

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.26/04.07.2023.Т.11.01 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

КУЧКАРБАЕВ РУСТАМ УТКУРОВИЧ

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В
ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ**

05.09.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование. Газоснабжение и освещение.

05.09.08 - Технология строительства и организация процессов строительства

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора (DSc) технических наук**

Ташкент – 2025

Оглавление автореферата докторской (DSc) диссертации

Doktorlik (DSc) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Contents of the Doctoral (DSc) Dissertation Abstract

Кучкарбаев Рустам Уткурович

Научно-технические основы моделирования использования возобновляемых источников энергии в организации строительства зданий. 3

Kuchkarbayev Rustam Utkurovich

Binolar qurilishini tashkillashtirishda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishni modellashning ilmiy-texnikaviy asoslari 31

Kuchkarbaev Rustam Utkurovich

Scientific and technical foundations of modeling the use of renewable energy sources in building construction organization 59

Эълон қилинган ишлар руйхати

Список опубликованных работ
List of published works..... 63

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.26/04.07.2023.Т.11.01 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ
ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

КУЧКАРБАЕВ РУСТАМ УТКУРОВИЧ

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В
ОРГАНИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ**

05.09.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование. Газоснабжение и освещение.

05.09.08 - Технология строительства и организация процессов строительства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора (DSc) технических наук

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора (DSc) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций за № В2024.4. DSc/Т868.

Диссертация выполнена в Ташкентском архитектурно-строительном университете Министерства высшего образования, науки и инноваций РУз.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (www.taqu.uz) и Информационно-образовательном портале "ZiyoNet" (www.ziyo.net).

Научный консультант: Шарипов Конгратбай Авезимбетович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты: Ходжаев Аббас Агзамович
доктор технических наук, профессор
Джабриев Акбарали Нормуродович
доктор экономических наук, профессор
Кличев Шавкат Исакович
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация: Ферганский государственный технический университет

Защита диссертации состоится « 13 » 10 2025 г. в 10⁰⁰ часов на заседании Научного совета **DSc.26/04.07.2023.Т.11.01** по присуждению ученых степеней при Ташкентском архитектурно-строительном университете (Адрес: 100058, Узбекистан, г.Ташкент, Юнусабадский район, ул. Янгишахар 9А. Тел: (+99895) 142-35-85, e-mail: devon@taqu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре Ташкентского архитектурно-строительного университета (зарегистрирована за №172) по адресу: 100058, Узбекистан, г.Ташкент, Юнусабадский район, ул. Янгишахар 9А. Тел: (+99895) 142-35-85, e-mail: devon@taqu.uz).

Автореферат диссертации разослан « 27 » 09 2025 года
(протокол рассылки № 56 от 29.07. 2025 г.).

Х.А. Акрамов
Председатель разового Научного
совета по присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор

И.И. Сиддиков
Ученый секретарь разового Научного
совета по присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор

А.Т. Хотамов
Председатель разового научного
семинара при Научном совете по
присуждению ученых степеней,
д.т.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (аннотация докторской (DCs) диссертации)

Актуальность и востребованность темы диссертации. В мире использование возобновляемых источников энергии, особенно в проектировании зданий с пассивными и активными системами, занимает одно из ведущих мест в мире по снижению расхода энергии на отопление, охлаждение и вентиляции жилых и социальных зданий¹. Рассматриваемый сектор формируют до 40% национального потребления энергоресурсов, поэтому снижение теплопотерь зданий и переход на возобновляемые источники энергии (ВИЭ) являются ключевыми направлениями устойчивой энергетической стратегии страны. В этом свете в условиях глобального изменения климата (рост длительности экстремально жарких периодов, увеличение амплитуды сезонных температур и др.) особенно актуально развитие устойчивого, климатически адаптированного строительства имеет большое значение.

В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на разработки и поиск новых инженерных подходов и научно-технических решений систем по применению технологий ВИЭ для замещения традиционных энергоресурсов, используемых для систем отопления, кондиционирования и вентиляции жилых и социальных зданий². В связи с этим разработка и научное обоснование методов и технических решений для создания энергоэффективных пассивных зданий с интеграцией возобновляемых источников энергии, адаптированных к климатическим условиям Узбекистана являются актуальными проблемами. Особое внимание, где уделяется определению технико-экономических показателей с применением новых стандартов и высокоэффективных технологий с интеграцией возобновляемых источников энергии, адаптированных к климатическим условиям Узбекистана, который позволит существенно снизить потребление традиционных энергоресурсов и сократить выбросы парниковых газов, сохраняя комфортный микроклимат в зданиях и соблюдая современные требования энергоэффективности.

В нашей республике предпринимаются активные меры для стимулирования энергоэффективности и «зелёной» энергетики. В *Стратегии перехода на зелёную экономику (2019–2030 гг.)* поставлена цель двукратного повышения энергоэффективности ВВП и снижения углеродоёмкости экономики, при этом строительный сектор определён как один из ключевых для достижения этих показателей³. Ужесточены нормативы теплозащиты зданий, внедряется обязательный энергоаудит⁴. Знаковым событием стало Постановление Президента РУз №ПП-100 от 11.03.2025 г., согласно которому с 1 июня 2025 года при строительстве новых и реконструкции существующих зданий обязательна установка энергосберегающего оборудования и альтернативных

¹ Renewable energy systems for building heating, cooling and electricity production with thermal energy storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 165 (2022), Article 112560. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112560

² International Energy Agency. *World Energy Outlook 2023*. Paris: IEA; 2023.

³ Постановление Президента Республики Узбекистан от 4 октября 2019 г. № ПП 4477 «Об утверждении Стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зелёную» экономику на период 2019 – 2030 гг.»

⁴ Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 7 августа 2006 г. №ПКМ - 164 «Правила проведения энергетического обследования и экспертизы потребителей топливно энергетических ресурсов».

систем отопления (солнечных коллекторов, тепловых насосов и пр.)⁵. Фактически на законодательном уровне закреплён переход к стандартам пассивного дома. Однако реализация этих требований требует научно-обоснованных технических решений и национальных стандартов, адаптированных к местным условиям. Таким образом, разработка методов проектирования пассивных зданий с интеграцией солнечными технологиями и тепловых насосов считается одной из важнейших задач.

Представленная диссертационная работа направлена на решение указанных задач, предлагая конкретные подходы для снижения теплопотерь зданий, повышения доли ВИЭ в энергоснабжении и создания нормативной базы для новых технологий. Результаты исследования имеют прикладной характер и могут быть оперативно внедрены в практику энергоэффективного строительства, способствуя достижению национальных целей по экономии энергоресурсов, улучшению экологической обстановки (за счёт сокращения выбросов CO₂ при сжигании ископаемого топлива) и повышению устойчивости энергетики страны.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Диссертация выполнена в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики Узбекистан II. «Энергетика, энерго - и ресурсосбережение» и IV. «Развитие методов использования возобновляемых источников энергии, создание технологий и устройств на основе нанотехнологии, фотоники и других передовых технологий».

Обзор международных научных исследований по теме диссертации⁶. Научные исследования, направленные на развитие теории и практики повышения эффективности по применению технологий ВИЭ для замещения традиционных энергоресурсов, используемых для систем отопления, кондиционирование и вентеляц жилых и социальных зданий, проводятся во многих научных центрах мира, в частности, в Висконсинском университете (США), в Институте солнечных технологий (Швейцария), в Национальном центре солнечной энергии (Индия), в институте энергетических исследований АН КНР (Китайская Народная Республика), в Национальном Бюро Стандартов (США), в Объединенном институте высоких температур Российской Академии наук (Российская Федерация), в Национальном следовательском университете «МЭИ» (Российская Федерация), в НПО «ГУН» Академии наук Республики Туркменистан (Туркменистан), в НПО «Физика-Солнце» Академии наук Республики Узбекистан (Узбекистан), в АО «ToshuyjoyLITI» (бывший ТашЗНИИЭП) (Узбекистан) и в Ташкентском архитектурно-строительном университете (Узбекистан). Мировой опыт (Германия, США, Китай, Узбекистан и др.) демонстрирует успешность стандартов пассивного

⁵ Постановление Президента Республики Узбекистан от 11 марта 2025 г. № ПП 100 «О мерах по кардинальному реформированию сферы обеспечения тепловой энергией жилых домов, зданий и сооружений, а также повышению энергоэффективности зданий».

⁶ К.А. Шарипов и другие. Обзор международного и национального опыта по разработке пассивных домов// Проблемы энерго- и ресурсосбережения. – 2025. - № 2. – С. 74-92.

строительства и nearly zero energy building (NZEB) – от пилотных экодомув 1970-х до массового внедрения пассивных технологий в 2020-х. В разных странах сформирована нормативная база (директивы ЕС, СНиПы, ГОСТы, стандарты РН/РНИУС и пр.), направленная на интеграцию ВИЭ и повышение энергоэффективности зданий.

В мире в настоящее время научные исследования по повышению эффективности и надёжности эксплуатации пассивных зданий и организация строительства последнего проводятся по следующим приоритетным направлениям: применения комбинированных систем холода и теплоснабжения с применением тепловых насосов и солнечных технологий, оценка синергетического эффекта при применении активных и пассивных систем солнечного отопления и охлаждения, оптимизация их основных режимных параметров для создания благоприятных условий для работы технологий и систем на основе ВИЭ с максимальным КПД.

Степень изученности проблемы^{7,8}. Разработкой и исследованием пассивных систем солнечного отопления и охлаждения, так далее разработкой Пассивных зданий (ПЗ) занимались ведущие ученые мира, такие как Barber и M. Behm, которые подробно описывают самые первые исторические опыты по появлению ПД, использованию СЭ для отопления, герметизации оконных блоков и другие. К. Kruzner и др., анализировали тенденцию в наблюдаемых стратегиях проектирования пассивных солнечных батарей для существующих домов в США, где подробно рассмотрен первый в Соединенных Штатах ПЗ, построенный во времена первого энергетического кризиса. Н. Albuуаа, и др., проводили научные исследования по вопросам энергосбережения в жилых зданиях за счет внедрения стратегий пассивного солнечного и энергоэффективного проектирования и более высокой тепловой массы, что в результате приводит к повышению энергоэффективности жилых зданий. W. Liu и др., проанализирован эффект пассивного солнечного дома в климатических условиях Тибета. P. Wu и B. Nyatt провели обзор по опыту проектов в ВМ для устойчивого проживания с крошечными солнечными домами.

Интересен опыт по разработке ПЗ в России А.А. Голиковой и З.С. Нагаевой [12], где проведен подробный обзор по строительству зданий с низким энергопотреблением и отмечаются различные конструкционные и другие решения по ПД.

В нашей республике исследования по расчётам теплотехнических, геометрических и режимных параметров зданий с пассивными и активными системами тепло- и хладоснабжения проводились Р.Р.Авезовым, Н.Р.Авезовой, Ю.К.Рашидовым, М.М.Зохидовым, М.Кенисариным, К.Б. Бабакуловым, О. Азимовым, А.С. Дусяровым, Ш.Б. Имамовым и другими.

⁷ Н.Р.Авезова и др. Нормативно-технические и энергетические аспекты применения тепловых насосов в строительстве зданий: Международный опыт и задачи адаптации в Узбекистане// Проблемы информатики и энергетики. – 2024г. - №6. - С. 56-74.

⁸ R.U. Kuchkarbayev. Bugungi kunda insolyatsion passiv quyosh isitish tizimlari sohasida olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlar holati // Namangan muhandislik-qurilish instituti «Qurilish va ta'lim» ilmiy jurnali – 2024. – 1-maxsus son – B.69–73.

Таким образом, мировой и отечественный опыт реализации ПЗ и энергоэффективных зданий свидетельствует о высокой эффективности таких решений и универсальности их принципов. Несмотря на разнообразие климатических условий (КУ), повсеместно используются общие архитектурно-инженерные принципы ПЗ: компактная форма и продуманная ориентация здания, высокоэффективная теплоизоляция без мостиков холода, герметичная оболочка с приточно-вытяжной вентиляцией и рекуперацией тепла, а также применение солнцезащитных устройств и интеграция солнечных технологий (коллекторы для воды, фотоэлектрические панели и пр.), которые адаптируются под местный климат – например, в условиях резко континентального климата Узбекистана (температура от -6°C зимой до $+40^{\circ}\text{C}$ летом) особое внимание уделяется сезонной оптимизации: максимальному использованию солнечного тепла зимой и защите от перегрева летом (затеняющие элементы, естественная вентиляция и т.д.).

Несмотря на полученные достижения и технический потенциал ВИЭ, применения в строительстве пассивных стратегий в республике ничтожны. Широкомасштабное тиражирование таких подходов связана с усилением нормативно правовых и регламентирующих документов по части касавшейся, которые также должны быть адаптированы к местному климату.

Связь диссертационного исследования с научно-исследовательскими работами учреждения, в котором выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских работ Ташкентского архитектурно-строительского университета BV-M-F3-003 по теме «Поиск путей повышения эффективности и научное обоснование использования солнечной тепловой энергии в системах теплоснабжения» (2021-2024гг.).

Целью исследования является разработка и научное обоснование методов и технических решений для создания энергоэффективных пассивных зданий с интеграцией технологий на основе возобновляемых источников энергии, адаптированных к климатическим условиям Узбекистана для снижения потребления традиционных энергоресурсов и сократить выбросы парниковых газов, сохраняя комфортный микроклимат в зданиях и соблюдая современные требования энергоэффективности.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели в диссертации последовательно решены следующие основные задачи:

критический анализ современных состояний исследований по использованию возобновляемых источников энергии в системах энергоснабжения зданий в мире и их адаптация для Узбекистана.

методы расчета и проектирования эффективных параметров теплозащиты зданий с учетом климатических условий Узбекистана.

численное моделирование пассивных стратегий микроклимата зданий с применением возобновляемых источников энергии в системах отопления, охлаждения и вентиляции зданий.

оптимизация конфигурации комбинированной системы теплоснабжения с применением теплонасосных систем тепло- и хладоснабжения, интегрированных с возобновляемых источников энергии.

энергетический и экономический анализ системы теплоснабжения здания с тепловым насосом и солнечными технологиями.

Объектом исследования являются системы энергоснабжения зданий пассивного типа и обеспечения их теплового комфорта в условиях резко континентального климата Узбекистана.

Предметом исследования являются моделирование теплотехнических характеристик пассивных зданий в различных климатических условиях республики, режимы функционирования и показатели эффективности комбинированной системы теплоснабжения пассивного здания на основе теплового насоса и солнечных технологий, распределение долей покрытия теплопотребности между возобновляемыми и резервными источниками, а также достигаемые экономические и экологические эффекты от внедрения указанных технологий

Методы исследований. В работе применён комплекс современных научных методов, объединяющий теоретические и прикладные подходы, которые, основаны на выполнении аналитического обзора литературы и мировой практики в области пассивных домов и ВИЭ, а также нормативной документации по энергоэффективности и теплонасосным системам. Инженерно-расчётные методы строительной теплофизики использовались для определения теплопотерь зданий, расчёта требуемого сопротивления теплопередаче ограждений и параметров утепления согласно действующим стандартам. Численное моделирование применялось для исследования пассивных стратегий микроклимата и работы энергосистемы здания: проведён биоклиматический анализ микроклимата с использованием диаграммы Джованни и статистических метеоданных по регионам, а также реализована компьютерная энергомодель пассивного здания для расчёта годового теплового баланса (с учётом динамики наружной температуры, солнечной радиации, режимов работы теплового насоса и накопителей тепла).

Научная новизна исследования заключается в следующем:

впервые обоснованы количественные параметры теплозащиты пассивных зданий для климатических зон Узбекистана. На основе расчётов градусо-суток и нормативных требований определены требуемые сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и оптимальные толщины утеплителя для различных регионов. Выявлено, что в центральных областях (Ташкент, Самарканд) достаточен слой теплоизоляции порядка 6–8 см (обеспечивающий $R=1,2-1,3 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$), тогда как в самых холодных северных районах требуется 7–10 см ($R = 1,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$). Полученные результаты дополняют действующие нормативы и позволяют дифференцировать требования теплозащиты зданий по климатическим поясам;

осуществлено биоклиматическое моделирование микроклимата зданий с применением диаграммы Джованни для 12 регионов республики с учетом многолетних баз актинометрических и климатических данных. На основе полученных расчётных исследований по распределению погодных параметров по зонам комфортности и пассивных стратегий, установлено, что пассивные архитектурно-климатические приёмы способны обеспечить комфорт внутри

помещений в среднем до 40% в зависимости от региона, существенно снижая потребность в активном отоплении и охлаждении в этот период. Также выявлено, что комбинация конструктивной теплоёмкости здания, ночного проветривания и испарительного охлаждения способна понижать температуру воздуха в помещениях летом на 5–10 °С, сокращая продолжительность работы кондиционеров и обеспечивая комфорт без затрат электроэнергии.

разработана комплексная математическая модель энергоснабжения пассивного здания на базе теплового насоса и солнечных энергоустановок и выявлена что применения комбинированной системы «тепловой насос + солнечная энергия» способна обеспечивать до 94% годовой потребности в тепле за счёт возобновляемых источников – при этом на тепловой насос приходится ~60% вырабатываемой тепловой энергии, на солнечные коллекторы и ФЭС – порядка 30–34%, а доля резервного электрического догрева не превышает 6%;

на основе расчетных исследований годового энергетического баланса для типового пассивного здания площадью 100 м² в условиях климата г. Ташкента с учётом интеграции солнечного теплового коллектора, фотоэлектрической станции (ФЭС) и резервного электронагревателя оценена их экологическая и экономическая эффективность по сравнению с традиционными решениями. Выявлено, что применение теплонасосной системы с солнечными установками практически полностью устраняет прямые выбросы CO₂ от отопления здания (сокращение ~0,8т CO₂ в год для здания 100м²) по сравнению с газовым отоплением.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

предложена методика климатически обоснованного проектирования пассивных зданий, где разработаны конкретные рекомендации по выбору толщины утеплителя, типу остекления и архитектурно-планировочным решениям для различных регионов Узбекистана в зависимости от параметров климата (величины градусо-суток и др.). Сформулированы нормативные целевые показатели теплозащиты ограждающих конструкций ($R=1,0–1,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, достигаемые слоем утеплителя 5–10 см) для каждого климатического пояса страны. Полученные данные могут непосредственно использоваться проектными организациями при внедрении стандарта пассивного здания на практике.

на основе численного моделирования предложен комплекс практических мер для архитекторов и инженеров: максимальное использование пассивного солнечного отопления (ориентация основных фасадов на юг, использование солнечно-телопоглощающих поверхностей), применение конструкций с высокой теплоёмкостью, естественной ночной вентиляции летом, а также комбинирование тепловых насосов с солнечными коллекторами и фотоэлектрическими панелями для поддержания комфортной температуры круглый год. Полученные рекомендации облегчат обоснование и выбор оптимальных технических решений при проектировании энергоэффективных зданий.

Достоверность результатов исследований подтверждается использованием проверенных методик и репрезентативных данных, а также

сопоставлением выводов с независимыми источниками и нормативными требованиями. Расчёты теплотехнических характеристик зданий выполнены по стандартным методикам строительной теплофизики, регламентированным действующими нормами (КМК, СНиП и др.), что гарантирует корректность исходных оценок теплопотерь и энергопотребления. Численное моделирование базировалось на фактических метеоданных многолетних наблюдений (1985 – 2024 гг.) по регионам Узбекистана, обеспечивая адекватность результатов реальным климатическим условиям.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость исследований заключается вкладом в развитие теории устойчивого строительства зданий и сооружений с применением технологий и инженерных систем на основе ВИЭ. Предложены научно-технические основы проектирования пассивных зданий, адаптированных к экстремальным климатическим условиям Узбекистана. Развита методологический аппарат: создана комплексная модель энергоснабжения здания с ВИЭ, интегрирующая теплотехнический расчёт, биоклиматический анализ и динамическое моделирование энергетического баланса. Полученные новые знания (количественные параметры теплозащиты, потенциал пассивных стратегий, эффективность комбинаций «тепловой насос + солнечная энергия» и др.) расширяют научное представление об устойчивом энергоснабжении зданий в континентальном климате.

Практическая значимость результатов исследований заключается в формировании предложений по структуре нового национального стандарта, регламентирующего проектирование и внедрение систем теплоснабжения на базе тепловых насосов и солнечной энергии, а также разработаны практические рекомендации для архитекторов и инженеров по внедрению результатов исследования (типовые конструктивные решения, параметры ограждающих конструкций, схемы интеграции ВИЭ и др.) способствующие достижению национальных целей по экономии энергоресурсов, улучшению экологической обстановки (за счёт сокращения выбросов CO₂ при сжигании ископаемого топлива) и повышению устойчивости энергетики страны.

Внедрение результатов исследования. На основе предложений и рекомендаций по разработке научно-технических основ моделирования использования возобновляемых источников энергии при строительстве зданий высших учебных заведений республики:

Разработана методология численного моделирования комплексного использования возобновляемых источников энергии в пассивных социальных и жилых зданиях и научно обоснованы климатически ориентированные архитектурно-планировочные приёмы для повышения энергоэффективности зданий в различных климатических зонах Узбекистана (рациональная ориентация и компактность здания, солнцезащита и теневая защита летом, организация естественной вентиляции и др.), обеспечивающие улучшение внутреннего микроклимата и снижение энергопотребления, с указанием количественного эффекта от их применения. В результате разработаны модели эффективного использования возобновляемых источников энергии в зданиях

высших учебных заведений и предложены инновационные технологические решения по повышению энергоэффективности зданий;

Разработаны и предложены нормативно-обоснованные значения показателей теплозащиты и энергопотребления зданий, необходимые для соответствия стандарту пассивного здания. В том числе: требуемые сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и толщины утеплителя по регионам, а также максимальные удельные показатели расхода тепловой энергии зданием для обеспечения nearly zero-energy уровня.

Предложена оптимальная конфигурация комбинированной системы отопления пассивного здания (жилое здание около 100 м²) на базе теплового насоса и солнечных установок. Показано, что для условий Узбекистана экономически и технически оптимальными являются: тепловой насос теплопроизводительностью порядка 2-5кВт на 100 м² отапливаемой площади; солнечный коллектор площадью 4 м² и фотоэлектрическая станция 3 кВт, совместно обеспечивающие до 30% потребности в тепле за счёт солнечной энергии; при этом резервный электрический нагреватель покрывает менее 10% годовой тепловой нагрузки. Данная конфигурация обеспечивает 94% покрытия годовой потребности в тепле за счёт возобновляемых источников энергии. (Справка № 34-06/8122 Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства от 21 июля 2025 г.).

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы были изложены и обсуждались на 4 международных конференциях и 6 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликованность результатов. По теме диссертации опубликованы 29 научных работ, из них 17 научных статей в Международных (3) и Республиканском (14) журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертаций, 12-в материалах Международных и Республиканских конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка использованной литературы. Основная часть диссертации изложена на 213 страницах машинописного текста, содержащего 132 литературных источника, 25 рисунков и 11 таблиц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, отмечено соответствие исследования основным приоритетным направлениям развития науки и технологий в республике, приведены обзор международных научных исследований по теме диссертации, степень изученности проблемы, сформулированы цель и задачи, указаны объект, предмет и методы исследования, изложена научная новизна исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта их теоретическая и практическая значимость, приведены краткие сведения о внедрении результатов и апробации работы, а также об объеме и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Теоретические основы и мировой опыт использования ВИЭ в системах энергоснабжения зданий»** проведен критический анализ конструктивных решений существующих пассивных и активных систем солнечного отопления, охлаждения и вентиляции для применения в архитектуре энергоэффективных и пассивных зданий с учетом климатических условий местности, исследованы возможности использования различных инструментов для изучения их основных теплотехнических параметров и показателей, изучена нормативно-правовая база и выявлены пробелы по части касающейся и на этой основе сформулирована постановка задач исследования.

Во второй главе диссертации **«Проектирование теплозащиты зданий с учетом климатических условий Узбекистана»** приведены результаты исследований по определению влияния климатических условий Узбекистана на энергетические потребности зданий и на этой основе необходимые показатели сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций и соответствующую толщину теплоизоляции для многоэтажных социальных зданий (вузов). В качестве исходных данных использованы климатические показатели регионов – величина градусо-суток отопительного периода (ГСОП) и строительное районирование по климатическим зонам. Требуемое сопротивление теплопередаче R ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$) наружных стен определено расчетным путем по методике строительной теплотехники (нормы КМК 2.01.04-97, эквивалент СНиП), исходя из значения ГСОП для каждого региона.

