

На правах рукописи

Усмонов Шухрат Заурович

**УЧЕТ КЛИМАТИЧЕСКИХ И ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ТАДЖИКИСТАНА
ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ**

Специальность:

05.23.01– Строительные конструкции здания и сооружения
05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха,
газоснабжение и освещение

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2016

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном учреждении «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» (НИИСФ РААСН) и в Худжандском политехническом институте Таджикского технического университета им. академика М. С. Осими.

- Научный руководитель: **Малявина Елена Георгиевна**
кандидат технических наук, профессор
- Официальные оппоненты: **Дацюк Тамара Александровна**
доктор технических наук, профессор,
заведующая кафедрой строительной физика и химии ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» (СПбГАСУ)
- Крайнов Дмитрий Владимирович**
кандидат технических наук,
старший преподаватель кафедры теплоэнергетики, газоснабжения и вентиляции, ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» (КГАСУ),
- Ведущая организация: **АО «ЦНИИЭП жилища – институт комплексного проектирования жилых и общественных зданий»,**

Защита диссертации состоится «_22_» декабря 2016 г. в 11⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д.007.001.01, при ФГБУ «Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук» по адресу: 127238, г. Москва, Локомотивный проезд, д. 21, светотехнический корпус. Тел. +7(495)482-40-76, факс: +7(495)482-40-60; e-mail: niisf@niisf.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-методическом фонде НИИСФ РААСН и на сайте <http://niisf.ru/>

Автореферат разослан « » _____ 2016 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Умнякова Нина Павловна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Типовые пяти- и девятиэтажные дома в городах Республики Таджикистан проектировались и строились по нормативам полувековой давности. Все они имеют моральный износ, как по планировочному решению, так и по теплозащите и не отвечают современным нормативным требованиям комфортности, потребительским качествам и внешнему облику зданий. В то же время, жилые дома первого поколения возводились как сооружения первой категории капитальности с высокой продолжительностью их эксплуатации. Эти дома обладают существенными запасами несущей способности.

Проблема сокращения энергопотребления на поддержание микроклимата в жилых зданиях приобретает особую важность для регионов, которые с одной стороны недостаточно обеспечены собственными ресурсами, а с другой – характеризуются экстремальными климатическими условиями, проявляющимися низкой температурой зимой, а также жаркой и сухой погодой летом. Для жилых домов необходимо обеспечить снижение летнего перегрева и улучшить режим отопления зданий в зимний период. В связи с этим актуальным является решение задачи улучшения планировки и теплозащиты здания при поддержании в нем комфортных условий и повышении энергетических показателей за счет реконструкции существующих пяти- и девятиэтажных жилых кварталов.

Степень разработанности темы диссертации. Вопросы улучшения объемно-планировочных решений жилых зданий, тепловой защиты, микроклимата помещений при создании благоприятной среды обитания с учетом энергосбережения в разное время нашли отражение в исследованиях целого ряда ученых, таких как А. И. Ананьев, В. С. Беляев, В. Н. Богословский, С. Н. Булгаков, В. Г. Гагарин, С. В. Зоколей, В.М. Ильинский, Ю. Я. Кувшинов, В. Н. Куприянов, В. К. Лицкевич, Е. Г. Малявина, Ю. А. Матросов, И. И. Нигматов, Н. В. Оболенский, А.Г. Перехоженцев, В. Г. Савин, А. К. Соловьев, Ю. А. Табунщиков, П.Н.Умняков, Н. П. Умнякова, К. Ф. Фокин, Н. Х. Якубов, Р. О. Fanger, Gerd Hauser, Hugo Hens, Bjarne W. Olesen, Klaus Peter Sedlbauer и другие.

Вместе с тем остаются малоизученными проблемы реконструкции и модернизации существующих в Центральной Азии жилых зданий, построенных в 65 - 85-е годы прошлого века, повышения их энергетической эффективности при применении малозатратных технологий для создания комфортных условий проживания.

