фохаков А.С.
	Бозоров Ш.А.
	Шокиров Р.М.

*Подписи проректора по учебной части, первого проректора, д.т.н., доцента Махмадизода М.М., членов комиссии: начальника УМУ, д.т.н., доцента Фохакова А.С., начальника Управления Нии, к.т.н., и.о. доцента Бозорова Ш., зав. кафедрой «АЗ и С», доктор PhD и.о. доцента Шокиров Р.М.*

/ Начальник отдела кадров  
и специальных работ ТТУ им. акад. М.С. Осими



Шарипова Д.А.

ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН

\*\*\*

Мақомоти иҷроияи  
ҳоқимияти давлатии  
шаҳри Душанбе  
\*\*\*

Корхонаи воҳиди давлатии  
«Пажӯҳишгоҳи илмӣ-тадқиқотӣ  
ва лоиҳакашии  
«Душанбешаҳрсоз»



РЕСПУБЛИКА ТАДЖИКИСТАН

\*\*\*

Исполнительный  
орган государственной власти  
города Душанбе  
\*\*\*

Государственное унитарное предприятие  
«Научно-исследовательский и  
проектный институт  
«Душанбешаҳрсоз»

734018 шаҳри Душанбе, кӯчаи Н. Парабоев, 48, тел 233-32-21, 233-74-97 E-mail: dushanbeshahrsoz@mail.ru

№ 16

аз «24» января соли 2023

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ГУП Научно-  
исследовательский и проектный  
институт «Душанбешаҳрсоз»

Гийёсов М.Р.

«24» января 2023 г.



#### А К Т

о внедрении научных результатов, полученных в диссертации Каримова Насимджона Мирзорахимовича на соискание ученой степени доктора философии (PhD), доктора по специальности 6D072900 – «Строительство» на тему: «Принципы проектирования гражданских зданий с энергоэффективными ограждающими конструкциями (на примере Таджикистана)»

Комиссия в составе: председателя - директора ГУП Научно-исследовательский и проектный институт «Душанбешаҳрсоз» Гийёсов М.Р, членов комиссии - гл. инженера ГУП НИИПИ «Душанбешаҳрсоз» Исмоилзода Ф.С, начальник конструктивного сектора Акрамов А.А свидетельствует о том, что результаты научных исследований докторанта Таджикского технического университета им. академика М.С.Осими Каримова Н.М. использованы при планировка, теплотехнический расчет ограждающих конструкции и определение удельного расхода энергии рабочих проектов зданий и сооружений, осуществленных подразделениями ГУП НИИПИ «Душанбешаҳрсоз».

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ КОМИССИИ

Гийёсов М.Р.

ЧЛЕНЫ КОМИССИИ:

Исмоилзода Ф.С.

Акрамов А.А.

ҶУМҲУРИИ  
ТОҶИКИСТОН



ИДОРАИ  
ПАТЕНТӢ

# НАХУСПАТЕНТ

№ ТҶ 1302

БА ИХТИРОИ

*Панели бисёрқабатаи деворӣ*

Дорандаи нахустпатент Каримов Н.М., Шокиров Р.М.

Сарзамин Ҷумҳурии Тоҷикистон

Муаллиф(он) Каримов Н.М., Ҳасанов Н.Н., Шокиров Р.М.,  
Каримов Б.М., Ҳасанов Ф.Н., Гулямов Б.А., Қаландаров Д.Ф.

Аввалияти ихтироъ 21.06.2022

Таърихи рӯзи пешниҳоди ариза 21.06.2022

Аризаи № 2201707

Дар Феҳристи давлатии ихтироъҳои

Ҷумҳурии Тоҷикистон 10 октябри с. 2022 ба қайд гирифта шуд

Нахустпатент  
эътибор дорад аз 21 июни с. 2022 то 21 июни с. 2032

ДИРЕКТОР

Исмоилзода М.



ВАЗОРАТИ РУШДИ ИҚТИСОД ВА САВДОИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН  
МУАССИСАИ ДАВЛАТИИ «МАРКАЗИ МИЛЛИИ ПАТЕНТУ ИТТИЛООТ»

МИНИСТЕРСТВО ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ И ТОРГОВЛИ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПАТЕНТНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР»



## ШАҲОДАТНОМА

дар бораи бақайдгирии давлатии захираи иттилоотӣ

### СВИДЕТЕЛЬСТВО

о государственной регистрации информационного ресурса

**Номгӯй**

Наименование База показателей «ПК-Граф-ЭнергоПАСПОРТ-2022»

**Сарзамин**

Страна Республика Таджикистан

**Доранда**

Владелец Шокиров Раджабали М., Умаров Алибек Х., Каримов Насимджон М.

**Таҳиягар**

Разработчик Шокиров Раджабали М., Умаров Алибек Х., Каримов Насимджон М.

**№ қайди давлатӣ**

№ государственной  
регистрации № 2202200488

**Ба Феҳристи давлатии захираҳои иттилоотии**

**Ҷумҳурии Тоҷикистон дохил карда шудааст**

Внесен в Государственный реестр информационных  
ресурсов Республики Таджикистан

20 января 2022 г.

Директор

М. Исmoilзода