Анализ климатических данных за 1985–2020 гг. по регионам Узбекистана показал, что климат страны носит резко континентальный характер с существенными региональными различиями. Самые жаркие условия летом отмечаются в южных и юго-западных районах – например, в Сурхандарьинской области средняя температура июля достигает около 30 °C . В то же время в более северных и восточных регионах (Ташкентская, Наманганская области и др.) летние температуры несколько ниже (в среднем $25\text{--}28 \text{ °C}$). Зимой картина обратная: в пустынных западных областях и на севере средняя температура января опускается ниже 0 °C (местами до $-5\text{...}-7 \text{ °C}$), тогда как на крайнем юге она близка к 0 °C . Распределение осадков и влажности воздуха по регионам также контрастно. Наиболее засушливые области расположены на западе (Бухарская, Навоийская, Хорезмская), где суммарно выпадает менее 100 мм осадков в год, а

относительная влажность летом нередко опускается до 20–25%. Для восточных и предгорных областей (Ферганская долина, Ташкентский регион) характерен более увлажнённый климат: годовое количество осадков достигает 300–400 мм, а средняя влажность воздуха выше (летом около 30–40%). Различия наблюдаются и в солнечной радиации: западные пустынные регионы являются наиболее солнечными (среднегодовая суммарная радиация порядка 5кВт·ч/м² в сутки), тогда как на востоке из-за большей облачности этот показатель немного ниже (4кВт·ч/м²·сут). При этом для всех регионов Узбекистана присуща отчётливая сезонность климатических параметров. Летние месяцы (особенно июль–август) характеризуются экстремально высокими температурами и почти полным отсутствием осадков (в большинстве регионов июльская норма близка к 0 мм), вследствие чего относительная влажность воздуха минимальна. Зимой (декабрь–февраль) наблюдаются самые низкие температуры года и выпадает основная часть годовых осадков (пик приходится на период с февраля по апрель), при относительной влажности, достигающей максимумов порядка 60–70%. Суммарная солнечная радиация, напротив, минимальна в зимние месяцы (около 2–3кВт·ч/м²·сут в декабре) и возрастает до максимума летом (7–8кВт·ч/м²·сут в июне), отражая сезонную динамику продолжительности дня и облачности. Средняя скорость ветра по регионам умеренная (как правило, 2–4м/с), без резких сезонных колебаний, хотя в открытых пустынных районах весной и летом ветер может усиливаться. Таким образом, климатические условия различных областей республики заметно варьируют от засушливых жарких пустынь до относительно более прохладных и влажных предгорий, при общей для всех регионов резкой смене сезонов года.

В связи с учетом влияния, наблюдаемых в последние годы климатических изменений определены среднемесячные и среднегодовые температуры наружного воздуха в пяти выборочных регионах за период 1985-2020 гг. (Табл. 1).

Таблица 1.

Температура наружного воздуха за период 1985-2020 гг.

Республика, область, пункт	Средняя по месяцам												Среднегодовая
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Чимбай	-8,6	-6,9	3,6	12,9	20,6	26,8	29,0	26,9	18,9	10,9	1,7	-5,3	10,9
Ургенч	-2,28	-0,27	8,37	15,5	22,8	27,5	28,7	26,0	19,6	12,0	4,17	-0,79	13,4
Ташкент	2,2	4,3	11,1	16,3	22,0	26,7	28,7	27,0	21,5	14,5	7,55	3,1	15,4
Нурата	1,02	2,63	9,68	15,42	22,1	26,9	28,7	26,5	20,4	13,2	6,1	1,9	14,5
Самарканд	2,3	4,0	10,3	15,4	21,4	26,0	27,7	26,0	21,0	14,2	7,41	3,3	15,0

На основе полученных новых данных о температуре наружного воздуха, авторами были рассчитаны годовые значения ГСОП для шести различных

базовых температур, т.е. 12°C, 14°C, 16°C, 18°C, 20°C и 22°C. Результаты расчетов среднегодовых значений ГСОП (градус-суток отопительного периода), приводятся в Табл.2.

Таблица 2

Расчетные показатели ГСОП для базовых температур на выбранных регионах

№	Международное название метеостанции	Базовая температура, °С					
		12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0
1	Чимбай	1841	2199	2587	3005	3455	3940
2	Ургенч	1549	1888	2261	2666	3103	3575
3	Ташкент	997	1293	1628	2004	2422	2885
4	Нурога	1232	1556	1917	2313	2751	3233
5	Самарканд	990	1300	1647	2032	2458	2929

Следует отметить, что в существующих строительных нормах и правилах, действующих в стране, в отличие от России, Беларуси и Казахстана и др. не учитывались показатели ГСОХП (градус-суток охлаждающего периода) для Узбекистана. На основе выявленных климатических данных за период 2005-2020 гг., впервые были рассчитаны показатели ГСОХП по территории республики (Табл. 3) для различных базовых температур.

Таблица 3

Расчетные показатели ГСОХП для базовых температур на выбранных регионах

№	Международное название метеостанции	Базовая температура, °С					
		18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0
1	Чимбай	1841	2199	2587	3005	3455	3940
2	Ургенч	1549	1888	2261	2666	3103	3575
3	Ташкент	997	1293	1628	2004	2422	2885
4	Нурога	1232	1556	1917	2313	2751	3233
5	Самарканд	990	1300	1647	2032	2458	2929

Проведенные аналитические и расчетные исследования показывают, что при базовой температуре 20°C показатель расчетного ГСОХП в более северных регионах (Чимбай) составляет 776°C·сут, тогда как в 412°C·сут, а в более теплых регионах страны (Термез) составляет 1296°C·сут тогда как в существующей ШНК по части касавшейся это значение не достигает 1000 (947) °С·сут. Данный факт говорит о необходимости пересмотреть действующие КМК, ШМК, и другие нормативно-технические документы по части, касающейся в срочном порядке в связи с наблюдающимися климатическими изменениями в последние десятилетия.

Также было определено влияние перепада высот на ГСОП. Так, в наших исследованиях, на более высоких точках над уровнем моря, такие как Чимган (1800 м), Пскем (1214 м) и Камчык (2145 м) расчетные ГСОП равнялись соответственно 3433°C·сут, 3169°C·сут, и 4249°C·сут, соответственно, вместо 2286 °С·сут, 2522°C·сут и 3059°C·сут, в существующей ШНК.

Далее, на основе выявленных изменений значений наружного воздуха на территории страны, проведены исследования по динамике изменения среднесуточной температуры на территории пяти выборочных регионах на основе анализа собранных архивных климатических данных на территории Узбекистана за период 1985-2020 гг. (Рис.1).

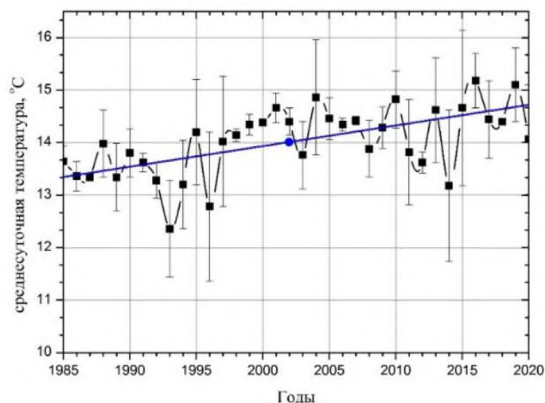


Рис.1. Динамика изменения среднесуточной температуры на территории пяти выборочных регионов страны за период 1985-2020 гг. путем анализа собранных архивных климатических данных для территории Узбекистана.

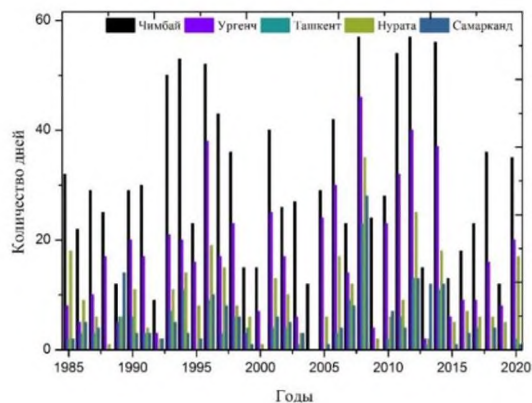


Рис. 2. Число дней, с температурой наружного воздуха ниже -10°C на территории пяти выборочных регионов страны (Чимбай, Ургенч, Ташкент, Нурата, Самарканд) за период 1985-2020 гг. на основе анализа собранных архивных климатических данных.

Как видно из Рис.1, среднесуточная температура на территории пяти выборочных регионов за период 1985-2020 гг. повысилась в среднем с $13,2^{\circ}\text{C}$ до $14,82^{\circ}\text{C}$. Далее, на основе полученных данных, нами были определены число дней при среднедневной температуре ниже -10°C в холодный период года на 5 выбранных регионах страны (Рис.2). Как видно из Рис.2, число дней, с среднедневной температурой наружного воздуха ниже -10°C , в связи с глобальными климатическими изменениями, существенно уменьшается в последнее время, так, если в 2008 году в Харезмской области (Ургенч) и Каракалпакии (Чимбай) число таких дней равнялось около 50, то в более теплые годы (2009, 2015, 2019 гг.) они сократились до 20, а в южных регионах, например в Навоинской области (Нурата), в 2015-2019 годы количество таких дней сократилось до 3.

Далее, нами проанализированы число дней, с температурой наружного воздуха выше $+35^{\circ}\text{C}$ на территории пяти выборочных регионов республики за период 1985-2020 гг. (Рис.3). Как видно из Рис. 3, на всех пяти выборочных регионах температура наружного воздуха выше $+35^{\circ}\text{C}$ в последнее время наблюдается часто. Так, если в 1985 году число дней с температурой наружного воздуха выше $+35^{\circ}\text{C}$ в более северных регионах (Ургенч) составляло 33, то в 2020 году – 57.

Рис.4 иллюстрирует, что в последние годы разница в количестве дней, с температурой наружного воздуха выше $+35^{\circ}\text{C}$, наблюдается реже, когда как в 1994-1997 и 2008-2011 годы эта разница имело относительно большое значение,

что свидетельствует о том, что температура наружного воздуха в республике умеренно повысилась.

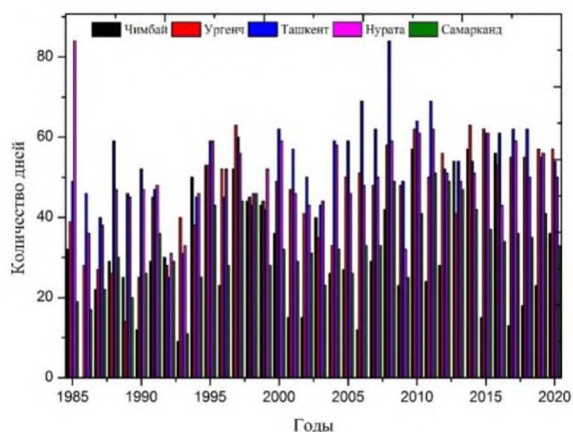


Рис. 3. Число дней, с температурой наружного воздуха выше +35 °С на территории пяти выборочных регионов страны (Чимбай, Ургенч, Ташкент, Нурата, Самарканд) за период 1985-2020 гг. на основе анализа собранных архивных климатических данных.

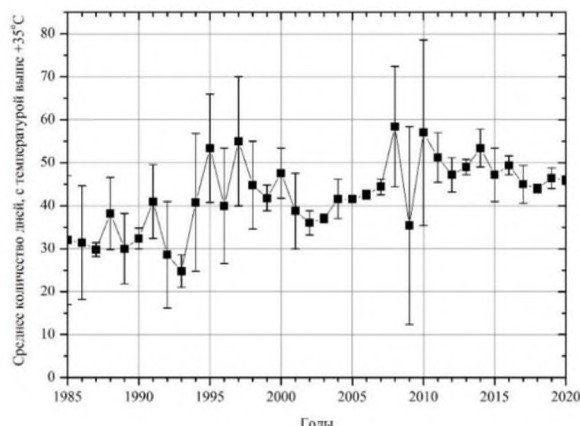


Рис.4. Динамика изменения числа дней с температурой наружного воздуха выше +35°С на территории пяти выборочных регионов Узбекистана за период 1985-2020 гг. путем определения уровня разницы от среднего показателя.

На основе полученных данных выполнены расчетные требуемые значения сопротивления теплопередаче для основных ограждающих конструкций, значение которых представлены на Табл. 4. Они получены на основе градусо-суток отопительного периода для трех характерных климатических зон Узбекистана на основе выше представленных данных:

- **Южная зона (пример – г.Термез)** с мягкой зимой (HDD около 600°С·сут).
- **Центральная зона (пример – г.Ташкент)** с умеренно холодной зимой (HDD порядка 2400°С·сут).
- **Северная зона (пример – Респ.Каракалпакстан, г.Нукус)** с суровой зимой (HDD около 2600–3000°С·сут).

Для северной зоны взяты показатели, близкие к максимальным значениям HDD в стране, для центральной – средние, для южной – минимальные. В расчётах предполагалось, что здание отапливается до +18...20 °С (нормативная внутренняя температура), а наружные конструкции относятся к обычным (не облегчённым) стенам с большой термической инерцией.

Таблица 4

Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций в разных климатических регионах РУз (расчёт по КМК 2.01.04 и СНиП II-3-79*)

Регион	Градусо-сутки, °С·сут	Стены, R треб, м ² ·°С/Вт	Крыша, R треб, м ² ·°С/Вт	Пол (над подвалом/грунтом), R треб, м ² ·°С/Вт	Окна, R треб, м ² ·°С/Вт
Южный (Термез)	600	1,0	1,6	1,4	0,30
Центральный (Ташкент)	2400–2500	1,2	1,9	1,7	0,35
Северный (Нукус)	2600–3000	1,4	2,3	2,0	0,40

Из Табл.4 видно, что повышение климатической нагрузки (HDD) существенно увеличивает требуемое сопротивление теплопередаче. К примеру, северные регионы с холодной зимой требуют R для стен порядка $1,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, что на ~40 % выше, чем в тёплых южных районах ($\approx 1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$). Аналогично, для крыш и чердачных перекрытий разница между югом и севером составляет около $0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ (т.е. на север требуется примерно на **40–50 %** более мощное утепление крыши). Требования к полу (над холодным подвалом или грунтом) меняются от ~1,4 до ~2,0 м²·°С/Вт. Отметим, что даже в самых мягких условиях (юг) минимально допустимое R стен не опускается ниже ~1,0, а окон – ниже ~0,30 м²·°С/Вт, что практически диктует применение **двойного остекления** даже в тёплых регионах.

Следует подчеркнуть, что в современных нормативах РУз требования были ужесточены. По данным на 2011 г. для новых общественных зданий устанавливался так называемый *II уровень* теплозащиты как обязательный: для регионов с расчетной наружной температурой -20 °C (север страны) минимальное R наружных стен около **1,8** (м²·°С)/Вт, а для регионов с зимней температурой -15 °C (юг) – около **1,5** (м²·°С)/В. В рассматриваемой работе приняты несколько более консервативные оценки на основе прежних нормативов (Табл. 4), однако тенденция к повышению требуемого уровня теплозащиты очевидна.

На основе полученных значений R определены ориентировочные толщины теплоизоляционного слоя, необходимые для обеспечения этих сопротивлений. В качестве примера рассмотрены два широко применяемых материала утепления: *минераловатные плиты (минвата)* и *пенополистирол (ППС)*. Результаты представлены в Табл. 5 для наружных стен и чердачного перекрытия (крыши) – именно через эти ограждения происходят наибольшие теплопотери, и им обычно требуется отдельный слой утеплителя.

Таблица 5

Рекомендуемая толщина слоя утеплителя (см) для стен и крыши в типовом здании, в зависимости от региона и материала

Регион	Стена: минвата, см	Стена: пенополистирол, см	Крыша: минвата, см	Крыша: пенополистирол, см
Южный (Термез)	4–5 см	4 см	6–7 см	5–6 см
Центральный (Ташкент)	5–6 см	4–5 см	8–10 см	7–8 см
Северный (Нукус)	6–7 см	5–6 см	10–12 см	9–10 см

Толщины рассчитаны исходя из теплопроводности минваты $\sim 0,04$ Вт/(м·°С), пенополистирола $\sim 0,035$ Вт/(м·°С). Видно, что даже в наиболее мягком климате требуется не менее **4 см эффективного утеплителя** для стен (например, плиты минваты под штукатурку) – это минимальный уровень, эквивалентный примерно одной стандартной плите утеплителя. В центральных областях (Ташкент и др.) для выполнения нормативного R нужно около **5–6 см** утеплителя на стенах (что достигается устройством навесного фасада с плитами 50–60 мм либо двухслойной штукатурной системой утепления). В холодных северных районах толщина утеплителя стен должна составлять **не менее 6–7 см** (т.е. два слоя по 50 мм или один слой ~ 70 мм при современной конструкции фасада).

В третьей главе диссертации «**Методика численного моделирования ВИЭ в системах отопления, охлаждения и вентиляции зданий**» оценены возможности применения биоклиматической диаграммы Джованни - одного из наиболее признанных инструментов для визуализации взаимодействия между температурой наружного воздуха и относительной влажностью с целью выбора оптимальных пассивных архитектурных стратегий. Диаграмма Джованни разделена на шесть основных зон, каждая из которых соответствует определённой пассивной стратегии регулирования микроклимата в помещениях, которые определены на основе эмпирических исследований физиологических реакций человека на параметры окружающей среды, а также на основе экспериментального моделирования теплового комфорта без использования активных инженерных систем, таких как кондиционеры или традиционное отопление.

В рамках исследования на основе метеоданных за 2000–2024 гг. по 12 регионам Узбекистана с помощью диаграммы Джованни, разделяющей диапазоны наружных параметров по зонам комфорта и пассивных стратегий (естественная вентиляция, высокая теплоёмкость ограждений, испарительное охлаждение, пассивное солнечное отопление), выявлено, что естественно-комфортные условия наружного воздуха наблюдаются лишь в ограниченные промежутки (преимущественно весной и осенью), тогда как жаркий засушливый период длительностью до 4–5 месяцев требует охлаждения, а зимой (3–5 месяцев) необходимо отопление. Пассивные методы способны обеспечить комфорт значительную часть года: например, летом комбинация ночного проветривания и адиабатического испарительного охлаждения существенно

снижает потребность в кондиционировании, а зимой солнечные теплопоступления покрывают до 20–30% тепловой нагрузки. Однако полностью отказаться от активных систем ни в одном регионе невозможно, поэтому оптимальным является гибридный подход. Практическая значимость работы заключается в разработке рекомендаций по климатически ориентированному дизайну: максимальному использованию пассивного потенциала конкретного региона и интеграции активных систем на базе возобновляемых источников энергии для поддержания комфортного микроклимата с минимальными энергетическими затратами.

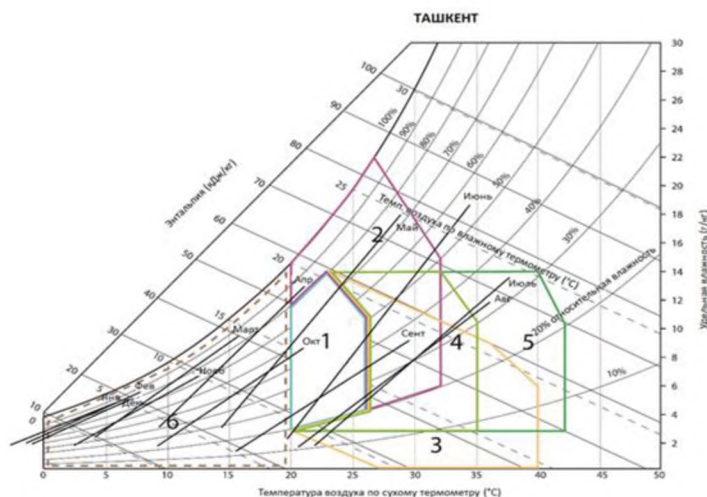


Рис. 5. Биоклиматическая диаграмма для Ташкентской области.

На основе выполненного численного моделирования для климата Ташкента, расположенного у подножия Тянь-Шаня, выявлено, что для региона характерна жаркое лето (температура нередко достигает +40 °С) и холодная снежная зима. Диаграмма показывает, что за исключением коротких периодов весной и осенью, значительная часть года требует климатического регулирования: летом большинство точек располагается в зонах естественной вентиляции и испарительного охлаждения (в связи с жаркой и относительно сухой погодой), а зимой – в областях пассивного солнечного отопления или ниже, то есть требуют активного обогрева. Это подчёркивает важность пассивного охлаждения (затенение, вентиляция) в летний период и использования солнечных теплопоступлений зимой для данного региона, хотя в экстремально жаркие или холодные дни без активных систем не обойтись.

Выполненная численная оценка по применению пассивных систем с помощью диаграммы Джованни, выявлена необходимость применения активных систем отопления и охлаждения на основе возобновляемых источников энергии для обеспечения термического комфорта в периоды экстремальных климатических условий, особенно в регионах с наиболее суровыми климатическими параметрами. В связи с чем предложена методика проектирования энергоэффективных зданий, интегрирующая результаты численного моделирования климатических данных с рекомендациями по использованию пассивных и активных стратегий, что обеспечивает оптимальный баланс между комфортом, энергоэффективностью и экологической устойчивостью.

В четвертой главе «**Основы применения теплонасосных систем тепло-и хладоснабжения, интегрированных с ВИЭ**» приведены результаты исследований

по комплексному анализу действующих нормативных документов, регулирующих проектирование комбинированных систем теплоснабжения с использованием ТН, сравнительный обзор международных и региональных стандартов, оценка их применимости с учётом особенностей Республики Узбекистана (РУз), а также формулирование предложений по структуре и содержанию нового национального стандарта по методам расчёта для комбинированной теплонасосной системы.

Как известно, проектирование комбинированной системы теплоснабжения с ТН опирается на ряд ключевых инженерных расчётов, которая включает: определение тепловой нагрузки здания, подбор ТН и вспомогательных источников, оценку энергетической эффективности системы (COP, SPF и др.), а также, при необходимости, расчёты интеграции СК и аккумуляторов тепла (АТ). **Основные этапы расчетной методологии и показатели эффективности, следующие:**

1. Первым шагом является определение требуемой тепловой мощности для отопления здания в расчетных условиях зимы. На практике применяются два подхода: *Метод удельных показателей*; *Метод теплотехнического баланса (по СП/СНиП)*.

2. Зная требуемую максимальную тепловую нагрузку, проектировщик определяет необходимую тепловую производительность ТН (Q_{HP}) и конфигурацию системы по покрытию нагрузки. Возможны варианты: *Моновалентная (полное покрытие)*: ТН выбирается такой мощности, чтобы полностью покрыть расчетную нагрузку здания при наиболее холодных расчетных условиях (обычно берут $Q_{HP} \geq Q_{отоп}$, иногда с небольшим запасом); *Бивалентная схема*: в холодных КУ или для снижения капитальных затрат часто экономически целесообразно сочетать ТН с дополнительным пиковым источником тепла.

3. Для оценки экономичности и обоснования использования ТН рассчитываются показатели эффективности. COP является функцией температур: он тем выше, чем выше температура низкопотенциального источника и чем ниже требуемая температура подачи в систему отопления.

4. Комбинированные системы могут включать *аккумуляторы тепла (АТ)* и *СК* для повышения эффективности и доли возобновляемой энергии. Расчёт АТ обычно производится для обеспечения стабильной работы ТН (предотвращения частого включения-выключения при переменных нагрузках) и аккумулялирования излишков тепла.

5. Для полного обоснования эффективности комбинированной системы определяется сводный годовой энергетический баланс, который показывает, какая часть тепловой нагрузки покрытия за счёт возобновляемого тепла (ТН, СК) и какая – за счёт не возобновляемых источников (электрический котёл, сеть). Баланс сравнивается с целевыми показателями энергоэффективности и экономии топлива.

Предложенный научно-обоснованный подход обеспечивает надежную и экономичную работу комбинированной системы теплоснабжения в социальных объектах. На основе выше представленного, так, далее обобщая существующий опыт по разработке и расчета основных параметров комбинированной системы теплоснабжения с ТН, солнечными коллекторами, ФЭС и резервными источниками в Табл. 6. представлен алгоритм и подходы по расчету основных параметров системы.

Таблица 6.