Цель и задачи. Цель диссертации – обоснование и разработка предложений по объемно-планировочному решению, повышению теплозащиты реконструируемых жилых зданий для улучшения их энергетических показателей при обеспечении комфортных условий внутренней среды помещений в климатических условиях северного Таджикистана.

Задачи работы:

– анализ планировочных решений, теплозащиты существующего жилого фонда северных регионов Таджикистана на предмет энергопотребления и комфорта для проживания семей, состоящих из нескольких поколений.

- разработка энергосберегающих конструктивных решений наружных ограждающих конструкций зданий.

- разработка принципов улучшения объемно-планировочных решений жилых зданий для снижения их удельного энергопотребления с учетом демографической особенности Таджикистана.

- исследование энергопотребления системами отопления и охлаждения реконструированного и модернизированного жилого дома путем математического моделирования;

- выявление оптимальных и допустимых параметров внутренней среды в зданиях, находящихся в климатических условиях Центральной Азии. Нахождение оптимальных периодов охлаждения зданий.

Научная новизна работы заключается в следующем:

- обоснованы принципы учета в объемно-планировочных решениях жилых зданий демографических особенностей Таджикистана, состоящих в обеспечении членов семей каждого поколения изолированной ячейкой проживания с полным необходимым набором помещений, но в непосредственной близости к родственникам другого поколения, на примере массовой серии ТТЖ-1-464;

- определено, что в условиях сухого жаркого климата Центральной Азии на наружных стенах с вентилируемым фасадом толщину вентилируемого зазора целесообразно принимать равной 60 мм. С увеличением толщины воздушной прослойки в конструкции вентилируемого фасада возрастает кратность воздухообмена воздушной прослойки. При этом расход энергии на охлаждение в здании существенно не изменяется, а на отопление увеличивается;

- для достижения комфортного микроклимата в помещениях установлены расчетные значения температуры внутреннего воздуха жилых помещений в отопительный зимний период и в период охлаждения летом, учитывающие природно-климатические условия северных регионов Таджикистана и адаптацию населения к высоким значениям температуры. Определена продолжительность необходимого периода охлаждения зданий для условий сухого и жаркого климата;

- для нормирования амплитуды колебаний температуры помещения обоснован перечень учитываемых возмущающих температурный режим воздействий: колебания теплового потока, проходящего через окна, формируемые суточным ходом температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации, и стабилизирующих воздействий: внутренняя теплоустойчивость помещения, характеристики примененного заполнения оконных проемов и солнцезащита;

- определены зоны оптимальных и допустимых сочетаний температуры и относительной влажности воздуха, обеспечивающие комфортное проживание в помещениях в сухом жарком климате Центральной Азии.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическая значимость работы следующая:

Предложены научно-обоснованные рекомендации по объемно-планировочным решениям жилых домов с учетом демографических особенностей Таджикистана, тепловой защите зданий в отопительный и охлаждающий

периоды, обеспечивающие комфортные микроклиматические условия в зданиях и снижение энергетических затрат при их эксплуатации.

Практическая значимость работы:

- доказана целесообразность реконструкции и модернизации существующих жилых домов, за счет чего достигается повышение энергетических показателей зданий и комфортности проживания в них;
- дана энергетическая оценка различным энергосберегающим мероприятиям;
- предложено нормативно ограничивать амплитуду колебаний температуры помещения величиной 2,5 °С в качестве критерия достаточности выполнения требований пункта 42 СНиП РТ 23-02-2009, связанных с комплексом энергосберегающих мероприятий, обеспечивающих снижение температуры в помещениях в летний период. К ним относятся конструктивные решения наружных и внутренних ограждающих конструкций, обеспечивающие теплозащиту и внутреннюю теплоустойчивость помещения, солнцезащита окон здания при заданном их размере;
- даны рекомендации по разработке региональных нормативных документов по определению соответствия микроклиматических параметров помещений современным требованиям.