Основные методы расчёта для комбинированной теплонасосной системы теплоснабжения

Аспект расчёта	Формулы и пояснения	Пример расчёта
<p>1. Тепловая нагрузка здания (расчетная тепловая мощность на отопление)</p>	<p>Метод по удельным показателям: используется удельная тепловая характеристика здания q_0 ($Bm/m^3 \cdot ^\circ C$ или $Bm/m^2 \cdot ^\circ C$). Расчетная часовая нагрузка:</p> $Q_{\max} = q_0 \cdot V \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}})$ <p>где V – отапливаемый объем здания, $t_{\text{вн}}$ – расчетная внутренняя температура (напр. $+20^\circ C$), $t_{\text{н}}$ – расчетная наружная температура (например, для Ташкента $-15^\circ C$). Значения q_0 берутся по аналогам или нормативам: для хорошо утепленного здания $\sim 0,15 Bm/m^3 \cdot ^\circ C$ (что эквивалентно $\sim 40-50 Bm/m^2$). Добавляется резерв $10-20\%$.</p> <p>Метод по СП/СНиП: более точный тепловой баланс:</p> $Q_{\max} = \sum_i U_i \cdot A_i \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}) + Q_{\text{инф}},$ <p>где U_i – коэффициент теплопередачи i-й ограждающей конструкции, A_i – ее площадь, $Q_{\text{инф}}$ – потери на инфильтрацию (определяются по кратности воздухообмена или теплоступлению на отопление вентиляции). Этот метод соответствует ISO 12831 и отечественным нормам и учитывает все пути теплопотерь.</p>	<p>Пример 1: Школа объемом $V=5000 m^3$ в климате с $t_{\text{н}} = -15^\circ C$. При $q_0=0,17 Bm/m^3 \cdot ^\circ C$ (типовое для утепленного здания) и $t_{\text{вн}}=+20^\circ C$:</p> $Q_{\max} = 0,17 \cdot 5000 \cdot (20 - (-15)) = 0,17 \cdot 5000 \cdot 35 = 29750 \text{ Вт.}$ <p>С учётом запаса 15% – около 34 кВт требуется на отопление.</p> <p>Пример 2: Детсад площадью $200 m^2$, $U_{\text{ср}}=0,5 Bm/m^2 \cdot ^\circ C$, $A_{\text{опр}}=750 m^2$, инфильтрация $\sim 1 \text{ АСН}$. При $\Delta T=40^\circ C$:</p> $Q_{\text{огр}} = U_{\text{ср}} \cdot A_{\text{огр}} \cdot \Delta T$ $Q_{\text{опр}} = 0,5 \cdot 750 \cdot 40 = 15\,000 \text{ Вт,}$ <p>Потери на инфильтрацию:</p> $Q_{\text{инф}} \approx 5\,000 \text{ Вт.}$ <p>Суммарные теплопотери:</p> $Q_{\max} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{инф}}$ $Q_{\max} = 15000 + 5000 + 20000 = 20 \text{ кВт}$
<p>2. Требуемая мощность теплового насоса (подбор ТН для системы)</p>	<p>Полное покрытие нагрузки: если тепловой насос является основным источником тепла, его тепловая производительность $Q_{\text{НР}}$ выбирается равной расчетной нагрузке Q_{\max} (или чуть выше для резерва).</p> <p>Бивалентная схема: в холодном климате часто экономически целесообразно покрывать часть пиковой нагрузки резервным источником (электрокотлом, газовым котлом). Определяется точка бивалентности – температура наружного воздуха $t_{\text{бив}}$, ниже которой включается резерв. Тепловой насос подбирается по нагрузке при $t_{\text{бив}}$ (например, $\sim 70-80\%$ от Q_{\max}).</p> <p>ГВС: Если ТН также греет воду, прибавляется требуемая мощность на ГВС (или ТН работает по приоритету ГВС).</p>	<p>Пример: для школы с расчетной потребностью 34 кВт (из примера выше) выберем схему: тепловой насос 24 кВт + электрокотел 10 кВт. При температуре наружного воздуха выше $-5^\circ C$ тепловой насос покрывает всю нагрузку; при более низкой температуре (до $-15^\circ C$) включается электрокотел, обеспечивая оставшиеся $\sim 30\%$. Такое разделение снижает требуемую мощность (и стоимость) ТН, при этом резервный электронагреватель покрывает пики.</p>

<p>3. КПД и СКЭ (сезонный коэффициент эффективности) (эффективность теплового насоса)</p>	<p>Коэффициент полезного действия (КПД) – коэффициент преобразования теплового насоса при определенных условиях:</p> $\text{КПД} = \frac{Q_{\text{тепл}}}{W_{\text{эл}}}$ <p>(отношение вырабатываемого тепла к потребляемой электроэнергии). COP зависит от температур источника и потребителя: чем выше температура источника и ниже требуемая температура подачи, тем выше COP. Для геотермальных ТН COP обычно 3–5, для воздух-воздух при –20°С может падать до 2.0. Сезонный коэффициент эффективности (СКЭ) – сезонный (годовой) коэффициент эффективности, учитывающий изменение КПД в течение сезона. Он равен отношению суммарного тепла за отопительный период к суммарной затраченной энергии:</p> $\text{СКЭ} = \frac{\sum Q_{\text{тепл,сезон}}}{\sum W_{\text{эл,сезон}}}$ <p>В ЕС используется близкий показатель Сезонный коэффициент преобразования по стандарту EN 14825. Для современных систем SPF3–4 (в умеренном климате) считается хорошим.</p>	<p>Пример: Тепловой насос воздух-вода имеет КПД=3.2 при +7°С наружного (номинальные условия). За отопительный сезон COP варьируется: в морозы COP ~2.0, в мягкую погоду ~4.0. Пусть за зиму 20% тепла выработано при среднем КПД 2.0, 50% при КПД 3.0, 30% при КПД 4.0. Тогда СКЭ = 0.2·2.0 + 0.5·3.0 + 0.3·4.0 = 0.4 + 1.5 + 1.2 = 3.1. Это означает, что в среднем на 1 кВт·ч электроэнергии получаем 3.1 кВт·ч тепла.</p>
<p>4. Буферный бак и аккумуляторы тепла (сглаживание работы ТН)</p>	<p>Буферный бак отопления включается между тепловым насосом и системой отопления для накопления тепла и предотвращения частых циклов включения/выключения (что ухудшает ресурс и эффективность ТН). Объем бака V выбирается из условия обеспечения минимального времени работы компрессора t_{мин} при минимальной нагрузке. Например:</p> $V = \frac{t_{\text{мин}} \cdot (Q_{\text{ТН}} - Q_{\text{мин}})}{\rho \cdot c \cdot \Delta T}$ <p>где Q_{ТН} – мощность ТН, Q_{мин} – минимальная тепловая нагрузка системы (при закрытых зонах), ΔT – допустимый диапазон температуры в баке (°С), ρ·с – теплоёмкость воды (~4.2 кJ/(kg·°С)). Бак-аккумулятор ГВС применяется для хранения горячей воды: объем рассчитывается по расходу ГВС за период, формулы</p>	<p>Пример: ТН 20 кВт, минимальный нагрузочный уровень 5 кВт (малый контур отопления), желаемое минимальное время работы 10 мин, ΔT=10°С. Объем буфера:</p> $V = \frac{600(20-5)}{4200 \cdot 1000 \cdot 10} \approx 0,214 \text{ м}^3, \text{ то есть } \sim 214 \text{ литров.}$ <p>Ближайший стандартный объем – 200 или 250 л. Для системы ГВС детсада на 100 детей: при норме, скажем, 5 л/ребёнка в час пик и желании покрыть 2 часа пикового водозабора, бак-аккумулятор ГВС ~1000 литров (с учетом нагрева от 40 до 60°С).</p>

	<p>приведены в СП 30.13330 (напр. для суточного аккумулирования). Требуется нагрев воды до температуры выше 60 °С для профилактики опасных бактерий, вызывающих пневмонию.</p>	
<p>5. Площадь солнечных коллекторов (для поддержки отопления/ГВС)</p>	<p>Необходимая суммарная площадь солнечных коллекторов S_{Σ} определяется из баланса энергии:</p> $Q_{\text{сол}} = S_{\Sigma} \cdot G \cdot \eta$ <p>где $Q_{\text{сол}}$ – требуемое тепло от солнца за период (например, за отопительный сезон или в день), G – средняя суммарная солнечная радиация на 1 м² за этот период, η – эффективный КПД гелиосистемы (учитывает КПД коллектора, утраты, коэффициент использования). Отсюда:</p> $S_{\Sigma} = \frac{Q_{\text{сол}}}{G \cdot \eta}$ <p>Далее рассчитывается число коллекторов</p> $n = \frac{S_{\Sigma}}{S_1}$ <p>где S_1 – площадь одного модуля. При расчётах берут погодные данные (ежемесячную инсоляцию) и суммируют за сезон, либо применяют упрощенные методы (f-chart, метод доли солнечного покрытия).</p>	<p>Пример: требуется покрыть солнечными коллекторами 30% годовой потребности тепла для спортзала, что эквивалентно $Q_{\text{сол}}=6000$ кВт·ч в год. Для данного региона годовая суммарная инсоляция $G \approx 1400$ кВт·ч/м², среднегодовой КПД системы $\eta \approx 0.5$ (50%). Тогда</p> $S_{\Sigma} = \frac{6000}{1400 \cdot 0.5} \approx 8.57 \text{ м}^2.$ <p>Если выбранные плоские коллекторы имеют площадь по 2 м², нужно</p> $n \approx \frac{8.57}{2} \approx 4.3$ <p>т.е. ставим 5 коллекторов по 2 м² (итого 10 м², небольшой запас для неблагоприятных зимних условий).</p>
<p>6. Баланс энергии и сезонное покрытие нагрузки</p>	<p>Для оценки эффективности комбинированной системы рассчитывается годовой (или сезонный) баланс тепла: сколько энергии обеспечивает тепловой насос, сколько – солнечные коллекторы, и сколько требуется от резервного источника. Вычисляется <i>доля покрытия</i> солнечной системой</p> $f_{\text{сол}} = \frac{Q_{\text{сол}}}{Q_{\text{общ}}}$ <p>и аналогично <i>доля теплового насоса</i> и др. При проектировании задаются целевые доли (напр., солнечное покрытие 20–30% отопления, остальное ТН) и проверяется удовлетворение потребности в каждый месяц. Также рассчитывается экономия топлива/энергии: например,</p>	<p>Пример: для административного здания годовая потребность в тепле 100 МВт·ч. Запланировано, что 30 МВт·ч даст солнечная установка, 60 МВт·ч – тепловой насос, и 10 МВт·ч – электрический котёл-резерв. По результатам расчёта по месяцам выявлено: в декабре-январе солнечное покрытие лишь 5% (низкая инсоляция), тепловой насос дает ~70%, оставшиеся 25% – электрический котёл. Летом избыток солнечной энергии направляется на ГВС и на подзаряд грунта (для геотермальных ТН) – тем самым достигается возобновляемое покрытие около 90% годовой тепловых потребностей.</p>

	<p>сколько сэкономлено газа благодаря работе ТН+Солнце. Важно проверить, что в самые холодные месяцы суммарная мощность ТН + резерв обеспечивает нагрузку, а в переходные месяцы избыток солнца может аккумулироваться (или отключается часть ТН).</p>	
<p>7. Упрощённые методы экспресс-оценки</p>	<p>Для предварительной оценки эффективности комбинированной системы применяются укрупнённые показатели:</p> <p>– Удельное годовое потребление тепла на отопление $E_{\text{гид}}$ (кВт·ч/м²): например, для школы стандартной постройки ~100кВт·ч/м²·год, для современной утеплённой ~50 кВт·ч/м²·год. Зная площадь здания, сразу оценивают годовое теплотребление.</p> $Q_{\text{год}} = E_{\text{год}} \cdot A$ <p>– Метод градусо-суток (HDD):</p> $Q_{\text{год}} = \frac{U_{\text{огр}} \cdot A \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{баз}}) \cdot HDD}{\eta_{\text{сист}}}$ <p>где HDD – градусо-сутки отопительного периода, $t_{\text{баз}}$ – балансная температура. Это даёт приближенно сезонное потребление.</p> <p>Правило долей: например, 1 м² солнечного коллектора покрывает ~50–70 Вт отопительной нагрузки (усредненно по году для климата Узбекистана), а 1 кВт теплового насоса заменяет ~2.5–3 кВт электрического нагрева (с учётом COP). Такие укрупнённые оценки помогают на ранней стадии.</p>	<p>Пример: для упрощенной оценки: детсад площадью 1000 м², утепление среднее. Берем удельный расход 80 кВт·ч/м²·год – получаем 80000кВт·ч/год тепла нужно. Из них планируем 20% (16000кВт·ч) от солнца – по правилу 1 м² ≈ 350 кВт·ч/год в данном климате, потребуется ~46 м² коллекторов. Остальное 64000кВт·ч покроем тепловой насос. При среднем $SPF \approx 3$ это ~21 300 кВт·ч электроэнергии, экономия сравнимо с прямым электрическим отоплением ~70%.</p>

Следует подчеркнуть, что перечисленные методы расчёта применяются **комплексно**: на предварительной стадии оценивается нагрузка и ожидаемый эффект от ТН (метод удельных показателей и упрощённые формулы), затем выполняется детальный нормативный расчёт теплопотерь (по СП/ISO), подбирается оборудование по мощности, проверяется сезонная эффективность системы, при необходимости включает в проект АТ или гелиосистемы, и в завершение сводит годовой баланс для контроля соответствия нормативам по энергосбережению. Такой научно-обоснованный подход обеспечивает надёжную и экономичную работу комбинированной ТН-системы.

В пятой главе «**Энергетический и экономический анализ системы теплоснабжения здания с тепловым насосом и солнечными технологиями**» представлены результаты комплексных экспериментально-расчётных исследований, направленных на обоснование применения современных систем теплоснабжения на основе тепловых насосов и возобновляемых источников энергии (ВИЭ) для пассивных зданий в условиях климата г. Ташкента. Особое внимание уделено детальному анализу и расчётам, которые включают определение теплопотерь здания, подбор оптимальных параметров оборудования и сравнительную экономическую и экологическую оценку различных вариантов систем теплоснабжения.

Для обобщённой оценки эффективности составляем баланс системы: *сколько тепла за год даёт каждый источник, рассчитываем долю покрытия каждого: солнечная, теплового насоса*. Целевой вариант для пассивного здания – максимальное покрытие за счёт возобновляемых источников (ТН+Солнце) и минимальное – за счёт ископаемого или сетевого (резерв). Ниже приведен пример такого баланса и упрощённого расчета для пассивного здания площадью 100 м^2 , для условий г. Ташкента.

Исходные данные объекта: Одноэтажное здание площадью 100 м^2 (условно $10 \times 10 \text{ м}$), высота помещений 3 м ($V=300 \text{ м}^3$). Конструкция соответствует пассивному стандарту: стены $U=0.2 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$ площадью $\sim 120 \text{ м}^2$, крыша $U=0.15$ (100 м^2), пол $U=0.2$ (100 м^2 на грунт), окна $U=0.7$ (общая площадь $\sim 20 \text{ м}^2$, ориентированные на юг для пассивных солнечных теплопоступлений). Расчетная наружная температура для Ташкента -15°C -, внутренняя $+20^\circ\text{C}$, то есть $\Delta T=35^\circ\text{C}$.

Теплопотери и нагрузка: Суммарная теплопотеря через ограждения:

• Стены: $120 \text{ м}^2 \times 0.2 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C} \times 35^\circ\text{C} = 840 \text{ Вт}$

• Крыша: $100 \text{ м}^2 \times 0.15 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C} \times 35^\circ\text{C} = 525 \text{ Вт}$

• Окна: $20 \text{ м}^2 \times 0.7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C} \times 35^\circ\text{C} = 490 \text{ Вт}$

• Пол: $100 \text{ м}^2 \times 0.2 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C} \times (\approx 15^\circ\text{C}) * = \sim 300 \text{ Вт}$ (температурный напор к грунту меньше, оцениваем эквивалентно 15°C)

Суммарные теплопотери через ограждения: $\approx 2155 \text{ Вт}$ при температуре ОК -15°C . При этом потери на инфильтрацию сведены к минимуму (пассивное здание герметично, принудительная вентиляция с рекуперацией). Остаточные потери на вентиляцию составляет порядка $300\text{--}500 \text{ Вт}$. Добавив запас, получаем расчетную требуемую мощность отопления $\approx 2.5\text{--}3.0 \text{ кВт}$., которая и есть величина Q_{max} ., которая, близко к характеристикам пассивного здания. Кроме

того, годовую потребность в тепле на отопление можно оценить через градусо-сутки: для Ташкента (отопительный сезон 120–150 суток со средней $\Delta T \sim 15^\circ\text{C}$) порядка $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2\cdot\text{год}$, то есть $\sim 1500 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ на отопление всего здания за сезон.

Нагрузка ГВС: Предположим, в доме проживает 4 человека, суточное потребление горячей воды $\sim 150 \text{ л}$ (в среднем экономичном режиме) при 45°C . Годовая потребность энергии на ГВС $\sim 2000 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$. Таким образом, совокупная годовая тепловая потребность (отопление + ГВС) $\approx 3500 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$.

Конфигурация системы: выберем воздушный тепловой насос номинальной тепловой мощностью 2.0 кВт , которая хватит для покрытия $\sim 80\%$ расчетной нагрузки. При температурах выше -5°C он сможет обеспечивать все 100% отопления. Ниже -5°C может потребоваться помощь резерва. В качестве резервного источника предусмотрен электрический ТЭН $\sim 1.5 \text{ кВт}$ (встроен в систему или бойлер). Солнечные коллекторы: площадь 4 м^2 (например, 2 панели по 2 м^2) на крыше, наклон 30° . Фотоэлектрическая станция: мощность 3 кВт (пик), ориентирована на юг. Ниже суммированы результаты расчетов по такой системе.

Эффективность ТН: Предполагая среднегодовой COP ~ 3.2 (SPF ~ 3.5 благодаря мягкому климату), тепловой насос за год из $1000 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ электроэнергии выработает $\sim 3500 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ тепла. Это приблизительно равняется полной потребности здания, однако часть этой тепловой энергии придет от солнца (через коллекторы). Поэтому фактически тепловому насосу нужно будет выработать меньше.

Выработка солнечных коллекторов: Годовая инсоляция на поверхность СВК при угле наклона 30° для условий города Ташкента составляет $\approx 1600 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$. При $\eta \approx 0.5$ 4 м^2 солнечный тепловой коллектор может выработать $Q_{\text{сол}} \approx 1600 \times 4 \times 0.5 = 3200 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}$ тепловой энергии, что теоретический максимум при полном использовании тепла.

Генерация ФЭС: 3 кВт солнечных панелей произведут около $4500 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$ электроэнергии в год, что более чем достаточно, чтобы покрыть потребности теплового насоса ($\sim 1000 \text{ кВт}\cdot\text{ч}$) и электронагревателя резерва (несколько сотен кВт·ч).

Баланс тепла по источникам. В Табл. 7 иллюстрируются показатели годового энергобаланса в тепле рассматриваемого пассивного здания 100 м^2 , г. Ташкент, по источникам энергии.

Таблица 7.

Годовой баланс тепла по источникам
(пример для пассивного здания 100 м^2 , г. Ташкент)

№	Источник тепла	Годовая выработка	Доля покрытия
1	Тепловой насос (воздух-вода, SPF ≈ 3.5)	2100 кВт·ч тепла (600 кВт·ч электричества)	60 %
2	Солнечные коллекторы (4 м^2)	1200 кВт·ч тепла	34 %
3	Резервный электронагреватель	200 кВт·ч тепла (200 кВт·ч электричества)	6 %
	Итого за год	3500 кВт·ч тепла	100 %

Как видно, из Табл 7. возобновляемые источники (ТН и солнечные коллекторы) покрывают ~94% потребности в тепле. Роль резерва сведена до 6% (и то это всего ~200 кВт·ч, что соответствует нескольким холодным ночам зимой). В самые суровые месяцы картина иная: доля солнца стремится к минимуму, а нагрузка ложится на тепловой насос и электрический ТЭН.

Таким образом, комбинированная система работает эффективно круглый год: большую часть времени используя бесплатную возобновляемую энергию, а в пиковые моменты – небольшой резерв из сети. Благодаря малому энергопотреблению пассивного здания и правильно рассчитанной системе, достигается высокая доля возобновляемого покрытия (в нашем примере ~90% за год) и бесперебойное теплоснабжение объекта даже в неблагоприятных условиях.

Приведем сравнительную экономико-экологическую оценку систем теплоснабжения: теплонасосная, газовая и электрическая. Ниже представлены исходные данные и параметры объекта исследования:

Площадь и потребность: Пассивное здание площадью 100 м² в Ташкенте с годовой потребностью в отоплении ~3500 кВт·ч тепла.

Сравниваемые системы: Тепловой насос SPF ≈ 3.5 (т.е. ~3,5 кВт·ч тепла на 1 кВт·ч эл энергии); Газовый котёл с КПД ≈ 0,90 (90%); Электрический котёл с КПД = 1,0 (100%).

Тарифы: Цена электроэнергии принята 1000 сум/кВт·ч, цена природного газа – 2000 сум/м³ (что эквивалентно ~35 сум за 1 кВт·ч тепла газа).

Удельные выбросы CO₂: Сжигание природного газа ~0,2 кг/кВт·ч (около 2,0 кг CO₂ на 1 м³); Электросеть (Ташкент) ~0,5 кг/кВт·ч; Электроэнергия от солнечной фотоэлектрической станции (ФЭС) – 0 кг/кВт·ч (если вся потребность покрыта солнечной генерацией).

Таблица 8

Сравнительная экономико-экологическая оценка систем теплоснабжения пассивного здания: *теплонасосная, газовая и электрическая*

№	Сравниваемые системы и источники энергии	Оценка капитальных затрат	Годовые расходы на отопление (газ, электроэнергия и тд)	Показатели ежегодных выбросы CO ₂ , за год / удельные
1	Тепловой насос + солнечные панели (ФЭС) + коллекторы	30-40 млн сум (высокая стоимость оборудования и монтажа)	0,15 млн Сум/год	0
2	Газовый котёл + газификация (подключение к сети)	3-4 млн сум.	1,0 млн. сум/год	600 кг CO ₂ в год, либо 0,22 кг CO ₂ /кВт·ч
3	Электрический котёл (с минимальным дополнительным оборудованием)	5-6 млн сум	3,5 млн. сум/год	1750 кг CO ₂ /год, либо 0,5 кг/кВт·ч

Таким образом, для пассивного здания на 100 м² система с тепловым насосом и солнечной поддержкой практически устраняет углеродные выбросы и почти не требует затрат на энергоносители ежегодно, при этом низкие эксплуатационные расходы газовой системы обусловлены доступной стоимостью природного газа, тогда как высокая стоимость электроэнергии и значительные капитальные вложения в оборудование снижают экономическую привлекательность электрических систем, включая энергоэффективный тепловой насос на базе ВИЭ.

Как видно из Табл.8 комбинированная система «тепловой насос + солнечные панели и коллекторы» для пассивного здания площадью 100 м² в условиях Ташкента обеспечивает почти полную автономность и **бесперебойное теплоснабжение** за счёт возобновляемых источников. Финансово она окупается в среднем за ~8–10 лет за счёт экономии на энергоресурсах (в сравнении с электрическим отоплением), что находится в приемлемых пределах для «зелёных» технологий. Отметим, что после достижения окупаемости дальнейшая экономия средств и отсутствие затрат на топливо дают владельцу пассивного здания значительные выгоды, а **срок службы оборудования** (15–20 лет и более) позволяет надёжно эксплуатировать систему, получая чистую энергию и минимизируя эксплуатационные расходы в долгосрочной перспективе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведённых исследований в диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук (DSc) получены следующие основные результаты:

1. Обосновано, что для обеспечения нормативной энергоэффективности в южных районах республики достаточно сопротивления теплопередаче ограждений $R \approx 1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ (утеплитель $\approx 5 \text{ см}$), тогда как в северных и континентальных районах требуются значения $R \geq 1,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ (утеплитель 7–10 см). Реализация этих параметров в строительной практике позволит снизить теплотери зданий на 20–30% в самых холодных регионах по сравнению с минимальными требованиями, что подтверждено расчетами.

2. Показано, что за счёт оптимальной ориентации здания, солнцезащиты и использования тепловой инерции ограждений естественно-комфортные условия внутри помещения могут поддерживаться до 40% времени в году без работы активных систем, в особенности в межсезонье. В зимний период пассивное солнечное отопление способно покрыть до 1/3 – 2/5 (30–40%) от общей тепловой нагрузки здания, что эквивалентно аналогичному снижению расхода топлива на отопление.

3. С применением биоклиматической диаграммы Джованни проведено численное моделирование для выявления области комфортных сочетаний температуры и влажности воздуха, а также зоны, в которых различные пассивные стратегии могут обеспечить или восстановить комфорт в помещении. Выполненный анализ распределения погодных условий по зонам диаграммы на основе климатических данных 2000–2023 гг. для 12 регионов Республики

Узбекистан, позволил определить периоды года, когда можно обойтись пассивными средствами обеспечения комфорта, и когда требуются активные системы отопления, охлаждения или вентиляции. В результате установлено, что комбинация естественной вентиляции в ночное время и адиабатического охлаждения (испарительного увлажнения воздуха) способна понизить температуру внутренних помещений летом на 5–10 °С, обеспечивая приемлемый микроклимат в течение значительной части суток, что сокращает период использования электрических кондиционеров на несколько недель, особенно в условиях жаркого и сухого климата юга, что эквивалентно экономии электроэнергии до 20–30% в летние месяцы.

4. На основе обобщения существующего опыта по разработке и расчета основных параметров комбинированной системы теплоснабжения с ТН, солнечными коллекторами, ФЭС и резервными источниками предложена упрощённая методика расчёта комбинированной системы теплоснабжения пассивного здания для климатических условий города Ташкента. В результате расчетного эксперимента для здания площадью 100 м² (г.Ташкент) показано, что предложенная комбинированная система «тепловой насос + солнечные коллекторы + ФЭП» покрывает ~94% годовой потребности в тепле здания за счет возобновляемых источников. В годовом балансе около 60% энергии вырабатывается тепловым насосом (использующим низкопотенциальное тепло окружающей среды), 34% обеспечивается прямой солнечной энергией (тепловой и электрической), и лишь порядка 6% приходится на резервный электронагрев. Тем самым подтверждена принципиальная возможность достижения статусу n_{ZEB} (почти нулевого потребления внешней энергии) для жилья в условиях Узбекистана.

5. Эколого-энергетический эффект при применении теплового насоса, питаемый от солнечной ФЭС в пассивных зданиях, демонстрирует наилучший результат – нулевые операционные выбросы CO₂. В результате использования теплового насоса (COP≈3) и использование возобновляемой энергии, для отопительных нужд за отопительный сезон (~3000 кВт·ч тепла) можно избежать ~1,7 т выбросов CO₂ по сравнению с электродкотлом и ~0,6–0,7 т по сравнению с газовым отоплением.

6. Предложена оптимальная конфигурация комбинированной системы отопления для здания (мощность теплового насоса ~5 кВт на 100 м², солнечный коллектор ~4 м² (БА 300л), и ФЭП ~3 кВт для покрытия ~30% тепла солнцем, резерв <10% нагрузки), в климатических условиях Ташкента которая, обеспечивает почти полную автономность и бесперебойное теплоснабжение за счёт возобновляемых источников и окупается в среднем за ~8–10 лет за счёт экономии на энергоресурсах (в сравнении с электрическим отоплением), что находится в приемлемых пределах для «зелёных» технологий.

**TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI DSc.26/04.07.2023.T.11.01 RAQAMLI
BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

TOSHKENT ARXITEKTURA-QURILISH UNIVERSITETI

KUCHKARBAYEV RUSTAM UTKUROVICH

**BINOLAR QURILISHINI TASHKILLASHTIRISHDA QAYTA
TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARIDAN FOYDALANISHNI
MODELLASHNING ILMIY-TEXNIKAVIY ASOSLARI**

05.09.03 – “Issiqlik ta’minoti. Ventilyatsiya, konditsionerlash. Gaz ta’minoti va yoritish.”

05.09.08 - “Qurilish texnologiyasi va qurilish jarayonlarini tashkil qilish.”

**TEXNIKA FANLARI DOKTORI (DSc) DISSERTATSIYASI
AVTOREFERATI**

TOSHKENT – 2025

Fan doktori (DSc) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida №B2024.4. DSc/T868. raqami bilan ro‘yxatga olingan.

Dissertatsiya O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligining Toshkent arxitektura-qurilish universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (rus, o‘zbek, ingliz(rezyume)) ilmiy kengashning veb sahifasiga (www.taqu.uz) va “Ziyonet” axborot-ta’lim portaliga (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy konsultant:

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich
Texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar

Xodjayev Abbas Agzamovich
Texnika fanlari doktori, professor

Djabriyev Akbarali Normurodovich
Iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Klichev Shavkat Isakovich
Texnika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

Farg‘ona davlat texnika universiteti

Dissertatsiya himoyasi Toshkent arxitektura-qurilish universiteti huzuridagi DSc.26/04.07.2023.T.11.01 raqamli Ilmiy kengashning 2025-yil “13” 10 soat 10⁰⁰ dagi majlisida bo‘lib o‘tadi. Manzil: 100058, Toshkent shahri Yunusobod tumani Yangishahar 9A. Tel: (+99895) 142-35-85, e-mail: devon@taqu.uz.

Dissertatsiya bilan Toshkent arxitektura-qurilish universitetining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (172-sonli raqam bilan ro‘yxatga olingan). Manzil: 100058, Toshkent shahri Yunusobod tumani Yangishahar 9A. Tel: (+99895) 142-35-85, e-mail: devon@taqu.uz.

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil “27” 09 kuni tarqatildi.

(2025-yil “29” 07 dagi № 56 raqamli reyestr bayonnomasi).

X.A. Akramov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

I.I.Siddikov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash ilmiy kotibi, t.f.d., professor

A.T.Xotamov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash qoshidagi
ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

KIRISH

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Jahon miqyosida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan (QTEM), ayniqsa, passiv va aktiv tizimlar bilan jihozlangan binolar loyihalashda foydalanish energiya iste'molini qisqartirishning asosiy yo'nalishlaridan biri hisoblanadi.¹ Bu, ayniqsa, turar-joy va ijtimoiy binolarni isitish, sovitish va ventilyatsiya qilishda namoyon bo'ladi. Ushbu sektor milliy energiya resurslari iste'molining taxminan 40% ini tashkil etadi. Shu sababli binolardagi issiqlik yo'qotishini kamaytirish va QTEMga o'tish mamlakatning barqaror energetika strategiyasida asosiy yo'nalish hisoblanadi. Shu nuqtayi nazardan global iqlim o'zgarishi sharoitida (o'ta issiq davrlar davomiyligining ortishi, mavsumiy harorat amplitudasining oshishi va h.k.) barqaror va iqlimga moslashuvchan qurilishni rivojlantirish alohida ahamiyat kasb etadi.

Jahonda QTEMdan foydalanish, an'anaviy energiya manbalarini (isitish, konditsionerlash va ventilyatsiya tizimlari) almashtirish bo'yicha yangi muhandislik yondashuvlari va ilmiy-texnikaviy yechimlarni ishlab chiqishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda.² Shu munosabat bilan O'zbekiston iqlim sharoitiga moslashtirilgan, qayta tiklanuvchi energiya manbalari integratsiya qilingan, energiya tejamkor passiv binolarni yaratish uchun ilmiy asoslangan usullar va texnik yechimlarni ishlab chiqish muhim masaladir. Bu jarayonda yangi standartlar va yuqori samarali texnologiyalar qo'llanilishi bilan texniko-iqtisodiy ko'rsatkichlarni belgilash alohida ahamiyatga ega. Ushbu yondashuv an'anaviy energiya resurslari iste'molini sezilarli darajada kamaytiradi, issiqxona gazlari chiqindilarini qisqartiradi va zamonaviy energiya samaradorligi talablariga rioya qilgan holda binolarda qulay mikroklimatni ta'minlaydi.

Respublikamizda energiya samaradorligini va "yashil" energetikani rag'batlantirish uchun keng qamrovli choralar ko'rilmogda. "Yashil iqtisodiyotga o'tish strategiyasi" (2019–2030-y.)da YIM energiya samaradorligini ikki barobar oshirish va iqtisodiyotning uglerod intensivligini kamaytirish maqsadi qo'yilgan, bunda qurilish sektori asosiy tarmoqlardan biri sifatida belgilangan³ Binolarning issiqlik muhofazasi me'yorlari kuchaytirildi, majburiy energiya auditori joriy etildi⁴. Shuningdek, 2025-yil 11-martdagi PQ-100-sonli Prezident qaroriga ko'ra, 2025-yil 1-iyundan boshlab yangi binolarni qurish va mavjudlarini rekonstruksiya qilishda energiya tejaydigan uskunalardan hamda alternativ isitish tizimlarini (quyosh kollektorlari, issiqlik nasoslari va b.) o'rnatish majburiy hisoblanadi⁵. Amalda passiv uy standartlariga qonunchilik asosida o'tish belgilab qo'yildi. Biroq bu talablarni amalga oshirish uchun ilmiy asoslangan

¹ Renewable energy systems for building heating, cooling and electricity production with thermal energy storage. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. Vol. 165 (2022), Article 112560. DOI: 10.1016/j.rser.2022.112560

² International Energy Agency. *World Energy Outlook 2023*. Paris: IEA; 2023.

³ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 4-oktabrdagi PQ-4477-son "2019–2030-yillar davrida O'zbekiston Respublikasining "yashil" iqtisodiyotga o'tish strategiyasini tasdiqlash to'g'risi"dagi Qarori.

⁴ O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2006-yil 7-avgustdagi 164-son "Yoqilg'i-energetika resurslari iste'molchilarini energetika tekshiruvidan va ekspertizadan o'tkazish qoidalarini tasdiqlash to'g'risida"gi qarori.

⁵ O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 11-martdagi PQ-100-son "Uy-joy hamda bino-inshootlarni issiqlik energiyasi bilan ta'minlash sohasini tubdan isloh qilish hamda binolarning energiya samaradorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi Qarori.

texnik yechimlar va milliy standartlar zarur. Shu bois quyosh texnologiyalari va issiqlik nasoslari integratsiya qilingan passiv binolarni loyihalash usullarini ishlab chiqish eng muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

Taqdim etilayotgan dissertatsiya ishi aynan shu muammolarni hal qilishga qaratilgan bo'lib, binolar issiqlik yo'qotishini kamaytirish, energiya ta'minotida QTEM ulushini oshirish va yangi texnologiyalar uchun me'yoriy bazani yaratish bo'yicha aniq yondashuvlarni taklif etadi. Tadqiqot natijalari amaliy ahamiyatga ega bo'lib, ularni energiya samarador qurilish amaliyotiga tezkor joriy etish mumkin. Bu milliy maqsadlarga – energiya resurslarini tejash, atrof-muhitni yaxshilash (fossil yoqilg'ilar yoqilishida CO₂ chiqindilarini kamaytirish hisobiga) va mamlakat energetikasining barqarorligini oshirishga hissa qo'shadi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishi-ning ustuvor yo'nalishlariga bog'liqligi. Dissertatsiya O'zbekiston Respublikasi ilmiy va texnologik rivojlanishning ustuvor yo'nalishlari II. "Energetika, energiya va resurs tejamkorlik" ustuvor yo'nalishi doirasida bajarilgan va IV-bo'limiga – "Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish usullarini rivojlantirish, nano-texnologiya, fotonika va boshqa ilg'or texnologiyalar asosidagi texnologiya va qurilmalarni yaratish"ga to'liq mos keladi.

Dissertatsiya mavzusi bo'yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi⁶. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari texnologiyalarini qo'llash orqali an'anaviy energiya resurslarini (turar-joy va ijtimoiy binolarning isitish, konditsionerlash va ventilyatsiya tizimlari uchun ishlatiladigan) o'zlashtirish samaradorligini oshirish bo'yicha nazariya va amaliyotni rivojlantirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar jahonning ko'plab ilmiy markazlarida olib borilmoqda. Xususan, AQSHda Viskonsin universitetida, Shveysariyada Quyosh texnologiyalari institutida, Hindistonda Milliy quyosh energiyasi markazida, Xitoy Xalq Respublikasi Fanlar akademiyasi Energetika tadqiqotlari institutida, AQSH Milliy standartlar byurosida, Rossiya Federatsiyasi Fanlar akademiyasi Haroratlarning yuqori birlashgan institutida, Rossiyaning "MEI" Milliy tadqiqot universitetida, Turkmaniston Fanlar akademiyasi "GUN" ITBda, O'zbekiston Fanlar akademiyasi "Fizika-Quyosh" ITBda, shuningdek, "ToshuyjoyLITI" AJ (sobiq ToshZNIIEP) va Toshkent arxitektura-qurilish universitetida. Jahon tajribasi (Germaniya, AQSH, Xitoy, O'zbekiston va boshqalar) passiv qurilish standartlari va "deyarli nol energiya iste'moliga ega binolar" (NZEB)ning muvaffaqiyatli joriy etilganini ko'rsatadi – 1970-yillardagi pilot ekodomlardan to 2020-yillarda passiv texnologiyalarning ommaviy qo'llanilishigacha. Turli mamlakatlarda QTEM integratsiyasi va binolarning energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan me'yoriy baza (YeI direktivalari, SNiP, GOST, PHI/PHIUS standartlari va boshqalar) shakllantirilgan.

Hozirgi kunda jahonda passiv binolarning samaradorligi va ishonchli ekspluatatsiyasini oshirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar quyidagi ustuvor yo'nalishlar bo'yicha amalga oshirilmoqda: issiqlik nasoslari va quyosh texnologiyalari qo'llanilgan holda sovitish va isitishning kombinatsiyalangan tizimlarini joriy etish,

⁶ К.А. Шарипов и другие. Обзор международного и национального опыта по разработке пассивных домов // Проблемы энерго и ресурсосбережения. – 2025. - № 2. – С. 74-92.

quyosh isitish va sovitishning aktiv hamda passiv tizimlarini birgalikda qoʻllashda sinergetik samarani baholash, qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosidagi texnologiya va tizimlar uchun qulay sharoit yaratish maqsadida ularning asosiy ish rejim parametrlarini optimallashtirish hamda maksimal samaradorlikka (FIK) erishish.

Muammoning oʻrganilganlik darajasi ^{7,8}. Passiv quyosh isitish va sovitish tizimlarini, shuningdek passiv binolarni ishlab chiqish va tadqiq etish bilan jahonning yetakchi olimlari shugʻullangan, masalan Barber va M. Behm birinchi tarixiy tajribalarni, passiv uylarning paydo boʻlishini, quyosh energiyasidan isitishda foydalanishni, oyna bloklarini germetizatsiya qilishni va boshqa masalalarni batafsil yoritgan, K.Kruzner va boshqalar AQShda mavjud uylar uchun passiv quyosh batareyalarini loyihalash strategiyalarida kuzatilgan tendensiyalarni tahlil qilib, birinchi energetik inqiroz davrida qurilgan AQShdagi ilk passiv uyni batafsil koʻrib chiqqan, H.Albayyaa va boshqalar turarjoy binolarida passiv quyosh strategiyalari va energiya samarali loyihalash hamda yuqori issiqlik massasini joriy qilish orqali energiya tejash masalalari boʻyicha ilmiy tadqiqotlar olib borgan va bu natijada turarjoy binolarining energiya samaradorligi oshishiga olib kelgan, W.Liu va boshqalar Tibet iqlim sharoitida passiv quyosh uyining samaradorligini tahlil qilgan, P. Wu va B.Hyatt esa kichik quyosh uylari bilan barqaror yashash uchun BIM loyihalar tajribasini koʻrib chiqqan.

Rossiyada A.A. Golikova va Z.S. Nagayeva tomonidan passiv uylarni ishlab chiqish tajribasi qiziqarli boʻlib, ular tomonidan kam energiya isteʼmol qiluvchi binolar qurilishi boʻyicha batafsil tahlil oʻtkazilgan va passiv uylarga oid turli konstruktiv hamda boshqa yechimlar qayd etilgan.

Respublikamizda passiv va aktiv isitish hamda sovitish tizimlari qoʻllanilgan binolarning issiqlik-texnikaviy, geometrik va rejim parametrlari hisob-kitoblari boʻyicha tadqiqotlar R.R. Avezov, N.R.Avezova, Yu.K.Rashidov, M.M. Zoxidov, M. Kenisarin, K.B.Babakulov, O.Azimov, A.S.Dusyarov, Sh.B.Imamov va boshqalar tomonidan olib borilgan.

Shu tariqa jahon va mahalliy tajriba passiv uylar va energiya samarador binolarni amalga oshirish yuqori samaradorlikka hamda ularning prinsiplari universalligiga guvohlik bermoqda, turli konstruktiv usullarga qaramasdan, passiv uylar uchun umumiy arxitektur-injenerlik prinsiplari keng qoʻllaniladi: binolarning kompakt shakli va oʻylangan yoʻnalishi, issiqlik koʻpriklarisiz yuqori samarali issiqlik izolyatsiyasi, kirish-chiqish ventilyatsiyasi va issiqlikni qayta tiklash tizimi bilan germetik qobiq, shuningdek quyoshdan himoya qiluvchi qurilmalar va quyosh texnologiyalarini (suv kollektorlari, fotoelektrik panellar va h.k.) integratsiya qilish, ular mahalliy iqlimga moslashtiriladi – masalan, Oʻzbekistonning keskin kontinental iqlimi sharoitida (qishda -6°C , yozda $+40^{\circ}\text{C}$) mavsumiy optimallashtirishga alohida eʼtibor qaratiladi:

⁷ Н.Р.Авезова и др. Нормативно-технические и энергетические аспекты применения тепловых насосов в строительстве зданий: Международный опыт и задачи адаптации в Узбекистане// Проблемы информатики и энергетики. – 2024 г. - №6. - С. 56-74.

⁸ R.U. Kuchkarbayev. Bugungi kunda insolyatsion passiv quyosh isitish tizimlari sohasida olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlar holati // Namangan muhandislik-qurilish instituti “Qurilish va taʼlim” ilmiy jurnali – 2024. – 1-maxsus son – B.69–73.

qishda quyosh issiqligidan maksimal foydalanish va yozda ortiqcha qizib ketishdan himoya qilish (soyalovchi elementlar, tabiiy ventilyatsiya va h.k.).

QTEM sohasida erishilgan yutuqlar va texnik salohiyatga qaramay, respublikada qurilishda passiv strategiyalardan foydalanish juda ham kam, bunday yondashuvlarni keng ko‘lamda joriy etish me‘yoriy-huquqiy va tartibga soluvchi hujjatlarni kuchaytirish bilan bog‘liq bo‘lib, ular ham mahalliy iqlim sharoitiga moslashtirilishi lozim.

Tadqiqot mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta‘lim muassasasining ilmiy tadqiqot ishlari rejalari bilan bog‘liqligi. Mazkur tadqiqot ishi Toshkent arxitektura-qurilish universitetining BV-M-F3-003 ilmiy-tadqiqot ishlari doirasida “Isitish tizimlarida quyosh issiqlik energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish yo‘llarini qidirish va uning ilmiy asoslanishi” mavzusida (2021–2024-y.) amalga oshirilgan.

Tadqiqot maqsadi – O‘zbekistonning qattiq kontinental iqlim sharoitlariga mos keluvchi, qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan texnologiyalarni integratsiya qilgan holda energiyatejamkor passiv binolarni yaratish uchun metod va texnik yechimlarni ishlab chiqish hamda ilmiy jihatdan asoslashdir. Ushbu maqsadga erishishda an‘anaviy energiya resurslari iste‘molini kamaytirish hamda issiqxona gazlari chiqindilarini qisqartirish, binolarda qulay mikroklimatni saqlab qolish va zamonaviy energiya samaradorligi talablariga rioya qilish ko‘zda tutiladi.

1. Jahonda binolarning energiya ta‘minoti tizimlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarning zamonaviy holatini tanqidiy tahlil qilish va ularni O‘zbekiston sharoitiga moslashtirish.

2. O‘zbekiston iqlim sharoitini hisobga olgan holda binolarning issiqlik muhofazasi samarali parametrlarini hisoblash va loyihalash usullari.

3. Binolarning mikroklimati passiv strategiyalarini isitish, sovitish va ventilyatsiya tizimlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosida qo‘llash orqali sonli modellashtirish.

4. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan integratsiya qilingan issiqlik nasoslari asosidagi isitish va sovitishning kombinatsiyalangan tizimi konfiguratsiyasini optimallashtirish.

5. Binolarning isitish tizimida issiqlik nasosi va quyosh texnologiyalari qo‘llanilganda energetik va iqtisodiy tahlil o‘tkazish.

Tadqiqot obyekti sifatida O‘zbekistonning keskin kontinental iqlim sharoitidagi turar-joy va ijtimoiy binolarning passiv turdagi, kam energiya iste‘mol qiluvchi binolarini energiya bilan ta‘minlash va ulardagi issiqlik qulayligini ta‘minlash tizimlari olingan. Bunday binolarni qayta tiklanuvchi energiya manbalari texnologiyalari qo‘llanilgan holda issiqlik energiyasi va qulay mikroklimat bilan ta‘minlash jarayoni hamda yuqori samarali issiqlik izolyatsiyasiga ega to‘siq konstruksiyalari bilan uyg‘unlashtirish o‘rganiladi.

Tadqiqot predmetini respublikadagi turli iqlim sharoitlarida passiv binolarning issiqlik-texnikaviy xususiyatlarini modellashtirish, passiv binolarning issiqlik ta‘minotida issiqlik nasosi va quyosh texnologiyalari asosidagi kombinatsiyalangan tizimning ishlash rejimlari va samaradorlik ko‘rsatkichlari, issiqlik talabini qoplashda

qayta tiklanuvchi va zaxira manbalari o'rtasida ulushlarni taqsimlash, shuningdek, ushbu texnologiyalarni joriy etishdan qo'lga kiritiladigan iqtisodiy va ekologik samaralar tashkil etadi.

Tadqiqot usullari. Ishda zamonaviy ilmiy usullar majmuasi qo'llanilgan bo'lib, ular nazariy va amaliy yondashuvlarni uyg'unlashtiradi. Ushbu usullar passiv uylar va qayta tiklanuvchi energiya manbalari sohasidagi adabiyotlar va jahon tajribasiga hamda energiya samaradorligi va issiqlik nasos tizimlariga oid me'yoriy hujjatlarga tayanilgan holda amalga oshirilgan analitik tahlilga asoslangan. Qurilish issiqlik fizikasi bo'yicha muhandislik-hisob usullari binolarning issiqlik yo'qotishini aniqlash, to'siq konstruksiyalarining talab etiladigan issiqlik o'tkazmaslik qarshiligini va amaldagi me'yorlarga muvofiq issiqlik izolyatsiyasi parametrlarini hisoblashda qo'llanildi. Modellashtirish binolar mikroklimate passiv strategiyalarini va energiya ta'minoti tizimining ishlashini tadqiq qilish uchun ishlatildi: Jovanni diagrammasi va hududlar bo'yicha meteoma'lumotlar statistikasi asosida mikroklimate bioklimatik tahlili o'tkazildi, shuningdek passiv binolarning yillik issiqlik balansi hisob-kitobini amalga oshirish uchun kompyuterda (tashqi havo harorati dinamikasi, quyosh radiatsiyasi, issiqlik nasosi va issiqlik akkumulyatorlari ish rejimlari hisobga olingan holda) energetik model ishlab chiqildi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

birinchi marta O'zbekiston iqlim zonalari uchun passiv binolarning issiqlik muhofazasiga oid miqdoriy parametrlar ilmiy asoslab berildi. Gradus-sutka hisoblari va me'yoriy talablar asosida to'siq konstruksiyalarining talab etiladigan issiqlik o'tkazmaslik qarshiligi va turli hududlar uchun izolyatsiyaning optimal qalinligi aniqlandi. Masalan, markaziy viloyatlarda (Toshkent, Samarqand) taxminan 6–8 sm qalinlikdagi issiqlik izolyatsiyasi yetarli bo'lib, u $R = 1,2-1,3 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{Vt}$ ni ta'minlaydi, eng sovuq shimoliy hududlarda esa 7–10 sm qalinlik talab qilinadi ($R = 1,4 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{Vt}$). Olingan natijalar amaldagi me'yorlarni to'ldirib, binolarning issiqlik muhofazasi talablarini iqlim kamarlari bo'yicha differentsiatsiya qilish imkonini beradi;

Jovanni diagrammasi qo'llanilgan holda binolar mikroklimate bioklimatik modellashtirishining original usuli amalga oshirildi. Birinchi marta respublikadagi 12 ta hudud uchun havo parametrlarining qulaylik va passiv strategiyalar zonalari bo'yicha taqsimoti hisoblab chiqildi. Aniqlanishicha, passiv arxitektur-klimatik usullar binolar ichida qulaylikni yilining o'rtacha 20–40% davomiyligida (hududga qarab) ta'minlay oladi va bu davrda faol isitish va sovitishga bo'lgan ehtiyojni sezilarli ravishda kamaytiradi;

passiv isitish va sovitish usullarining salohiyati miqdoriy baholandi. O'tkazilgan sonli tajribalar shuni ko'rsatdiki, quyoshdan tushadigan issiqlik hisobiga binolarni isitishda mavsumiy issiqlik ehtiyojining 20% gacha qoplash mumkin, bu esa an'anaviy energiya sarfini ekvivalent ravishda kamaytiradi. Shuningdek, binolarning konstruktiv issiqlik sig'imi, tungi shamollatish va sovitish kombinatsiyasi yoz faslida xona ichida havo haroratini 5–10°C ga pasaytirishi, konditsionerlar ishlash davomiyligini qisqartirishi va elektr energiyasi sarfisiz qulaylikni ta'minlashi tasdiqlandi;

issiqlik nasosi va quyosh tizimlari asosida passiv binolarni energiya bilan ta'minlashning kompleks matematik modeli ishlab chiqildi. Toshkent shahri iqlim

sharoitida maydoni 100m² bo'lgan tipovoy passiv bino uchun yillik energetik balansning batafsil hisob-kitobi amalga oshirildi, bu jarayonda quyosh issiqlik kollektori, fotoelektr stansiyasi (FES) va zaxira elektr isitgichi integratsiyasi hisobga olindi;

passiv bino uchun "issiqlik nasosi + quyosh energiyasi" kombinatsiyalangan tizimining samaradorligi haqida yangi ma'lumotlar olindi. To'g'ri loyihalashtirilgan tizim yillik issiqlik ehtiyojining 94% gacha qismini qayta tiklanuvchi energiya manbalari hisobiga ta'minlay olishi ko'rsatildi, bunda ishlab chiqarilgan issiqlik energiyasining taxminan 60%i issiqlik nasosi hissasiga to'g'ri keladi, quyosh kollektorlari va fotoelektr stansiyasi hissasi 30–34% atrofida, zaxira elektr isitish ulushi esa 6%dan oshmaydi.

qayta tiklanuvchi energiya manbalari qo'llangan passiv binolarning ekologik va iqtisodiy samaradorligi an'anaviy yechimlar bilan solishtirib baholandi. Hisob-kitoblar shuni ko'rsatdiki, issiqlik nasosi tizimi va quyosh uskunalaridan foydalanish binolarni isitishdan to'g'ridan-to'g'ri CO₂ chiqindilarini deyarli butunlay bartaraf etadi (maydoni 100m² bo'lgan bino uchun gazli isitishga nisbatan yiliga taxminan 0,8t CO₂ kamayishi ta'minlanadi).

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

passiv binolarni iqlimiy asoslangan holda loyihalash metodikasi taklif etildi, unda O'zbekistonning turli hududlari uchun iqlim parametrlariga (gradus-sutka miqdori va boshqalar) qarab izolyatsiya qalinligini tanlash, oyna turini belgilash va arxitektura-rejalashtirish yechimlari bo'yicha aniq tavsiyalar ishlab chiqildi. To'siq konstruksiyalarining issiqlik muhofazasi uchun me'yoriy maqsadli ko'rsatkichlar ($R = 1,0-1,4 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{Vt}$, 5–10 sm izolyatsiya qatlami bilan ta'minlanadi) va mamlakatning har bir iqlim kamari uchun oyna energiya samaradorligiga qo'yiladigan talablar shakllantirildi. Olingan ma'lumotlar passiv bino standartini amaliyotga joriy etishda loyiha tashkilotlari tomonidan bevosita qo'llanilishi mumkin.

sonli modellashtirish asosida arxitektor va muhandislar uchun amaliy chora-tadbirlar majmuasi taklif etildi: passiv quyosh isitishdan maksimal darajada foydalanish (asosiy fasadlarni janubga yo'naltirish, quyosh issiqligini yutib oluvchi yuzalardan foydalanish), yuqori issiqlik sig'imiga ega konstruksiyalarni qo'llash, yoz faslida tabiiy tungi shamollatishdan foydalanish, shuningdek issiqlik nasoslarini quyosh kollektorlari va fotoelektr panellari bilan uyg'unlashtirish orqali yil davomida qulay haroratni ta'minlash. Bunday choralardan kutilgan samara miqdoriy baholar bilan keltirildi: isitish uchun issiqlik iste'molini 30–40% gacha kamaytirish, issiq kunlarda konditsionerga tushadigan yuklamani 50% gacha qisqartirish va h.k. Olingan tavsiyalar energiya samarador binolarni loyihalashda optimal texnik yechimlarni asoslash va tanlashni yengillashtiradi.

issiqlik nasoslari asosidagi isitish tizimlari uchun yangi milliy standart bo'yicha aniq takliflar ishlab chiqildi, standartlarga tizimlarning mavsumiy energiya samaradorligi talablarini, binolar yuklamasini qoplashda qayta tiklanuvchi energiya-ning minimal ulushini, mahalliy iqlim sharoitida uskunalar samaradorligi koeffitsiyentlarini (COP), hisobiy pik yuklamalar uchun quvvatni zaxiralash talablarini va boshqalarni kiritish zarurligi asoslab berildi. Ushbu standartni joriy etish loyihachilar

va investorlar uchun yagona me'yoriy maydonni ta'minlaydi, qurilishda issiqlik nasoslari texnologiyalarini amaliyotga tatbiq etishni soddalashtiradi.

Tadqiqot natijalarining ishonchligi. Ishonchli metodikalar va representativ ma'lumotlardan foydalanish, shuningdek xulosalarni mustaqil manbalar va me'yoriy talablar bilan taqqoslash orqali tasdiqlandi. Binolarning issiqlik-texnikaviy xususiyatlari hisob-kitoblari amaldagi me'yorlar (QMQ, SNIIP va boshqalar) bilan tartibga solingan qurilish issiqlik fizikasi standart metodikalari asosida bajarildi, bu esa issiqlik yo'qotish va energiya iste'molining dastlabki baholarining to'g'riligini kafolatlaydi. Sonli modellashtirish O'zbekiston hududlari bo'yicha ko'p yillik kuzatuvlar (1985–2024-y.) meteoma'lumotlariga asoslandi va natijalarning haqiqiy iqlim sharoitiga adekvatligini ta'minladi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqotning ilmiy ahamiyati binolar va inshootlarni qayta tiklanuvchi energiya manbalari asosidagi texnologiyalar va injenerlik tizimlari bilan barqaror qurilish nazariyasini rivojlantirishga qo'shgan hissasi bilan belgilanadi. O'zbekistonning ekstremal iqlim sharoitlariga birinchi marta moslashtirilgan passiv uylarni loyihalashning ilmiy-texnikaviy asoslari taklif etildi. Metodologik apparat rivojlantirildi: binolarni qayta tiklanuvchi energiya manbalari bilan ta'minlashning kompleks modeli yaratildi, u issiqlik texnikasi hisobini, bioklimatik tahlilni va energetik balansni dinamik modellashtirishni integratsiya qiladi. Olingan yangi bilimlar (issiqlik muhofazasining miqdoriy parametrlari, passiv strategiyalarning salohiyati, "issiqlik nasosi+quyosh energiyasi" kombinatsiyasi samaradorligi va boshqalar) kontinental iqlimda binolarni barqaror energiya bilan ta'minlash haqidagi ilmiy tasavvurlarni kengaytiradi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati issiqlik nasoslari va quyosh energiyasi asosidagi issiqlik ta'minoti tizimlarini loyihalash va joriy etishni tartibga soluvchi yangi milliy standart tuzilishi bo'yicha takliflar ishlab chiqishda namoyon bo'ladi, shuningdek arxitektura va muhandislik sohasi mutaxassislari uchun tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy qilish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi (tipik konstruktiv yechimlar, to'siq konstruksiyalari parametrlari, qayta tiklanuvchi energiya manbalarini integratsiya qilish sxemalari va boshqalar). Bu taklif va tavsiyalar milliy maqsadlarga erishishga – energiya resurslarini tejash, ekologik holatni yaxshilash (qazilma yoqilg'ilar yoqilishida CO₂ chiqindilarini kamaytirish hisobiga) hamda mamlakat energetikasining barqarorligini oshirishga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Respublika oliy ta'lim muassasalari binolarini qurishda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishning ilmiy-texnikaviy asoslarini modellashtirish bo'yicha taklif va tavsiyalar asosida:

passiv ijtimoiy va turar-joy binolarida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini kompleks qo'llashning sonli modellashtirish metodologiyasi ishlab chiqildi hamda O'zbekistonning turli iqlim zonalari uchun **binolar energiya samaradorligini oshirish maqsadida iqlimiy yo'naltirilgan arxitektura-planirovka usullari** ilmiy asoslandi (binolarning ratsional yo'naltirilishi va kompaktligi, yoz faslida quyoshdan va soyadan himoya qilish, tabiiy ventilyatsiyani tashkil etish va h.k.), ular binolarning ichki mikroklimate yaxshilanishiga va energiya iste'molini kamaytirishga xizmat

qiladi, qo'llanilganda esa miqdoriy samara ko'rsatib o'tildi. Natijada oliy ta'lim muassasalari binolarida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish modellari ishlab chiqildi va binolar energiya samaradorligini oshirish bo'yicha innovatsion texnologiya yechimlari taklif etildi;

passiv bino standartiga mos kelish uchun zarur bo'lgan binolarning issiqlik muhofazasi va energiya iste'moli ko'rsatkichlarining me'yoriy jihatdan asoslangan qiymatlari ishlab chiqildi va taklif etildi. Jumladan: to'siq konstruksiyalarining issiqlik o'tkazmaslik qarshiligi va hududlar bo'yicha izolyatsiya qalinligi, shuningdek binolarning "nearly zero-energy" darajasini ta'minlash uchun issiqlik energiyasi sarfining maksimal menejment ko'rsatkichlari belgilandi.

passiv binolarning (maydoni taxminan 100 m² bo'lgan turar-joy) isitishning kombinatsiyalangan tizimi optimal konfiguratsiyasi taklif etildi. O'zbekiston sharoitida iqtisodiy va texnik jihatdan optimal hisoblangan yechimlar quyidagicha: 100 m² isitiladigan maydon uchun taxminan 2–5 kVt issiqlik quvvatiga ega issiqlik nasosi; maydoni 4 m² bo'lgan quyoshli kollektor va 3 kVt fotoelektricheskaya stansiya, ular birgalikda quyosh energiyasi hisobiga issiqlik ehtiyojining 30% gacha qismini ta'minlaydi; zaxira elektr isitgich esa yillik issiqlik yuklamasining 10% dan kamini qoplaydi. Ushbu konfiguratsiya qayta tiklanuvchi energiya manbalari hisobiga yillik issiqlik ehtiyojining 94% ini qoplashni ta'minlaydi. (Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligining 2025-yil 21-iyuldagi 34-06/8122-son ma'lumotnomasi).

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiya ishining asosiy natijalari 4 ta xalqaro konferensiya va 6 ta respublika ilmiy-amaliy konferensiyalarida bayon etilgan va muhokama qilingan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha 29 ta ilmiy ish nashr etilgan, shulardan 17 ta ilmiy maqola Xalqaro (3 ta) va Respublika (14 ta) jurnallarida, O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasi tomonidan dissertatsiyalarning asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan, 12 ta ish esa Xalqaro va Respublika konferensiyalari materiallarida e'lon qilingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, 5 ta bob, xulosa va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat. Dissertatsiyaning asosiy qismi 213 betdan tashkil topgan bo'lib, unda 132 ta adabiyot manbai, 25 ta rasm va 11 ta jadval mavjud.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida tadqiqot mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslangan, respublikada fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yoʻnalishlariga mosligi koʻrsatilgan, dissertatsiya mavzusi boʻyicha xalqaro ilmiy tadqiqotlar sharhi va muammoning oʻrganilganlik darajasi keltirilgan, tadqiqotning maqsadi, vazifalari, obyekti va predmeti tavsiflangan, hamda tadqiqotning ilmiy yangiligi, amaliy natijalari bayon qilingan, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, tadqiqot natijalarini amaliyotga joriy etish, nashr qilingan ishlar va tuzilishi boʻyicha maʼlumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning birinchi bobi **“Binolarning energiya taʼminoti tizimlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishning nazariy asoslari va jahon tajribasi”** deb nomlanib, unda mavjud passiv va aktiv quyosh isitish, sovitish va ventilyatsiya tizimlarining konstruktiv yechimlari tanqidiy tahlil qilingan, ularni energiya samarador va passiv binolar arxitekturasida mahalliy iqlim sharoitini hisobga olgan holda qoʻllash imkoniyatlari koʻrib chiqilgan, ularning asosiy issiqlik-texnikaviy parametrlari va koʻrsatkichlarini oʻrganish uchun turli asbob-usullardan foydalanish imkoniyatlari tadqiq etilgan, meʼyoriy-huquqiy baza oʻrganilgan va mavjud boʻshliqlar aniqlangan hamda shu asosda tadqiqot vazifalari qoʻyilgan.

Dissertatsiyaning ikkinchi bobi **“Oʻzbekiston iqlim sharoitini hisobga olgan holda binolarning issiqlik muhofazasini loyihalash”** deb nomlanib, unda Oʻzbekiston iqlim sharoitining binolarning energiya ehtiyojlariga taʼsirini aniqlash boʻyicha tadqiqotlar natijalari keltirilgan va shu asosda koʻp qavatli ijtimoiy binolar (oliygohlar) uchun toʻsiq konstruksiyalarining zarur issiqlik oʻtkazmaslik qarshiligini hamda tegishli issiqlik izolyatsiyasi qalinligini belgilash vazifasi qoʻyilgan. Hisob-kitoblar uchun dastlabki maʼlumot sifatida hududlarning iqlim koʻrsatkichlari – isitish mavsumi gradus-sutka (IMGS) va iqlim zonalari boʻyicha qurilish rayonlashtirilishi olingan. Tashqi devorlarning talab etiladigan issiqlik oʻtkazmaslik qarshiligi R ($m^2 \cdot ^\circ C / Vt$) har bir hudud uchun GSOP qiymatidan kelib chiqib, qurilish issiqlik texnikasi metodikasi (QMQ 2.01.04-97 meʼyori, SNIpga ekvivalent) asosida hisoblab chiqilgan [53].

1985–2020-yillarda Oʻzbekiston hududlari boʻyicha iqlim maʼlumotlari tahlili shuni koʻrsatdiki, mamlakat iqlimi keskin kontinental xususiyatga ega boʻlib, hududiy farqlar sezilarli. Eng issiq yozgi sharoitlar janubiy va janubi-gʻarbiy viloyatlarda kuzatiladi – masalan, Surxondaryo viloyatida iyul oyi oʻrtacha harorati $30^\circ C$ atrofida yetadi. Shu bilan birga, shimoliy va sharqiy hududlarda (Toshkent, Namangan viloyatlari va boshqalar) yozgi harorat biroz pastroq (oʻrtacha $25\text{--}28^\circ C$). Qishda esa teskari manzara kuzatiladi: gʻarbdagi choʻl hududlar va shimolda yanvar oyi oʻrtacha harorati $0^\circ C$ dan pastga tushadi (ayrim joylarda $-5\text{--}-7^\circ C$ gacha), chuqur janubda esa $0^\circ C$ ga yaqin boʻladi. Yomgʻir va havo namligi taqsimoti ham hududlarga koʻra keskin farq qiladi. Eng quruq hududlar gʻarbda joylashgan (Buxoro, Navoiy, Xorazm), ularda yillik yomgʻir miqdori 100 mm dan kam, yozda nisbiy namlik koʻpincha 20–25% gacha tushadi. Sharqiy va togʻ oldi hududlarda (Fargʻona vodiysi, Toshkent viloyati) esa nisbatan nam iqlim kuzatiladi: yillik yomgʻir miqdori 300–400 mm ga yetadi, havo namligi yuqoriroq (yozda 30–40% atrofida). Quyosh radiatsiyasida ham farq bor:

gʻarbdagi choʻl hududlar eng quyoshli hisoblanadi (yillik oʻrtacha yigʻindisi sutkasiga $5kVt \cdot soat/m^2$), sharqda esa koʻproq bulutlilik sababli bu koʻrsatkich biroz past ($4kVt \cdot soat/m^2 \cdot sut$). Barcha hududlarda iqlimiy parametrlarning mavsumiyliigi yaqqol namoyon boʻladi. Yoz oylari (ayniqsa iyul–avgust) ekstremal yuqori haroratlar va deyarli yomgʻir yoqmasligi bilan tavsiflanadi (iyul oyi meʼyori koʻp hududlarda 0 mm ga yaqin), shu sababli havo namligi minimal boʻladi. Qish oylarida (dekabr–fevral) eng past haroratlar kuzatiladi va yillik yomgʻirning asosiy qismi toʻkiladi (pik fevral–aprelga toʻgʻri keladi), nisbiy namlik esa 60–70% atrofigacha koʻtariladi. Quyosh radiatsiyasi esa, aksincha, qish oylarida minimal (dekabrda $2–3kVt \cdot soat/m^2 \cdot sut$) boʻlib, yozda maksimalgacha koʻtariladi (iyun oyida $7–8kVt \cdot soat/m^2 \cdot sut$), bu kun uzunligi va bulutlilikning mavsumiy dinamikasini aks ettiradi. Hududlar boʻyicha shamol tezligi oʻrtacha darajada (odatda 2–4m/s), keskin mavsumiy oʻzgarishsiz, ammo ochiq choʻl hududlarda bahor va yozda shamol kuchayishi mumkin. Shu tariqa, respublika hududlari iqlim sharoiti quruq issiq choʻllardan to nisbatan salqin va nam togʻ oldilarigacha sezilarli darajada farq qiladi, barcha hududlar uchun esa yil fasllarining keskin almashinuvi xosdir.

Soʻnggi yillarda kuzatilayotgan iqlim oʻzgarishlari taʼsirini hisobga olgan holda (1985–2020 yy. davrida), beshta tanlab olingan hudud boʻyicha 1985–2020-yillar davri uchun tashqi havoning oʻrtacha oylik va oʻrtacha yillik haroratlari aniqlandi (1-jadval).

1-jadval

1985–2020-yil davrida tashqi havo harorati

Respublika, viloyat	Oylar boʻyicha oʻrtacha harorat												Yillik oʻrtacha harorat
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Chimboy	-8,6	-6,9	3,6	12,9	20,6	26,8	29,0	26,9	18,9	10,9	1,7	-5,3	10,9
Urganch	-2,28	-0,27	8,37	15,5	22,8	27,5	28,7	26,0	19,6	12,0	4,17	-0,79	13,4
Toshkent	2,2	4,3	11,1	16,3	22,0	26,7	28,7	27,0	21,5	14,5	7,55	3,1	15,4
Nurota	1,02	2,63	9,68	15,42	22,1	26,9	28,7	26,5	20,4	13,2	6,1	1,9	14,5
Samarqand	2,3	4,0	10,3	15,4	21,4	26,0	27,7	26,0	21,0	14,2	7,41	3,3	15,0

Olingan tashqi havo harorati boʻyicha yangi maʼlumotlar asosida mualliflar tomonidan olti xil turli bazaviy harorat uchun yillik IMGS qiymatlari hisoblab chiqildi, yaʼni $12^{\circ}C$, $14^{\circ}C$, $16^{\circ}C$, $18^{\circ}C$, $20^{\circ}C$ va $22^{\circ}C$. Oʻrtacha yillik IMGS (isitish mavsumi gradus-sutkasi) hisoblash natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

Tanlab olingan hududlar uchun bazaviy haroratlar bo'yicha hisoblangan IMGS ko'rsatkichlari

№	Meteostansiyaning xalqaro nomi	Bazaviy harorat, °C					
		12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0
1	Chimboy	1841	2199	2587	3005	3455	3940
2	Urganch	1549	1888	2261	2666	3103	3575
3	Toshkent	997	1293	1628	2004	2422	2885
4	Nurota	1232	1556	1917	2313	2751	3233
5	Samarqand	990	1300	1647	2032	2458	2929

Shuni ta'kidlash lozimki, respublikamizda amal qilayotgan mavjud qurilish me'yorlari va qoidalarida Rossiya, Belarus va Qozog'iston kabi davlatlardan farqli ravishda [4–6] O'zbekiston uchun SMGS (sovitish mavsumi gradus-sutkasi) ko'rsatkichlari hisobga olinmagan. 1985–2020-yillar davri uchun aniqlangan iqlim ma'lumotlari asosida birinchi marta respublika hududi bo'yicha turli bazaviy haroratlar uchun SMGS ko'rsatkichlari hisoblab chiqildi (3-Jadval).

Tanlab olingan hududlar uchun bazaviy haroratlar bo'yicha hisoblangan SMGS ko'rsatkichlari

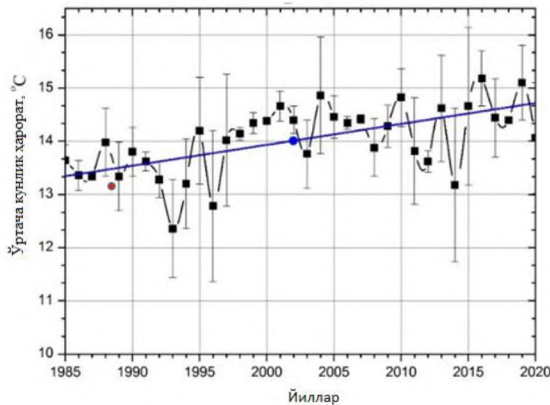
№	Meteostansiyaning xalqaro nomi	Bazaviy harorat, °C					
		18.0	20.0	22.0	24.0	26.0	28.0
1	Chimboy	1841	2199	2587	3005	3455	3940
2	Urganch	1549	1888	2261	2666	3103	3575
3	Toshkent	997	1293	1628	2004	2422	2885
4	Nurota	1232	1556	1917	2313	2751	3233
5	Samarqand	990	1300	1647	2032	2458	2929

Olib borilgan analitik va hisob-kitob tadqiqotlari shuni ko'rsatadiki, bazaviy harorat 20°C bo'lganda hisoblangan SMGS ko'rsatkichi shimoliy hududlarda (Chimboy) 776°C·sutkani tashkil etadi, holbuki [16] manbasida u 412°C·sut, mamlakatning issiqroq hududlarida (Termiz) esa 1296°C·sut bo'lib, [18] manbasida bu qiymat 1000 (947)°C·sutkaga yetmaydi. Bu holat so'nggi o'n yilliklarda kuzatilayotgan iqlim o'zgarishlari bilan bog'liq ravishda amal qilayotgan QMQ, ShNQ va boshqa me'yoriy-texnika hujjatlarni tegishli qismi bo'yicha shoshilinch tartibda qayta ko'rib chiqish zarurligini ko'rsatadi.

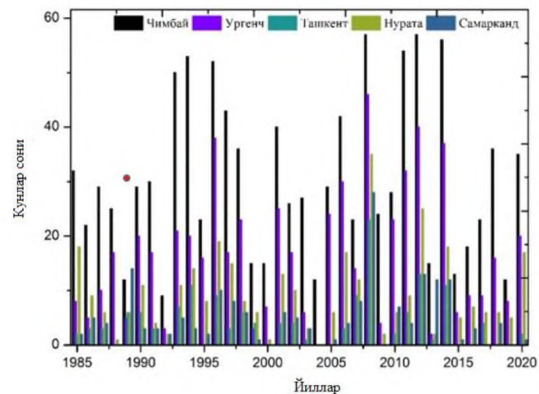
Shuningdek, IMGSga balandlik farqining ta'siri ham aniqlandi. Jumladan, bizning tadqiqotlarimizda dengiz sathidan balandroq nuqtalarda, masalan, Chimgan (1800 m), Pskem (1214 m) va Qamchiq (2145 m)da hisoblangan IMGS mos ravishda 3433°C·sut, 3169°C·sut va 4249°C·sutni tashkil etdi, [16] manbasida esa bu qiymatlar mos ravishda 2286°C·sut, 2522°C·sut va 3059°C·sut bo'lgan.

Shuningdek, mamlakat hududida tashqi havo harorati qiymatlarida aniqlangan o'zgarishlar asosida, O'zbekiston hududida 1985–2020-yillar davri uchun to'plangan arxiv iqlimiy ma'lumotlar tahlili asosida beshta tanlab olingan hudud bo'yicha o'rtacha

kunlik haroratning o'zgarish dinamikasi tadqiq etildi (1-rasm). 1-rasmdan ko'rinib turibdiki, 1985–2020-yillar davrida tanlab olingan beshta hududda o'rtacha kunlik harorat o'rtacha 13,2°C dan 14,82°C gacha ko'tarilgan. Shuningdek, olingan ma'lumotlar asosida, mamlakatning 5 ta tanlab olingan hududida yilning sovuq davrida –10°C dan past bo'lgan kunlar soni aniqlandi (2-rasm).



1-rasm. 1985–2020-yillar davrida O'zbekiston hududi bo'yicha to'plangan arxiv iqlimiy ma'lumotlar tahlili orqali mamlakatning beshta tanlab olingan hududida o'rtacha kunlik haroratning o'zgarish dinamikasi.



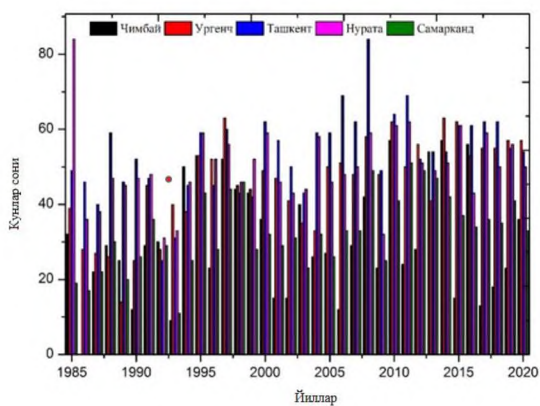
2-rasm. 1985–2020-yillar davrida to'plangan arxiv iqlimiy ma'lumotlar tahlili asosida mamlakatning beshta tanlab olingan hududida (Chimboy, Urganch, Toshkent, Nurata, Samarqand) tashqi havo harorati – 10°C dan past bo'lgan kunlar soni.

2-rasmdan ko'rinib turibdiki, tashqi havoning o'rtacha kunlik harorati – 10°C dan past bo'lgan kunlar soni global iqlim o'zgarishlari munosabati bilan so'nggi vaqtlarda sezilarli kamaygan. Masalan, 2008-yili Xorazm viloyati (Urganch) va Qoraqalpog'iston (Chimboy)da bunday kunlar soni taxminan 50 ta bo'lgan bo'lsa, nisbatan issiq yillarda (2009, 2015, 2019-y.) ular 20 tagacha qisqargan, janubiy hududlarda esa masalan, Navoiy viloyati (Nurota)da 2015–2019-yillarda bunday kunlar soni 3 tagacha kamaygan.

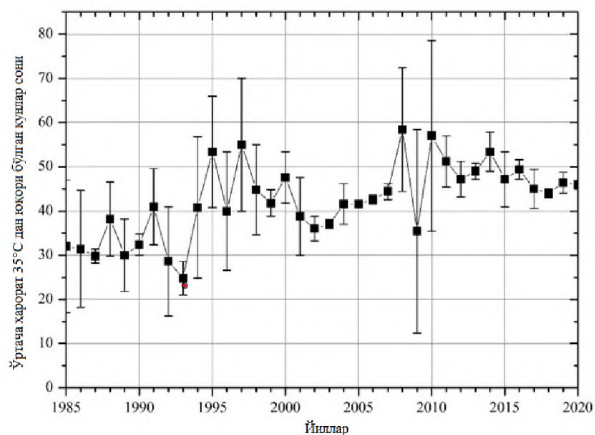
Shuningdek, 1985–2020-yillar davrida respublikadagi beshta tanlab olingan hududda tashqi havo harorati +35°C dan yuqori bo'lgan kunlar soni tahlil qilindi (3-rasm). Rasm 3 dan ko'rinib turibdiki, so'nggi vaqtlarda barcha beshta tanlab olingan hududda tashqi havo harorati +35°C dan yuqori bo'lgan holatlar tez-tez kuzatilmoqda. Masalan, 1985-yili shimoliyroq hududlarda (Urganch) tashqi havo harorati +35°C dan yuqori bo'lgan kunlar soni 33 ta bo'lgan bo'lsa, 2020-yili bu ko'rsatkich 57 taga yetgan.

Ushbu tadqiqotlar asosida mualliflar tomonidan O'zbekistonning beshta tanlab olingan hududida so'nggi 35 yilda tashqi havo harorati +35°C dan yuqori bo'lgan kunlar sonining o'zgarish dinamikasi o'rganildi (4-rasm), bunda o'rtacha ko'rsatkichdan farq darajasi aniqlandi.

4-rasm shuni ko'rsatadiki, so'nggi yillarda tashqi havo harorati +35°C dan yuqori bo'lgan kunlar sonidagi farq kamroq kuzatilmoqda, holbuki 1994–1997 va 2008–2011-yillarda bu farq nisbatan katta qiymatga ega bo'lgan (4-rasm), bu esa respublikada tashqi havo haroratining o'rtacha oshganligidan dalolat beradi.



3-rasm. Mamlakatning beshta tanlab olingan hududida (Chimboy, Urganch, Toshkent, Nurata, Samarqand) 1985–2020-yillar davrida to‘plangan arxiv iqlimiy ma’lumotlar tahlili asosida tashqi havo harorati +35°C dan yuqori bo‘lgan kunlar soni.



4-rasm. 1985–2020-yillar davrida O‘zbekistonning beshta tanlab olingan hududida tashqi havo harorati +35°C dan yuqori bo‘lgan kunlar sonining o‘zgarish dinamikasi, o‘rtacha ko‘rsatkichdan farq darajasi asosida.

Olingan ma’lumotlar asosida asosiy to‘siq konstruksiyalari uchun talab etiladigan issiqlik o‘tkazmaslik qarshiligining hisobiy qiymatlari aniqlandi, ularning qiymatlari 4-jadvalda keltirilgan. Ushbu qiymatlar yuqorida keltirilgan ma’lumotlar asosida O‘zbekistonning uchta xarakterli iqlimiy zonasi uchun isitish mavsumi gradus-sutkasi asosida hisoblab chiqildi:

- **Janubiy zona (masalan – Termiz sh.)** qishda (HDD taxminan 600°C·sut).
- **Markaziy zona (masalan – Toshkent sh.)** o‘rtacha sovuq qishda (HDD taxminan 2400°C·sut).
- **Shimoliy zona (masalan – Qoraqalpog‘iston Resp., Nukus sh.)** qattiq qishda (HDD taxminan 2600–3000°C·sut).

Shimoliy zona uchun mamlakatdagi HDDning maksimal qiymatlariga yaqin ko‘rsatkichlar, markaziy zona uchun – o‘rtacha, janubiy zona uchun esa – minimal ko‘rsatkichlar olindi. Hisob-kitoblarda binolar +18...20°C gacha isitiladi (me’yoriy ichki harorat) deb hisoblandi, tashqi to‘siq konstruksiyalari esa katta issiqlik inersiyasiga ega oddiy (yengillashtirilmagan) devorlarga tegishli deb qabul qilindi.

4-jadval

O‘zbekiston Respublikasining turli iqlimiy hududlarida to‘siq konstruksiyalarining talab etiladigan issiqlik o‘tkazmaslik qarshiligi (hisob QMQ 2.01.04 va SNIIP II-3-79* bo‘yicha)

Hudud	Gradus-sutka, °C·sut	Devor, kerakli R, m ² ·°C/Vt	Tom, kerakli R, m ² ·°C/Vt	Pol (podval/grunt ustidan), kerakli R, m ² ·°C/Vt	Oyna, kerakli R, m ² ·°C/Vt
Janubiy (Termiz)	≈600	1,0	1,6	1,4	0,30
Markaziy (Toshkent)	~2400–2500	1,2	1,9	1,7	0,35
Shimoliy (Nukus)	~2600–3000	1,4	2,3	2,0	0,40

4-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, iqlimiy yuklama (HDD) ortishi talab etiladigan issiqlik uzatishga qarshilik qiymatini sezilarli darajada oshiradi. Masalan, sovuq qishli shimoliy hududlarda devorlar uchun talab etiladigan R taxminan $1,4 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{Vt}$ ni tashkil etadi, bu esa issiq janubiy hududlarga ($\approx 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{Vt}$) nisbatan 40 % ga yuqori. Xuddi shunday, tom va chordoq to‘sinlari uchun janub bilan shimol o‘rtasidagi farq taxminan $0,7 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{Vt}$ ni tashkil etadi (ya’ni shimolda tom uchun taxminan 40–50% ko‘proq izolyatsiya talab etiladi). Polga (sovuq podval yoki grunt ustidan) qo‘yiladigan talablar $1,4$ dan $2,0 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{Vt}$ gacha o‘zgaradi. Shuni ham qayd etish lozimki, hatto eng yumshoq sharoitlarda (janub) devorlar uchun minimal yo‘l qo‘yiladigan R $\sim 1,0$ dan pastga, oyna uchun esa $\sim 0,30 \text{ m}^2 \cdot \text{°C}/\text{Vt}$ dan pastga tushmaydi, bu esa amalda hatto issiq hududlarda ham **ikki qavatli oyna** qo‘llashni ko‘rsatadi.

Shuni ta’kidlash lozimki, O‘zbekiston Respublikasining zamonaviy me’yorlarida talablar kuchaytirilgan. 2011-yilgi ma’lumotlarga ko‘ra, yangi ijtimoiy binolar uchun II darajali issiqlik himoyasi majburiy tarzda joriy etilgan: hisobiy tashqi harorati -20°C bo‘lgan hududlar (mamlakatning shimoli) uchun tashqi devorlar uchun minimal R taxminan $1,8 (\text{m}^2 \cdot \text{°C})/\text{Vt}$, qishda harorat -15°C bo‘lgan hududlar (janub) uchun esa taxminan $1,5 (\text{m}^2 \cdot \text{°C})/\text{Vt}$. Ushbu ishda esa oldingi me’yorlar asosida biroz ehtiyotkorroq baholar (4-Jadval) qabul qilingan, biroq talab etiladigan issiqlik himoyasi darajasining oshib borishi tendensiyasi yaqqol ko‘rinib turibdi.

Olingan R qiymatlari asosida ushbu qarshiliklarni ta’minlash uchun zarur bo‘lgan taxminiy issiqlik izolyatsiyasi qatlamining qalinliklari aniqlandi. Misol tariqasida keng qo‘llaniladigan ikki xil izolyatsiya materiali ko‘rib chiqildi: *mineral yun plitalari (minvata)* va *penopolistirol (PPS)*. Natijalar 5-jadvalda **tashqi devorlar va chordoq to‘sinlari (tom)** uchun keltirilgan, chunki eng katta issiqlik yo‘qotishlar aynan shu to‘siqlar orqali sodir bo‘ladi va ular uchun odatda alohida izolyatsiya qatlami talab etiladi.

Qalinliklar minvataning issiqlik o‘tkazuvchanligi $0,04 \text{ Vt}/(\text{m} \cdot \text{°C})$, penopolistirol-niki esa $0,035 \text{ Vt}/(\text{m} \cdot \text{°C})$ dan kelib chiqib hisoblangan.

5-jadval

Hudud va materialga qarab, tipik bino devorlari va tomi uchun tavsiya etiladigan issiqlik izolyatsiyasi qatlamining qalinligi (sm).

Hudud	Devor: minvata, sm	Devor: penopolistirol, sm	Tom: minvata, sm	Tom: penopolistirol, sm
Janubiy (Termiz)	4–5sm	4 sm	6–7sm	5–6sm
Markaziy (Toshkent)	5–6sm	4–5 sm	8–10sm	7–8sm
Shimoliy (Nukus)	6–7sm	5–6 sm	10–12sm	9–10sm

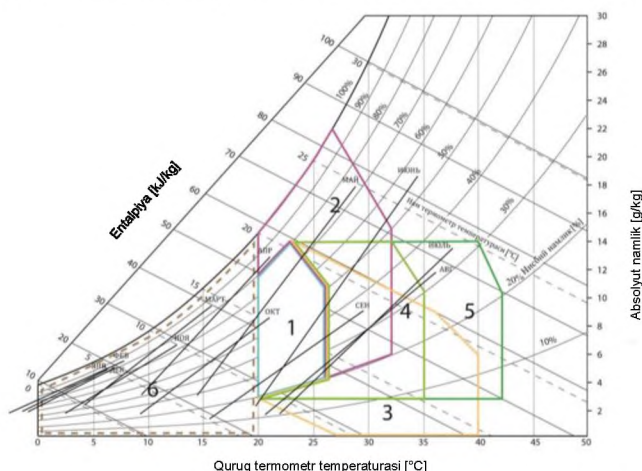
Ko‘rinib turibdiki, hatto eng yumshoq iqlimda ham devorlar uchun **kamida 4 sm** samarali issiqlik izolyatsiyasi talab etiladi (masalan, suvash uchun mo‘ljallangan mineral yun plitalari) – bu minimal daraja bo‘lib, taxminan bitta standart izolyatsiya plitaga teng. Markaziy viloyatlarda (Toshkent va boshqalar) me’yoriy R ni ta’minlash uchun devorlarda taxminan **5–6 sm** izolyatsiya talab qilinadi (bu 50–60 mm plitali ilova fasad yoki ikki qatlamli suvagich izolyatsiya tizimi bilan amalga oshiriladi). Sovuq shimoliy hududlarda esa devor izolyatsiyasi qalinligi **kamida 6–7 sm** bo‘lishi

lozim (ya'ni 50 mm dan ikki qatlam yoki zamonaviy fasad konstruksiyasida taxminan 70 mm bitta qatlam).

Dissertatsiyaning uchinchi bobi “**Binolarni isitish, sovitish va ventilyatsiya tizimlarida QTEMni sonli modellash metodikasi**”da Jovanni bioklimatik diagrammasi qo'llash imkoniyatlari baholangan — u tashqi havо harorati va nisbiy namlik o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni vizuallashtirish uchun eng ko'p e'tirof etilgan vositalardan biri bo'lib, optimal passiv arxitekturaviy strategiyalarni tanlashga yordam beradi.

Jovanni diagrammasi **olti asosiy zonalarga** bo'lingan bo'lib, ularning har biri binolar ichidagi **mikroiqlimni passiv tarzda tartibga solishning** muayyan strategiyasiga mos keladi. Bu zonalar insonning atrof-muhit parametrlariga fiziologik reaksiyalari bo'yicha empirik tadqiqotlar hamda issiqlik komfortni eksperimental modellash asosida klimatik sharoitlarni faol muhandislik tizimlarisiz — masalan, konditsionerlar yoki an'anaviy isitishsiz — issiqlik komfortga erishish imkoniyatiga qarab vizual tarzda tasniflash imkonini beradi.

Tadqiqot doirasida 2000–2023-yillar meteoma'lumotlari asosida O'zbekistonning 12 hududi bo'yicha Jovanni diagrammasi yordamida (tashqi parametrlarni komfort zonalar va passiv strategiyalar bo'yicha ajratadi: tabiiy ventilyatsiya, to'siqlarning yuqori issiqlik sig'imi, bug'lanishli sovitish, passiv quyosh isitish) aniqlandiki, tashqi havoning tabiiy-komfort sharoiti faqat cheklangan vaqt oraliqlarida (asosan bahor va kuzda) kuzatiladi, yozgi issiq va quruq davr 4–5 oygacha davom etadi va sovitish talab qilinadi, qishda esa (3–5 oy) isitish zarur bo'ladi. Passiv usullar yilning sezilarli qismda komfortni ta'minlay oladi: masalan, yozda kechki shamollatish va adiabatik bug'lanishli sovitish kombinatsiyasi konditsionerlarga ehtiyojni sezilarli kamaytiradi, qishda esa quyosh issiqligi tushishi issiqlik yuklamasining 20–30% gacha qoplaydi. Biroq hech qaysi hududda aktiv tizimlardan to'liq voz kechish mumkin emas, shu bois eng maqbul yo'l – gibrud yondashuv hisoblanadi. Ishning amaliy ahamiyati shundaki, u iqlimga yo'naltirilgan dizayn bo'yicha tavsiyalarni ishlab chiqishdan iborat: har bir hududning passiv salohiyatidan maksimal darajada foydalanish va qulay mikroklimatni minimal energetik xarajatlar bilan ta'minlash uchun qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan faol tizimlarni integratsiya qilish.



5-rasm. Toshkent viloyatining bioklimatik diagrammasi.

Natijalar shuni ko'rsatadiki, Tyan-Shan tog'lari etaklarida joylashgan Toshkent iqlimiga issiq yoz (harorat ko'pincha +40°C gacha yetadi) va sovuq qorli qish xos.

Diagramma natijalari, bahor va kuzning qisqa davrlaridan tashqari yilning katta qismida iqlimni tartibga solish talab etilishi aniqlangan: yozda nuqtalarning ko‘pchiligi tabiiy ventilyatsiya va bug‘lanishli sovitish zonalariga to‘g‘ri keladi (issiq va nisbatan quruq havo sharoitiga bog‘liq ravishda), qishda esa passiv quyosh isitish zonalariga yoki undan pastga tushadi, ya‘ni faol isitish talab etiladi. Bu esa ushbu hudud uchun yozgi davrda passiv sovitish (soya berish, ventilyatsiya) hamda qishda quyosh issiqligi tushishidan foydalanish muhimligini ta‘kidlaydi, ammo ekstremal issiq yoki sovuq kunlarda aktiv tizimlarsiz iloji yo‘q.

Jovanni diagrammasi yordamida passiv tizimlarni qo‘llash bo‘yicha amalga oshirilgan sonli baholash natijasida, ekstremal iqlimiy sharoitlar davrida, ayniqsa eng qattiq iqlimiy parametrlarga ega hududlarda, termik komfortni ta‘minlash uchun qayta tiklanuvchi energiya manbalariga asoslangan faol isitish va sovitish tizimlarini qo‘llash zarurligi aniqlandi. Shu munosabat bilan, iqlimiy ma‘lumotlarni sonli modellash natijalarini passiv va faol strategiyalardan foydalanish bo‘yicha tavsiyalar bilan integratsiya qiluvchi energiya samarador binolarni loyihalash metodikasi taklif etildi, bu esa komfort, energiya samaradorligi va ekologik barqarorlik o‘rtasida optimal muvozanatni ta‘minlaydi.

Dissertatsiyaning **“QTEM bilan integratsiya qilingan issiqlik nasosli issiqlik va sovuqlik ta‘minoti tizimlarini qo‘llash asoslari”** deb nomlangan to‘rtinchi bobida Issiqlik nasoslaridan foydalangan holda kombinatsiyalashgan issiqlik ta‘minoti tizimlarini loyihalashni tartibga soluvchi amaldagi me‘yoriy hujjatlarning kompleks tahlili, xalqaro va mintaqaviy standartlarning qiyosiy sharhi, ularning O‘zbekiston Respublikasi shart-sharoitlarini hisobga olgan holda qo‘llanish imkoniyatlari baholandi, shuningdek kombinatsiyalashgan issiqlik nasosli tizim uchun hisob usullari bo‘yicha yangi milliy standartning tuzilishi va mazmuniga oid takliflar shakllantirildi.

Ma‘lumki, issiqlik nasoslari bilan kombinatsiyalashgan issiqlik ta‘minoti tizimini loyihalash bir qator asosiy muhandislik hisoblariga tayanadi, ular quyidagilarni o‘z ichiga oladi: binolarning issiqlik yuklamasini aniqlash, Issiqlik nasoslari va yordamchi manbalarni tanlash, tizimning energetik samaradorligini baholash (COP, SPF va boshqalar), shuningdek zarur hollarda quyosh kollektorlari va issiqlik akkumulyatorlarini (IA) integratsiya qilish hisoblari. ***Hisoblash metodologiyasining asosiy bosqichlari va samaradorlik ko‘rsatkichlari quyidagilardan iborat:***

1. Birinchi qadamda hisobiy qish sharoitlarida binolarni isitish uchun talab etiladigan issiqlik quvvati aniqlanadi. Amaliyotda ikki yondashuv qo‘llaniladi: *Aniq ko‘rsatkichlar usuli; Issiqlik-texnika balansi usuli (SP/SNiP bo‘yicha).*

2. Talab etiladigan maksimal issiqlik yuklamini bilib, loyihachi zarur issiqlik nasosining issiqlik quvvatini (Q_{HP}) va yuklamani qoplash sxemasini belgilaydi. Variantlar:

Monovalent (to‘liq qoplash): TN binolarning hisobiy yuklamini eng sovuq sharoitlarda to‘liq qoplaydigan quvvatda tanlanadi (odatda $Q_{HP} \geq Q_{otop}$, ba‘zan kichik zaxira bilan).

Bivalent sxema: sovuq iqlim sharoitlarida yoki kapital xarajatlarni kamaytirish maqsadida TNni qo‘shimcha pik issiqlik manbai bilan birga qo‘llash iqtisodiy jihatdan maqbul bo‘ladi.

3. Issiqlik nasoslaridan foydalanish iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiqligini baholash uchun samaradorlik ko'rsatkichlari hisoblanadi. COP harorat funksiyasi hisoblanib, past potentsialli manbaning harorati qanchalik yuqori va isitish tizimiga beriladigan harorat qanchalik past bo'lsa, COP shunchalik yuqori bo'ladi.

4. Kombinatsiyalangan tizimlar samaradorlikni va qayta tiklanuvchi energiya ulushini oshirish uchun issiqlik akkumulyatorlari va quyosh kollektorlarini o'z ichiga olishi mumkin. Issiqlik akkumulyatorini hisob-kitobi odatda issiqlik nasosining barqaror ishini ta'minlash (o'zgaruvchan yuklamalarda tez-tez yoqilib-o'chib turishni oldini olish) va ortiqcha issiqlikni yig'ish uchun amalga oshiriladi.

5. Kombinatsiyalangan tizimning samaradorligini to'liq asoslash uchun yillik energiya balansi aniqlanadi, u issiqlik yuklamining qaysi qismi qayta tiklanuvchi energiya hisobiga (issiqlik nasosi, quyosh kollektori), qaysi qismi esa qayta tiklanmaydigan manbalar (elektr qozon, tarmoq) hisobiga qoplanishini ko'rsatadi. Balans energiya samaradorligi va yoqilg'i tejami bilan bog'liq maqsadli ko'rsatkichlar bilan taqqoslanadi.

Taklif etilgan ilmiy asoslangan yondashuv ijtimoiy obyektlarda kombinatsiyalangan issiqlik ta'minoti tizimining ishonchli va iqtisodiy samarali ishlashini ta'minlaydi. Yuqorida bayon etilganlar asosida hamda Issiqlik nasoslari, quyosh kollektorlari, FES va rezerv manbalari bilan kombinatsiyalangan issiqlik ta'minoti tizimini ishlab chiqish va asosiy parametrlarini hisoblash bo'yicha mavjud tajribalarni umumlashtirgan holda, 6-jadvalda tizimning asosiy parametrlarini hisoblash algoritmi va yondashuvlari keltirilgan.

Kombinatsiyalangan issiqlik nasosli issiqlik ta'minoti tizimi uchun asosiy hisoblash usullari

Hisob aspekti	Formulalar va izohlar	Hisoblash misoli
1. Binolarning issiqlik yuklamasi (isitish uchun hisobiy quvvat)	<p>Aniq ko'rsatkichlar usuli: binolarning aniq issiqlik xarakteri q_0 ($Vt/m^3 \cdot ^\circ C$ yoki $Vt/m^2 \cdot ^\circ C$) qo'llaniladi. Hisobiy soatlik yuklama:</p> $Q_{maks} = q_0 \cdot V \cdot (t_{ichki} - t_{tashqi})$ <p>bu yerda V – binolarning isitiladigan hajmi, t_{ichki} – hisobiy ichki harorat (masalan, $+20^\circ C$), t_{tashqi} – hisobiy tashqi harorat (masalan, Toshkent uchun $-15^\circ C$). q_0 qiymatlari analoglar yoki me'yorlardan olinadi: yaxshi izolyatsiyalangan binolar uchun taxminan $0,15 Vt/m^3 \cdot ^\circ C$ (bu $\sim 40-50 Vt/m^2$ ga teng). 10–20% zaxira qo'shiladi.</p> <p>SP/SNiP bo'yicha usul: aniqroq issiqlik balansi: $Q_{maks} = \sum(U_i \cdot A_i) \cdot (t_{ichki} - t_{tashqi}) + Q_{inf}$, bu yerda U_i – i-to'siqning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, A_i – uning maydoni, Q_{inf} – infiltratsiya yo'qotishlari (havo almashinuvi ko'rsatkichi yoki ventilyatsiya isitishidagi issiqlik kiritimlari bo'yicha aniqlanadi). Bu usul ISO 12831 va milliy me'yorlarga mos keladi hamda issiqlik yo'qotishning barcha yo'llarini hisobga oladi.</p>	<p>Misol 1: Maktab hajmi $V = 5000 m^3$ tashqi harorat $t_n = -15^\circ C$. Agar $q_0 = 0,17 Vt/m^3 \cdot ^\circ C$ (izolyatsiyalangan bino uchun xos qiymat) va $t_{ichki} = +20^\circ C$:</p> $Q_{maks} = 0,17 \cdot 5000 \cdot (20 - (-15)) = 0,17 \cdot 5000 \cdot 35 = 29750 \text{ Bt.}$ <p>15% zaxira bilan – taxminan 34 kVt isitish talab qilinadi.</p> <p>Misol 2: Bog'cha hajmi $200 m^2$, $U_{o,r} = 0,5 Vt/m^2 \cdot ^\circ C$, $A_{to'siq} = 750 m^2$, infiltratsiya $\sim 1 ACH$. Agar $\Delta T = 40^\circ C$:</p> $Q_{orp} = U_{cp} \cdot A_{orp} \cdot \Delta T$ $Q_{to'siq} = 0,5 \cdot 750 \cdot 40 = 15000 \text{ Vt,}$ <p>Infiltratsiya yo'qotishlari: $Q_{inf} \approx 5000 \text{ Vt.}$</p> <p>Jami issiqlik yo'qotishlari:</p> $Q_{maks} = Q_{to'siq} + Q_{inf}$ $Q_{maks} = 15000 + 5000 + 20000 = 20 \text{ kVt}$
2. Issiqlik nasosi talab etiladigan quvvati (tizim uchun TN tanlash)	<p>To'liq qoplash: agar issiqlik nasosi asosiy issiqlik manbai bo'lsa, uning issiqlik quvvati Q_{HP} hisobiy yuklama Q_{maks} ga teng qilib (yoki zaxira uchun biroz yuqoriroq) tanlanadi. Bivalent sxema: sovuq iqlimda ko'pincha iqtisodiy jihatdan pik yuklamani qisman rezerv manba (elektr qozon, gaz qozoni) bilan qoplash maqbul. Bu holda "bivalentlik nuqtasi" – tashqi havo harorati t_{biv} aniqlanadi, shu nuqtadan pastda rezerv manba ishga tushadi. Issiqlik nasosi t_{biv} dagi yuklamaga mos qilib tanlanadi (masalan, Q_{maks} ning $\sim 70-80\%$). Issiq suv ta'minoti agar issiqlik nasosi suvni ham isitsa, IST uchun talab quvvat qo'shiladi (yoki IN ISTga ustuvor tarzda ishlaydi).</p>	<p>Namuna: Maktab uchun hisobiy talab quvvati 34 kVt (oldingi namunadan). Tanlangan sxema: issiqlik nasosi – 24 kVt + elektr qozon – 10 kVt. Tashqi havo harorati $-5^\circ C$ dan yuqorida bo'lganda IN butun yuklamani qoplaydi; $-15^\circ C$ gacha past bo'lganda elektr qozon yordamga qo'shib, qolgan $\sim 30\%$ ni ta'minlaydi. Bunday taqsimot INning talab quvvatini (va qiymatini) kamaytiradi, zaxira elektr isitgich esa pik yuklamalarni qoplaydi.</p>

<p>3. Koeffitsiyent COP va mavsumiy SPF (issiqlik nasosining samaradorligi)</p>	<p>Coefficient of Performance (COP) – issiqlik nasosining ayrim shartlardagi preobrazlash koeffitsiyenti:</p> $COP = \frac{Q_{issiq}}{W_{el}}$ <p>(ishlab chiqarilgan issiqlikning iste'mol qilingan elektr energiyasiga nisbati). COP manba harorati va iste'molchi haroratiga bog'liq: manba harorati qancha yuqori va talab etiladigan chiqish harorati qancha past bo'lsa, COP shuncha yuqori bo'ladi. Geotermal issiqlik nasoslari uchun COP odatda 3–5 atrofida bo'ladi, havo-havo turida esa –20 °C da 2.0 gacha tushishi mumkin.</p> <p>“Seasonal Performance Factor” (SPF) – mavsumiy (yillik) samaradorlik koeffitsiyenti bo'lib, u mavsum davomidagi COP o'zgarishini hisobga oladi. U quvvatning umumiy issiqlik miqdorining (isitish davri uchun) umumiy elektr energiyasi sarfiga nisbatiga teng:</p> $SPF = \frac{\sum Q_{isit.davri}}{\sum W_{el.davr}}$ <p>YEIda EN 14825 standarti bo'yicha SCOP (Seasonal COP) yaqin ko'rsatkich sifatida qo'llaniladi. Zamonaviy tizimlar uchun SPF = 3–4 (o'rta iqlimda) yaxshi natija hisoblanadi.</p>	<p>Misol: Havo-suv turidagi issiqlik nasosi tashqi havo harorati +7 °C bo'lganda (nominal sharoit) COP = 3.2 qiymatiga ega. Isitish mavsumi davomida COP o'zgarib turadi: sovuq kunlarda COP ≈ 2.0, iliq kunlarda COP ≈ 4.0. Faraz qilaylik, qishda ishlab chiqarilgan issiqlik energiyasining 20%i COP = 2.0, 50%i COP = 3.0 va 30%i COP = 4.0 bo'lgan sharoitda amalga oshdi. U holda:</p> <p>U holda: $SPF = 0.2 \cdot 2.0 + 0.5 \cdot 3.0 + 0.3 \cdot 4.0 = 0.4 + 1.5 + 1.2 = 3.1$.</p> <p>Bu shuni anglatadiki, o'rtacha hisobda har bir 1 kVt·soat elektr energiyasiga 3.1 kVt·soat issiqlik energiyasi olinadi.</p>
<p>4. Bufer baki va issiqlik akkumulyatorlari (IN ishini barqarorlashtirish)</p>	<p>Bufer baki issiqlik nasosi (TN) va isitish tizimi orasiga qo'yiladi, maqsadi — issiqlik zaxirasini to'plash va kompressorning tez-tez ishga tushishi/o'chishining oldini olish (bu holat TN resursini kamaytiradi va samaradorligini pasaytiradi). Baking hajmi V quyidagi shart asosida aniqlanadi: kompressorning minimal ish vaqti t_{min} ta'minlanishi kerak, hatto minimal yuklamada ham. Misol uchun:</p> $V = \frac{t_{min} \cdot (Q_{HP} - Q_{min})}{\rho \cdot c \cdot \Delta T}$ <p>bu yerda: Q_{HP} – issiqlik nasosining quvvati,</p>	<p>Misol: Issiqlik nasosi 20 kVt, minimal yuklama darajasi 5 kVt (kichik isitish konturi), kompressorning minimal ish vaqti 10 daqiqa, $\Delta T=10^{\circ}C$. U holda bufer hajmi:</p> $V = \frac{600(20-5)}{4200 \cdot 1000 \cdot 10} \approx 0,214 \text{ m}^3, \text{ ya'ni } \sim 214 \text{ litr. Eng yaqin standart hajm — 200 yoki 250 litr.}$ <p>100 bolaga mo'ljallangan bog'channing GVS tizimi uchun: agar norma sifatida har bir bolaga soatda taxminan 5 litr suv belgilansa va 2 soatlik pik suv sarfini qoplash talab etilsa, u holda GVS akkumulyator baki taxminan 1000 litr bo'lishi kerak (suv 40°C dan 60°C gacha qizdirilishi hisobga olingan holda).</p>

	<p>Q_{\min} – tizimning minimal issiqlik yuklashi (ayrim konturlar yopilganda), ΔT – bakdagi suvning ruxsat etilgan harorat farqi ($^{\circ}\text{C}$), $\rho \cdot c$ – suvning issiqlik sig‘imi ($\sim 4,2 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^{\circ}\text{C})$).</p> <p>IST (issiq suv ta‘minoti) uchun akkumulyator baki issiq suvni saqlash maqsadida qo‘llaniladi. Hajm hisob-kitoblari IST sarfiga qarab aniqlanadi (formulalar SP 30.13330 da berilgan, masalan, sutkalik zaxira uchun). Suv 60°C dan yuqori haroratgacha qizdirilishi shart — bu pnevmoniya chaqiruvchi xavfli bakteriyalar (<i>legionella</i>) profilaktikasi uchun talab qilinadi.</p>	
<p>5. Quyosh kollektorlari maydoni (isitish/ISTni qo‘llab-quvvatlash uchun)</p>	<p>Quyosh kollektorlarining zarur umumiy maydoni S_{Σ} energiya balansi asosida aniqlanadi:</p> $Q_{\text{quyosh}} = S_{\Sigma} \cdot G \cdot \eta$ <p>bu yerda: Q_{quyosh} – muayyan davrda quyoshdan talab qilinadigan issiqlik miqdori (masalan, isitish mavsumi yoki bir kun uchun), G – shu davrda 1 m^2 ga to‘g‘ri keladigan o‘rtacha umumiy quyosh radiatsiyasi, η – geliotizimning samaradorlik koeffitsiyenti (kollektorning FIKi, yo‘qotishlar va foydalanish koeffitsiyentini hisobga oladi). Shundan:</p> $S_{\Sigma} = \frac{Q_{\text{quyosh}}}{G \cdot \eta}$ <p>Keyin kollektorlar soni hisoblanadi:</p> $n = \frac{S_{\Sigma}}{S_1}$ <p>bu yerda S – bir modulning maydoni. Hisoblarda havo-ob havo ma‘lumotlari (oylik insolatsiya) olinadi va mavsum bo‘yicha yig‘iladi, yoki soddalashtirilgan usullar (f-chart, quyosh qoplamasi ulushi usuli) qo‘llaniladi.</p>	<p>Misol: Sport zalining yillik issiqlik ehtiyojining 30% ni quyosh kollektorlari bilan qoplash talab qilinadi, bu $Q_{\text{quyosh}} = 6000 \text{ kVt} \cdot \text{s}/\text{yil}$ ga teng. Berilgan hudud uchun yillik umumiy insolatsiya $G \approx 1400 \text{ kVt} \cdot \text{s}/\text{m}^2$, tizimning o‘rtacha FIKi $\eta \approx 0,5$ (50%).</p> <p>$S_{\Sigma} = \frac{6000}{1400 \cdot 0,5} \approx 8,5 \text{ m}^2$. Agar tanlangan tekis kollektor maydoni 2 m^2 bo‘lsa, unda:</p> $n \approx \frac{8,57}{2} \approx 4,3$ <p>ya‘ni 2 m^2 li 5 ta kollektor o‘rnatiladi (jami 10 m^2), qishki noqulay shartlar uchun kichik zaxira bilan.</p>

<p>6. Energiya balansi va mavsumiy qoplanish</p>	<p>Qo'shma tizim samaradorligini baholash uchun yillik (yoki mavsumiy) issiqlik balansi hisoblanadi: qancha energiyani issiqlik nasosi ta'minlaydi, qanchasini quyosh kollektorlari, va qanchasi zaxira manбайдan talab etiladi.</p> <p>Quyosh tizimi qoplash ulushi quyida aniqlanadi:</p> $f_{quyosh} = \frac{Q_{quyosh}}{Q_{umum.}}$ <p>shu kabi issiqlik nasosi va boshqa manbalar ulushi ham hisoblanadi. Loyihalashda maqsadli ulushlar belgilanadi (masalan, isitishning 20–30% quyosh hissasi, qolgani IN hissasi), va har oyda talab qondirilishini tekshiriladi.</p> <p>Shuningdek, yoqilg'i/energiya tejalishi hisoblanadi: masalan, IN+Quyosh ishi tufayli qancha gaz tejaladi. Muhimi, eng sovuq oylarda IN + zaxiraning umumiy quvvati talabni qoplashi kerak, o'tish oylarida esa quyoshdan ortiqcha energiya akkumulyatsiya qilinishi (yoki INning bir qismi o'chirilishi) mumkin.</p>	<p>Misol: Ma'muriy binoning yillik issiqlik ehtiyoji 100 MVt·s. Rejalashtirilgan taqsimot: 30 MVt·s quyosh tizimi, 60 MVt·s issiqlik nasosi, va 10 MVt·s elektr qozig'i-zaxira. Oylar bo'yicha hisob natijalari: dekabr-yanvarda quyosh qoplanishi atigi 5% (insolyatsiya past), issiqlik nasosi ~70%, qolgan 25% — elektr qozig'i. Yozda ortiqcha quyosh energiyasi GVS uchun va yerni qayta zaryadlashga yo'naltiriladi (geotermal TN uchun), shu orqali yillik issiqlik ehtiyojining taxminan 90% qayta tiklanuvchi manbalar hisobiga qoplanadi.</p>
<p>7. Soddalashtirilgan ekspress-usullar baholash</p>	<p>Qo'shma tizim samaradorligini dastlabki baholash uchun yiriklashtirilgan ko'rsatkichlar qo'llaniladi:– Isitish uchun yillik vazn issiqlik sarfi E_{yil} (kVt·ch/m²): naprimer, masalan, standart qurilgan maktab uchun taxminan ~100 kVt·s/m²·yil, zamonaviy issiqlik qoplamalari bilan qoplangan ~50 kVt·ch/m²·yil. Binoning maydoni ma'lum bo'lsa, yillik issiqlik sarfini darhol baholash mumkin.</p> <p>$Q_{yil} = E_{yil} \cdot A$ –Gradus-sutka metodi (HDD):</p> $Q_{yil} = \frac{U_{to'siq} \cdot A \cdot (t_{ichki} - t_{balans}) \cdot HDD}{\eta_{sist.}}$ <p>bu yerda HDD – isitish mavsumining gradus-sutkalari, t_{balans} – balans harorati. Bu usul mavsumiy iste'molni taxminiy hisoblaydi.</p> <p>Ulushlar qoidasi: masalan, 1m² quyosh kollektori O'zbekiston iqlimida o'rtacha yiliga 50–70 Vt isitish yuklamini qoplaydi, 1 kVt issiqlik nasosi esa COP hisobga olinganda 2,5–3 kVt elektr isitishini almashtiradi. Bunday baholar dastlabki bosqichda yordam beradi.</p>	<p>Misol: soddalashtirilgan baholash uchun: maydoni 1000 m² bo'lgan bog'cha, izolyatsiya o'rtacha. Vazn sarf 80 kVt·s/m²·yil deb olamiz, talab 80 000kVt·s/yil issiqlik. Shundan 20% (16 000kVt·s) ni quyosh qoplaydi. Qoidaga ko'ra, 1m² ≈ 350kVt·s/yil bu iqlimda, demak talab ~46 m² kollektor. Qolgan 64 000 kVt·s ni issiqlik nasosi qoplaydi. Agar o'rtacha SPF ≈ 3 bo'lsa, bu taxminan 21 300 kVt·s elektr energiyasiga to'g'ri keladi. Bu esa to'g'ridan-to'g'ri elektr isitishga nisbatan taxminan 70% tejamkorlik beradi.</p>

Ta'kidlash kerakki, sanab o'tilgan hisoblash usullari kompleks tarzda qo'llaniladi: dastlabki bosqichda yuklama va TNdan kutilgan samara (udel ko'rsatkichlar usuli va soddalashtirilgan formulalar) baholanadi, keyin esa me'yoriy hisob (SP/ISO bo'yicha) orqali binoning issiqlik yo'qotishlari aniqlanadi, quvvatiga ko'ra uskunalar tanlanadi, tizimning mavsumiy samaradorligi tekshiriladi, zarurat bo'lsa AT yoki geliotizim loyihaga kiritiladi va yakuniy bosqichda yillik balans tuzilib, energiya tejamkorlik normalariga mosligi nazorat qilinadi.

Bunday ilmiy-asoslangan yondashuv kombinatsiyalangan IN tizimining ishonchli va iqtisodiy jihatdan samarali ishlashini ta'minlaydi. Ta'kidlash kerakki, sanab o'tilgan hisoblash usullari kompleks tarzda qo'llaniladi: dastlabki bosqichda yuklama va INdan kutilgan samara (udel ko'rsatkichlar usuli va soddalashtirilgan formulalar) baholanadi, keyin esa me'yoriy hisob (SP/ISO bo'yicha) orqali binoning issiqlik yo'qotishlari aniqlanadi, quvvatiga ko'ra uskunalar tanlanadi, tizimning mavsumiy samaradorligi tekshiriladi, zarurat bo'lsa IA yoki geliosistema loyihaga kiritiladi, va yakuniy bosqichda yillik balans tuzilib, energiya tejamkorlik normalariga mosligi nazorat qilinadi. Bunday **ilmiy-asoslangan yondashuv** kombinatsiyalangan IN tizimining ishonchli va iqtisodiy jihatdan samarali ishlashini ta'minlaydi.

Beshinchi **“Issiqlik nasoslari va quyosh texnologiyalari asosida binoning issiqlik ta'minoti tizimining energetik va iqtisodiy tahlili”** deb nomlangan bobda Toshkent shahri iqlim sharoitida passiv binolar uchun issiqlik nasoslari va qayta tiklanuvchi energiya manbalari (QTEM) asosida zamonaviy issiqlik ta'minoti tizimlarini qo'llashni asoslashga qaratilgan kompleks eksperimental-hisoblash tadqiqotlari natijalari keltirilgan. Alohida e'tibor binodagi issiqlik yo'qotishlarini aniqlash, jihozlarning optimal parametrlarini tanlash va turli xil issiqlik ta'minoti tizimlarining iqtisodiy va ekologik jihatdan taqqoslama bahosini o'z ichiga olgan detallashgan tahlil va hisob-kitoblarga qaratilgan.

Umumiy samaradorlikni baholash uchun tizim balansi tuziladi: *yil davomida har bir manba qancha issiqlik berishi va ularning qoplash ulushi hisoblanadi — quyosh, issiqlik nasosi*. Passiv bino uchun maqsadli variant – maksimal darajada qayta tiklanuvchi manbalar (IN + quyosh) hissasi va minimal darajada – iskanjali yoqilg'ich yoki tarmoq (rezerv) hissasi hisoblanadi. Quyida Toshkent shahri sharoitidagi maydoni $100 m^2$ bo'lgan passiv bino uchun bunday balans va soddalashtirilgan hisob namunasi keltirilgan.

Obyektning boshlang'ich ma'lumotlari:

Bir qavatli bino, maydoni $100 m^2$ (shartli ravishda $10 \times 10 m$), xonalar balandligi $3 m$ ($V = 300 m^3$). Konstruksiya passiv standartga mos:

devorlar: $U = 0,2 \text{ Wt/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, maydon $\sim 120 m^2$;

tom: $U = 0,15 (100 m^2)$;

pol: $U = 0,2$ (grunt ustida $100 m^2$);

oyna: $U = 0,7$ (umumiy maydon $\sim 20 m^2$, passiv quyosh issiqligi tushishi uchun janubga yo'naltirilgan).

Toshkent uchun hisobiy tashqi harorat -15°C , ichki harorat $+20^\circ\text{C}$, ya'ni $\Delta T = 35^\circ\text{C}$.

Issiqlik yo‘qotishlari va yuklama:

To‘siklar orqali umumiy issiqlik yo‘qotishi:

Devorlar: $120 m^2 \times 0,2 Vt/m^2 \cdot ^\circ C \times 35^\circ C = 840 Vt$

Tom: $100 m^2 \times 0,15 Vt/m^2 \cdot ^\circ C \times 35^\circ C = 525 Vt$

Oynalar: $20 m^2 \times 0,7 Vt/m^2 \cdot ^\circ C \times 35^\circ C = 490 Vt$

Pol: $100 m^2 \times 0,2 Vt/m^2 \cdot ^\circ C \times (\approx 15^\circ C)^* = \sim 300 Vt$ (*gruntga nisbatan harorat nabori kichikroq, taxminiy $15^\circ C$ deb baholangan*)

To‘siqlar orqali umumiy issiqlik yo‘qotishlari: $\approx 2155 Vt$ tashqi harorat $-15^\circ C$ bo‘lganda. Shu bilan birga, infiltratsiya yo‘qotishlari minimal darajaga tushirilgan (passiv bino germetik, majburiy ventilyatsiya rekuperatsiya bilan). Ventilyatsiyadan qoldiq yo‘qotishlar taxminan $300-500 Vt$ ni tashkil qiladi. Zaxira qo‘shilganda, hisobiy talab etiladigan isitish quvvati $\approx 2,5-3,0 kVt$ bo‘ladi, ya’ni bu Q_{max} qiymati hisoblanadi, passiv binoga xos ko‘rsatkich. Bundan tashqari, yillik isitish uchun issiqlik ehtiyoji gradus-kunlar orqali baholanadi: Toshkent uchun (isitish mavsumi taxminan $120-150 sutka$, o‘rtacha $\Delta T \sim 15^\circ C$) $\approx 15 kVt \cdot s/m^2 \cdot yil$, ya’ni butun binoga mavsum davomida $\approx 1500 kVt \cdot s$ isitish zarur bo‘ladi.

IST yuklamasi: Faraz qilaylik, uyda 4 kishi yashaydi, kunlik issiq suv iste’moli $\sim 150 l$ (o‘rtacha tejamkor rejimda) va suv harorati $45^\circ C$. IST uchun yillik energiya ehtiyoji taxminan $\sim 2000 kVt \cdot soat$. Demak, umumiy yillik issiqlik ehtiyoji (isitish + IST) $\approx 3500 kVt \cdot soat$.

Tizim konfiguratsiyasi: havo-issiqlik nasosi tanlanadi, nominal issiqlik quvvati $2,0 kVt$, bu hisoblangan yuklamani 80% qoplash uchun yetarli. Havo harorati $-5^\circ C$ dan yuqori bo‘lganda, u isitishning 100% ni ta’minlay oladi. $-5^\circ C$ dan past haroratlarda esa rezerv yordami kerak bo‘lishi mumkin. Rezerv manbai sifatida elektr TEN $1,5 kVt$ (tizimga yoki boylarga o‘rnatilgan) ko‘zda tutilgan. Quyosh kollektorlari: maydoni $4 m^2$ (masalan, 2 ta panel, har biri $2 m^2$) tomga, 30° qiyalik bilan o‘rnatilgan. Fotoelektr stansiya (FES): quvvati $3 kVt$ (pik), janubga yo‘naltirilgan. Shunday tizim bo‘yicha hisob natijalari quyida jamlangan.

IN samaradorligi: O‘rtacha yillik COP $\sim 3,2$ (mo‘tadil iqlim tufayli SPF $\sim 3,5$) deb hisoblasak, issiqlik nasosi bir yilda $1000 kVt \cdot s$ elektr energiyasidan taxminan $3500 kVt \cdot s$ issiqlik ishlab chiqaradi. Bu deyarli binoning to‘liq ehtiyojiga teng. Biroq bu issiqlik energiyasining ma’lum qismi quyoshdan (kollektorlar orqali) keladi. Shuning uchun amalda issiqlik nasosiga kamroq ishlab chiqarish kerak bo‘ladi.

Quyosh kollektorlarining ishlab chiqarishi: Toshkent shahri sharoitida 30° qiyalikdagi QSK yuzasiga tushadigan yillik insolyatsiya $\approx 1600 kVt \cdot s/m^2$ ni tashkil qiladi. $\eta \approx 0,5$ deb olsak, $4 m^2$ quyosh issiqlik kollektori yiliga taxminan

$Q_{quyosh} \approx 1600 \times 4 \times 0,5 = 3200 kVt \cdot s/yil$ issiqlik energiyasi ishlab chiqara oladi. Bu issiqlikning to‘liq foydalanilishidagi nazariy maksimum.

FES generatsiyasi: $3 kVt$ quyosh panellari yiliga taxminan $4500 kVt \cdot s$ elektr energiyasi ishlab chiqaradi, bu issiqlik nasosi ehtiyoji ($\sim 1000 kVt \cdot s$) va rezerv elektr isitgich ehtiyojlarini (bir necha yuz $kVt \cdot s$) qoplash uchun yetarlicha ham ortiq.

Manbalar bo‘yicha issiqlik balansi. 7-jadvalda Toshkent shahridagi $100 m^2$ passiv bino uchun manbalar kesimida yillik energiya balansi ko‘rsatkichlari (issiqlikda) keltirib o‘tilgan.

7-jadval

Manbalar bo'yicha yillik issiqlik balansi
(100 m² passiv bino misolida, Toshkent sh.)

№	Issiqlik manbai	Yillik ishlab chiqarish	Qoplash ulushi
1	Issiqlik nasosi (havo-suv, SPF ≈ 3,5)	2100 kVt·s issiqlik (600 kVt·s elektr)	60%
2	Quyosh kollektorlari (4 m ²)	1200 kVt·s issiqlik	34%
3	Rezerv elektr isitgich	200 kVt·s issiqlik (200 kVt·s elektr)	6%
	Yillik jami	3500 kVt·s issiqlik	100%

7-jadvaldan Ko'rib turilganidek, qayta tiklanuvchi manbalar (IN va quyosh kollektorlari) issiqlik ehtiyojining taxminan 94% ni qoplaydi. Rezervning ulushi 6% ga tushgan (ya'ni jami ~200 kVt·s, bu esa qishdagi bir nechta sovuq tunlarga to'g'ri keladi). Eng qattiq sovuq oylarda manzara boshqacha: quyoshning ulushi minimal darajaga tushadi, yuklama asosan issiqlik nasosiga va elektr TENiga to'g'ri keladi.

Shu tariqa kombinatsiyalangan tizim yil bo'yi samarali ishlaydi: ko'pchilik vaqtda tekin qayta tiklanuvchi energiyadan foydalanadi, pikaviy hollarda esa tarmoqdan kichkinagina rezerv qo'shiladi. Passiv binodagi oz energiya iste'moli va to'g'ri hisoblangan tizim tufayli yuqori ulushli qayta tiklanuvchi qoplam (biz misolimizda ~90% yillik) va noqulay sharoitlarda ham uzluksiz issiqlik ta'minotiga erishiladi.

Issiqlik ta'minoti tizimlarining iqtisodiy-ekologik solishtirma bahosi: issiqlik nasosi, gaz qozon va elektr qozon. Quyida tadqiqot obyektining boshlang'ich ma'lumotlari va parametrlari keltirilgan:

Obyekt ma'lumotlari va parametrlari:

Maydoni va ehtiyoj: Toshkentdagi 100 m² passiv bino, yillik isitish ehtiyoji ~3500 kVt·s issiqlik.

Solishtiriladigan tizimlar: Issiqlik nasosi SPF ≈ 3,5 (ya'ni 1 kVt·s elektr energiyasiga taxminan 3,5 kVt·s issiqlik). Gaz qozon FIK ≈ 0,90 (90%). Elektr qozon FIK = 1,0 (100%).

Tariflar: Elektr energiyasi narxi: 1000 so'm/kVt·s. Tabiiy gaz narxi: 2000 so'm/m³ (bu taxminan 35 so'm/1 kVt·s issiqlik gazidan).

CO₂ chiqindilarining hajmi: Tabiiy gaz yonishi ~0,2 kg/kVt·s (ya'ni 1 m³ gazga taxminan 2,0 kg CO₂). Elektr tarmog'i (Toshkent) ~0,5 kg/kVt·s., Quyosh fotoelektrik stansiyasi (FES)dan elektr energiyasi – 0 kg/kVt·s (agar butun ehtiyoj quyosh generatsiyasi bilan qoplangan).

Passiv bino uchun issiqlik ta'minoti tizimlarining iqtisodiy-ekologik solishtirma bahosi: *issiqlik nasosli, gazli va elektrli.*

№	Solishtiriladigan tizimlar va energiya manbalari	Kapital xarajatlar bahosi	Yillik isitish xarajatlari (gaz, elektr va h.k.)	Yillik CO ₂ chiqindilari, jami / uddalari
1	Issiqlik nasosi + quyosh panellari (FES) + kollektorlar	30–40 mln so‘m (jihaz va montaj qimmat)	0,15 mln so‘m/yil	0
2	Gaz qozon + gazlashtirish (tarmoqqa ulanish)	3–4 mln so‘m	1,0 mln so‘m/yil	600 kg CO ₂ /yil, yoki 0,22 kg CO ₂ /kVt·s
3	Elektr qozon (minimal qo‘shimcha jihaz bilan)	5–6 mln so‘m	3,5 mln so‘m/yil	1750 kg CO ₂ /yil, yoki 0,5 kg CO ₂ /kVt·s

Shu tariqa, 100m² passiv bino uchun issiqlik nasosi va quyosh qo‘lloviga asoslangan tizim amalda uglerod chiqindilarini yo‘qotadi va har yili deyarli energiya manbalari uchun xarajat talab etmaydi. Gaz tizimining past ekspluatatsion xarajatlari esa tabiiy gazning arzonligi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, elektr energiyasining yuqori narxi va jihozlarga katta kapital sarflari elektr tizimlarining, shu jumladan, VIE asosidagi energiya samarador issiqlik nasosining ham, iqtisodiy jozibadorligini pasaytiradi.

8-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, Toshkent sharoitidagi 100 m² passiv bino uchun “issiqlik nasosi + quyosh panellari va kollektorlar” dan iborat kombinatsiyalangan tizim qayta tiklanuvchi manbalar hisobiga deyarli to‘liq avtonomiya va **uzluksiz issiqlik ta‘minotini** ta‘minlaydi. Moliyaviy jihatdan u o‘rtacha 8–10-yilda o‘zini oqlaydi, chunki elektr isitish bilan solishtirganda energiya resurslari sarfini tejaydi. Bu ko‘rsatkich “yashil” texnologiyalar uchun qabul qilinadigan darajada hisoblanadi. Shuni ham ta‘kidlash lozimki, investitsiya to‘liq qoplangandan keyingi davrda qo‘shimcha tejamkorlik va yoqilg‘i xarajatlarining yo‘qligi passiv bino egasiga katta afzalliklar beradi. **Uskunalarining xizmat muddati** (15–20-yil va undan ko‘p) tizimni ishonchli ekspluatatsiya qilish, sof energiya olish va uzoq muddatli istiqbolda ekspluatatsiya xarajatlarini minimallashtirish imkonini beradi.

XULOSA

O‘tkazilgan tadqiqotlar asosida texnika fanlari doktori (DSc) ilmiy darajasini olish uchun taqdim etilgan dissertatsiyada quyidagi asosiy natijalar olindi:

1. O‘zbekiston Respublikasining janubiy hududlarida normativ energiya samaradorligini ta‘minlash uchun to‘sovchi konstruksiyalarning issiqlik o‘tkazmaslik qarshiligi $R \approx 1,0 \text{ m}^2 \cdot \text{C}/\text{Vt}$ (taxminan 5 sm izolyatsiya) yetarli hisoblanishi, shu bilan birga, shimoliy va kontinental hududlarda $R \geq 1,4 \text{ m}^2 \cdot \text{C}/\text{Vt}$ qiymatlari (7–10 sm izolyatsiya) talab qilinishi, Ushbu parametrlarni qurilish amaliyotida joriy etish eng sovuq hududlarda binolarning issiqlik yo‘qotishini minimal talablarga nisbatan 20–30% ga kamaytirish imkonini berishi asoslandi.

2. Binolarning optimal yo‘nalishi, quyoshdan himoya usullari va to‘sovchi konstruksiyalarning issiqlik inersiyasidan foydalanish hisobidan xonalarda tabiiy qulay shart-sharoitlarni aktiv tizimlarsiz yiliga 40% gacha vaqt davomida ta‘minlash mumkinligi ko‘rsatildi, ayniqsa mavsumlar orasidagi davrlarda. Qish faslida passiv

quyosh isitish usuli binolarning umumiy issiqlik yukining $1/3 - 2/5$ (30–40%) qismini qoplay oladi, bu esa isitish uchun sarflanadigan yoqilg‘i miqdorini shunchaga kamayishiga teng.

3. Jovanni bioklimatik diagrammasidan foydalanish orqali havo harorati va namlikning komfortli uyg‘unlik sohalari, shuningdek turli passiv strategiyalar binoda komfortni ta‘minlashi yoki tiklashi mumkin bo‘lgan zonalarini aniqlash uchun hisoblash modellashtirishi amalga oshirildi. 2000–2024-yillar davri uchun O‘zbekiston Respublikasining 12 hududi bo‘yicha iqlimiy ma‘lumotlar asosida: Jovanni diagrammasi zonalariga ko‘ra havo sharoitlarining taqsimlanishini tahlil qilish yilning qaysi davrlarida komfortni passiv vositalar bilan ta‘minlash mumkinligi va qaysi holatlarda aktiv isitish, sovitish yoki ventilyatsiya tizimlari talab qilinishi kerakligini aniqlash imkonini berdi. Natijada aniqlandiki, yoz faslida tungi vaqtda tabiiy ventilyatsiya va adiabatik sovitish (havoni namlantirish) kombinatsiyasi ichki binolarda haroratni $5-10^{\circ}\text{C}$ ga pasaytirishi mumkin, bu esa sutkaning katta qismida qabul qilinadigan mikroiklimni ta‘minlaydi va ayniqsa juda issiq va quruq janubiy iqlim sharoitida elektr konditsionerlaridan foydalanish davrini bir necha haftaga qisqartiradi, bu esa yoz oylarida elektr energiyasi sarfini 20–30% gacha tejashga tengdir.

4. Issiqlik nasoslari, quyosh kollektorlari, fotoelektr stansiyalari va zaxira manbalari bilan birlashtirilgan issiqlik ta‘minoti tizimining asosiy parametrlarini ishlab chiqish va hisoblash bo‘yicha mavjud tajribalarni umumlashtirish asosida Toshkent shahri iqlim sharoiti uchun passiv binolarning kombinirlangan issiqlik ta‘minoti tizimini hisoblashning soddalashtirilgan metodikasi taklif etildi. Hisobiy eksperiment natijasida maydoni 100 m^2 bo‘lgan binoga (g. Toshkent) nisbatan, taklif etilgan “issiqlik nasosi + quyosh kollektorlari + FES” kombinatsiyasi binolarning yillik issiqlik ehtiyojining 94% ini qayta tiklanadigan manbalar hisobiga qoplashi ko‘rsatildi. Yillik balansda energiyaning taxminan 60% i atrof-muhitning past potensial issiqligidan foydalanadigan issiqlik nasosi tomonidan ishlab chiqariladi, 34% to‘g‘ridan to‘g‘ri quyosh energiyasi (issiqlik va elektr energiyasi) hissasiga to‘g‘ri keladi va faqat taxminan 6% i zaxira elektr issiqlagich hissasiga to‘g‘ri keladi. Shu tariqa O‘zbekiston sharoitida turarjoy binolari uchun (external energy almost zero – deyarli nol tashqi energiya sarfi) maqomini amalga oshirishning prinsipial imkoniyati tasdiqlandi.

5. Quyosh FESidan energiya oluvchi issiqlik nasosi qo‘llanilgan passiv binolarda ekologik-energetik samara eng yaxshi natijani ko‘rsatadi, ya‘ni CO_2 ning operatsion chiqindilari nolga teng. Issiqlik nasosidan ($\text{COP}\approx 3$) va qayta tiklanadigan energiyadan foydalanish natijasida, isitish mavsumida ($3000\text{ kVt}\cdot\text{soat}$ issiqlik) elektr qozonga nisbatan 1,7 tonna CO_2 chiqindilarini, gazli isitishga nisbatan esa taxminan 0,6–0,7 tonna CO_2 chiqindilarini oldini olish mumkin.

6. Toshkent iqlim sharoitida bino uchun optimal kombinirlangan isitish tizimi konfiguratsiyasi taklif etildi (issiqlik nasosi quvvati $5\text{ kVt}/100\text{ m}^2$, quyosh kollektori 4 m^2 (bak akkumulyatori 300 l), va FEP 3 kVt, ular orqali quyosh hisobiga 30% issiqlik qoplanadi, rezerv $<10\%$ yuklama). Bu konfiguratsiya qayta tiklanadigan manbalar hisobiga deyarli to‘liq avtonomiya va uzluksiz issiqlik ta‘minotini ta‘minlaydi hamda elektr isitishga nisbatan energiya resurslari sarfini tejash hisobiga o‘rtacha 8–10 yilda o‘zini qoplaydi, bu esa “yashil” texnologiyalar uchun maqbul ko‘rsatkich hisoblanadi.

**SINGLE SCIENTIFIC COUNCIL DSc.26/04.07.2023.T.11.01 AT TASHKENT
UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING ON
GRADUATION OF DOCTOR OF SCIENCE**

**TASHKENT UNIVERSITY OF ARCHITECTURE AND CIVIL
ENGINEERING**

KUCHKARBAEV RUSTAM UTKUROVICH

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL FOUNDATIONS OF MODELING THE USE
OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN BUILDING CONSTRUCTION
ORGANIZATION**

05.09.03 – Heat supply. Ventilation, air conditioning. Gas supply and lighting.
05.09.08 – Technology of Construction and Organizing Civil Engineering processes

ABSTRACT
of the doctoral (DSc) dissertation on technical sciences

Tashkent – 2025

The topic of doctoral dissertation (DSc) was registered with № B2024.4. DSc/T868. at Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan.

The dissertation was conducted at the Tashkent Institute of Architecture and Civil Engineering. the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan.

The abstract of the dissertation is in three languages (Uzbek, Russian, English(resume)) published at web page of scientific council (www.taqu.uz) and information and educational portal “Ziyonet” (www.ziyonet.uz).

Scientific consultant: **Sharipov Kongratbay Avezimbetovich**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Official opponents:

Xodjaev Abbas Agzamovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Djabriev Akbarali Normurodovich
Doctor of Economical Sciences, Professor

Klichev Shavkat Isakovich
Doctor of Technical Sciences, Professor

Leading organization: **Fergana State Technical University**

Defensing of the dissertation will take place on “ 13 ” 10 2025 at 10⁰⁰ at the Scientific Council numbered **DSc.26/04.07.2023.T.11.01** in the meeting including Tashkent University of Architecture and Civil Engineering as the following address: 9A Yangishahar str, Yunusabad district, 100058, Tashkent, Phone (99895) 142-35-85, e-mail: devon@taqu.uz.

The dissertation is registered in Information-Resource Center at Tashkent University of Architecture and Civil Engineering (registration number №172). The text of the dissertation is available at the Information Research Center at the following address: 9A Yangishahar str, Yunusabad district, 100058, Tashkent, Phone (99895) 142-35-85, e-mail: devon@taqu.uz.

The abstract of the dissertation was circulated on « 27 » 09 2025 (mailing report № 56 “ 29 ” 07 2025).

X.A. Akramov
Deputy of the chairman of the Scientific Council for the award the degree of Doctor of Science, Doctor of technical Sciences, Professor

I.I. Siddikov
Scientific Secretary of the Scientific Council for the award doctoral degree, Doctor of technical Sciences, Professor

A.T. Xotamov
Chairman of Scientific Seminar under the Scientific Council for the award doctoral degree, Doctor of technical Science, Professor

INTRODUCTION (abstract of DSc dissertation)

The aim of the study is to develop and scientifically substantiate methods and technical solutions for the creation of energy-efficient passive buildings with the integration of renewable energy technologies, adapted to the climatic conditions of Uzbekistan, in order to reduce the consumption of traditional energy resources and decrease greenhouse gas emissions, while maintaining a comfortable indoor microclimate and complying with modern energy efficiency requirements.”

The tasks of the research:

To achieve the stated aim, the dissertation consistently addresses the following main objectives:

a critical analysis of the current state of research on the use of renewable energy sources in building energy supply systems worldwide and their adaptation to the conditions of Uzbekistan;

development of calculation and design methods for effective thermal protection parameters of buildings, taking into account the climatic conditions of Uzbekistan;

numerical modeling of passive building microclimate strategies using renewable energy sources in heating, cooling, and ventilation systems;

optimization of the configuration of a combined heat supply system employing heat pump-based heating and cooling, integrated with renewable energy sources;

energy and economic analysis of a building heat supply system based on heat pumps and solar technologies.

The object of the research is the energy supply systems of passive buildings and the provision of their thermal comfort under the conditions of the sharply continental climate of Uzbekistan.

The subject of the research is the modeling of the thermal engineering characteristics of passive buildings under various climatic conditions of the Republic, the operating modes and efficiency indicators of a combined heat supply system of a passive building based on heat pump and solar technologies, the distribution of the heat demand coverage between renewable and backup sources, as well as the achievable economic and environmental effects from the implementation of these technologies.

Scientific novelty of the research work is as following stages:

For the first time, quantitative parameters of thermal protection for passive buildings in the climatic zones of Uzbekistan have been substantiated. Based on degree-day calculations and regulatory requirements, the required thermal resistance of building envelopes and the optimal thickness of insulation for different regions have been determined. It was found that in the central regions (Tashkent, Samarkand) an insulation layer of about 6–8 cm (providing $R = 1.2\text{--}1.3 \text{ m}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{W}$) is sufficient, whereas in the coldest northern areas 7–10 cm is required ($R \approx 1.4 \text{ m}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{W}$). The obtained results complement existing standards and allow differentiation of thermal protection requirements by climatic zones.

Bioclimatic modeling of building microclimate was carried out using the Giovanni diagram for 12 regions of the Republic, taking into account long-term actinometric and climatic data. On the basis of the obtained calculations of weather

parameter distributions in relation to comfort zones and passive strategies, it was established that passive architectural and climatic techniques can provide indoor comfort for up to 40% of the time, depending on the region, significantly reducing the need for active heating and cooling during this period. It was also revealed that the combination of building thermal mass, night ventilation, and evaporative cooling can lower indoor air temperature in summer by 5–10 °C, reducing the operating time of air conditioners and ensuring comfort without electricity consumption.

A comprehensive mathematical model of the energy supply system of a passive building based on a heat pump and solar energy installations has been developed. It was found that the use of a combined "heat pump + solar energy" system is capable of covering up to 94% of the annual heat demand from renewable sources—of which ~60% is provided by the heat pump, ~30–34% by solar collectors and photovoltaic systems, while the share of backup electric heating does not exceed 6%.

Based on calculations of the annual energy balance for a typical 100 m² passive building under the climatic conditions of Tashkent, with integration of a solar thermal collector, photovoltaic system (PV), and backup electric heater, the ecological and economic efficiency was evaluated in comparison with traditional solutions. It was found that the use of a heat pump system with solar installations almost completely eliminates direct CO₂ emissions from building heating (a reduction of ~0.8 t CO₂ per year for a 100 m² building) compared to gas heating.

The structure and volume of the Dissertation. The dissertation consists of an introduction, five chapters, a conclusion, and a list of references. The main part of the dissertation is presented on 213 pages of typescript, containing 132 literary sources, 25 figures, and 11 tables.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть, part 1)

1. К.А. Шарипов, Н.Р.Авезова, У.Р. Саломов, Р.У. Кучкарбаев и др. Обзор международного и национального опыта по разработке пассивных домов// Проблемы энерго- и ресурсосбережения. – 2025. - № 2.– С.74-92. (05.00.00; 21)
2. Н.Р.Авезова, К.А. Шарипов, Р.У. Кучкарбаев. Нормативно-технические и энергетические аспекты применения тепловых насосов в строительстве зданий: Международный опыт и задачи адаптации в Узбекистане //Проблемы информатики и энергетики. – 2024г. - №6. - С. 56-74. (05.00.00; 5)
3. Н.Р.Авезова, К.А. Шарипов, У.Р. Саломов, Р.У. Кучкарбаев, М.Б. Шерматова. Комбинированные системы тепло- и хладоснабжения с тепловыми насосами, и ВИЭ в Узбекистане: анализ нормативной базы, пример расчета и необходимость новой методики // Инновационные технологии. – 2025г. – №2(17), - С. 33-54 (05.00.00;38)
4. Н.Р.Авезова, К.А. Шарипов, У.О. Саломов, Р. Кучкарбаев и др. Климатически адаптивные архитектурные стратегии для энергоэффективных зданий в Узбекистане: биоклиматический подход // Альтернативная энергетика. –2025г. –№3(18). -С. 12-36.(05.00.00; ОАК 2024/365/4)
5. Р.У.Кучкарбаев. Совершенствования методов расчёта и конструирования энергоэффективных систем вентиляции // «Me'morchilik va qurilish muammolari» ilmiy-texnik jurnali –2024. –№4 –С.280–281. (05.00.00; 14)
6. R.U.Kuchkarbayev. Bino inshootlar qurilishi jarayonida kremniy fotoelementlaridan tuzilgan quyosh batareyalaridan foydalanish // Farg'ona politehnika instituti ilmiy-texnika jurnali – 2024. – №32 (Maxsus son) – В.82–90. (05.00.00; 20)
7. R.U. Kuchkarbayev. Bino va inshootlarda issiq suv va elektr energiya ta'minoti uchun quyosh panellaridan foydalanish//«Fan va texnologiyalar taraqqiyoti» ilmiy-texnikaviy jurnali–2024. – №6 –В.178–182. (05.00.00; 24)
8. R.U. Kuchkarbayev. Mathematical modeling of heat distribution processes in walls // Тошкент шахридаги Турин политехника университети ахборотномаси (Vestnik TPU in Tashkent) – 2024. – №2 – Р.45–47. (05.00.00; 25)
9. Р.У.Кучкарбаев. Анализ применения возобновляемых источников энергии при проектировании зданий // Transport xabarnomasi – 2024. – №1–2 – В.158–160. (05.00.00; ОАК 2024/353/3)
10. R.U. Kuchkarbayev. Bugungi kunda insolyatsion passiv quyosh isitish tizimlari sohasida olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlar holati // Namangan muhandislik-qurilish instituti «Qurilish va ta'lim» ilmiy jurnali – 2024. – 1-maxsus son – В.69–73. (05.00.00; ОАК 2023/345/3)
11. R.U. Kuchkarbayev. Mathematical modeling of heat transfer through single-layer and multi-layer cylindrical walls in buildings and structures // Namangan

muhandislik-texnologiya instituti ilmiy va texnikaviy jurnali – 2024. – Vol.9, Issue 4 – P.207–211. (05.00.00; 33)

12. R.U. Kuchkarbayev. Bino inshootlarda quyosh panellari yordamida issiq suv va elektr energiya ta'minoti amalga oshirish // Namangan muhandislik-qurilish instituti «Qurilish va ta'lim» ilmiy jurnali – 2025. – №1 – B.359–365. (05.00.00; OAK 2023/345/3)

13. P.U.Кучкарбаев. Совершенствование низкотемпературных систем отопления жилых зданий на основе рекуперативных теплообменных аппаратов // Farg'ona politexnika instituti ilmiy-texnika jurnali – 2025. – №2 (Maxsus son) – С.76–82. (05.00.00; 20)

14. P.U.Кучкарбаев. Повышение энергетической эффективности зданий, эксплуатируемых в условиях переменного теплового режима // Transport xabaromasi – 2025. Vol.2–№1–С. 257-259. (05.00.00; OAK 2024/353/3)

15. R.U. Kuchkarbayev. Use of Different Energy Sources in the Construction of Buildings // The Multidisciplinary Journal of Science and Technology – 2024. – Vol.-4, Issue-8, – p.63-65. (05.00.00; Impact Factor =8.8)

16. R.U. Kuchkarbayev. Types of Heat Exchange Processes in Building Construction // European Journal of Innovation in Nonformal Education (EJINE) – 2024. – Vol. 4, Issue 8 – p.40-43. (05.00.00; Impact Factor=10.48)

17. P.U.Кучкарбаев. Математическое моделирование процессов теплоотдачи в стене // Miasto Przyszłości Online Research Journal – 2024. Vol. 51 – p.124-127.2 (05.00.00; Impact Factor =11.43)

II bo'lim (II часть, part 2)

18. R.U. Kuchkarbayev. Bino inshootlarda bir qatlamli silindrik devorning issiqlik o'tkazuvchanligi // Материалы Респ. науч.-техн. конф. «Энергосбережение и ресурсосбережение на основе международных стандартов» – Наманган, Namangan engineering-technological institute, 10–11 октября 2024 г. – С.369–373.

19. R.U. Kuchkarbayev. Bino ichida fizikaviy tajribalarni quyosh batareyalari yordamida namoyish etish // Материалы междунар. науч.-техн. конф. «Сейсмическая безопасность, энергоэффективность и инновационные технологии в современном строительстве» – Ташкент, ТАСИ, 22–23 октября 2024 г. – С.320–323.

20. P.U.Кучкарбаев. Использование возобновляемых источников энергии при проектировании зданий // Материалы Респ. науч.-техн. конф. «Перспективные задачи повышения энергоэффективности в строительстве» – Ташкент, НИИ технического нормирования и стандартизации, 24 ноября 2024 г. – С.502–505.

21. R.U. Kuchkarbayev. Bino inshootlarda issiqlik almashinuv jarayonlarining turlari // Материалы междунар. науч.-техн. конф. «Инновации в строительстве и сейсмическая безопасность зданий и сооружений» – Наманган, Namangan engineering-construction institute, 27–28 ноября 2024 г. – С.78–82.

22. R.U. Kuchkarbayev. Совершенствование низкотемпературных систем отопления жилых зданий на основе рекуперативных теплообменных аппаратов

//Materials of VIII Int. Scientific and Practical Conf. «*Scientific research: Modern challenges and future prospects*» – Munich, Germany, 17–19 March 2025 – P.184–188.

23. R.U.Kuchkarbayev., A.U.Butaev, G.I.Maxmudova, M.S.Karataev. Features of designing energy efficient building // Тошкент шаҳридаги Турин политехника университети ахборотномаси–2017.–№8 –*спец. выпуск.*– P.52–54

24. R.U.Kuchkarbayev., A.U.Butaev, G.I.Maxmudova, M.S.Karataev. Methods of applying a solar air collector in private houses for heating and hot water supply // Тошкент шаҳридаги Турин политехника университети ахборотномаси –2018. – №1 –P.64–68

25. R.U. Kuchkarbayev, N.N. Norov. Binolarning energiya samaradorligini ta'minlashning zamonaviy muhandislik uslublari // Namangan MQI «Qurilish va ta'lim» ilmiy jurnali – 2024. – 1-maxsus son – B.27–34.

26. R.U. Kuchkarbayev. Rajesh Singh, R. Jayadurga, K.B. Waghulde. Machine Learning Applications in Energy Management Systems for Smart Buildings // **E3S Web of Conferences** 540, 08002 – Proc. 1st Int. Conf. on Power and Energy Systems (ICPES 2023) – 2024.

27. Р.У.Кучкарбаев, А.У.Бутаев, Р.Ю.Маракаев, С.Сайфиддинов. Основные направления совершенствования теплотехнического проектирования ресурсов при эксплуатации жилых зданий // Сб. науч. работ по результатам Респ. науч.-техн. конф. «*Функциональные основы проектирования зданий*» – Ташкент: Ташкентский архитектурно-строительный институт, 1–2 мая 2015 г. – С.34–36.

28. Р.У.Кучкарбаев, Юсупов У.Т., Юсупов Т.А. Особенности проектирования энергоэффективных зданий // Сб. науч. работ по результатам Респ. науч.-техн. конф. «*Инновационные технологии в строительстве*»–Ч.2 – Ташкент: ТАСИ, 17–18 марта 2017 г. С.51–54.

29. Р.У.Кучкарбаев, Ж.И.Балтаев Тепло энергоэффективность стен зданий и ее роль в сокращении потребления энергоресурсов Узбекистана // Сб. науч. работ по результатам Респ. науч.-техн. конф. «*Инновационные технологии в строительстве*» – Ч.1 – Ташкент: ТАСИ, 17–18 марта 2017 г. – С.72–74

Avtoreferat “Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar” jurnali tahririyatida tahrirdan o‘tkazilib, o‘zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlari o‘zaro muvofiqlashtirildi.

Bosishga ruxsat etildi: 2025-yil 20-avgust.
Bichimi 60x841/16 “Times New Roman”
garniturada raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog‘i 4,0. Adadi 100 nusxa. Бююрма № 160.

“Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi” davlat unitar
korxonasi bosmaxonasida chop etildi.
Manzil: 100174, Toshkent sh., Talabalar ko‘chasi, 96/1-uy.