Методология и методы диссертационного исследования.

Методологической основой работы являются достижения российских и зарубежных ученых в области исследования улучшения объемно-планировочных решений жилых зданий, тепловой защиты, микроклимата помещений при создании благоприятной среды обитания с учетом энергосбережения.

Основными методами, использованными в диссертационной работе, являются: метод сравнения основных технико-экономических показателей при анализе и улучшении объемно-планировочных решений жилых домов; метод теплотехнического расчета наружной оболочки здания с учетом линейных и точечных неоднородностей в части предложений конструкций и их теплозащитных характеристик; математическое моделирование, применяющее метод конечных объемов при исследовании энергетических показателей реконструируемых зданий; метод комплексной интегральной оценки микроклиматических условий, основанный на использовании индексов PMV, предсказывающего теплоощущения человека по предложенной О.П. Фангером шкале, и PPD, указывающего на уровень дискомфорта человека, характеризуя число лиц (%) недовольных микроклиматом, для оценки комфорта проживающих в жилых домах.

Положения, выносимые на защиту, следующие:

- принципы улучшения объемно-планировочных решений зданий массовой застройки на базе учета демографических особенностей Таджикистана при снижении удельного энергопотребления;
- результаты анализа экономии энергии на отопление и охлаждение зданий при существующих и предлагаемых конструктивных решениях наружных ограждений полученные путем модельных исследований здания до и после реконструкции с использованием программного комплекса WUFI+;

- рекомендации по выбору состава наружных ограждений с вентилируемой воздушной прослойкой, круглый год способствующей обеспечению комфортного режима в помещениях жилых зданий;
- предлагаемые расчетные значения температуры внутреннего воздуха для холодного и теплого периодов года, а также зоны комфортных сочетаний температуры и относительной влажности внутреннего воздуха.

Степень достоверности результатов. В диссертации используются общепринятые научные подходы к математическому моделированию нестационарного теплового режима здания, в качестве инструмента исследования применен лицензированный в ФРГ модельный программный комплекс WUFI+, имеющий доказанную точность по сравнению с натурным экспериментом 2,5 %. Достоверность результатов подтверждается также апробацией и практическим использованием комплекса в США, Европе и Японии.

Апробация результатов. Основные положения работы и результаты докладывались на научных конференциях: VII Международная научно - практическая конференция «Проблемы энергосбережения и экологии в промышленном и жилищно-коммунальном комплексах. Университет Строительство и Архитектура», НОУ «Приволжский Дом знаний», Пенза, 2006 г.; V-я Международная научно-практическая конференция «Перспективы применения инновационных технологий и усовершенствования технического образования в высших учебных заведениях стран СНГ», ТТУ им. акад. М.С. Осими, Душанбе, 13-15 октября 2011 г.; Международный симпозиум «Устойчивая архитектура: настоящее и будущее» Московский архитектурный институт (государственная академия), 2012 г.; Международный симпозиум «Архитектурная среда: современность и перспективы» Таджикский технический университет им. акад. М. Осими, группа КНАУФ СНГ, Душанбе, 2012 г.; Международная научно-практическая конференция, посвященная 50-летию образования кафедры Архитектуры ТПИ-ТТУ и 80-летию Заслуженного работника РТ, академика Академии Архитектуры и Строительства РТ Якубова Н. Х., Душанбе, 2014 г.; Республиканская научно-практическая конференция «Развитие архитектуры, строительство и производство строительных материалов», ХПИТТУ, Худжанд, 2015 г.

Область исследования соответствует требованиям паспорта научной специальности ВАК 05.23.01 – Строительные конструкции, здания и сооружения, а именно п. 2 «Обоснование, разработка и оптимизация объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений с учетом протекающих в них процессов, природно-климатических условий, экономической и конструкционной безопасности на основе математического моделирования с использованием автоматизированных средств исследований и проектирования»; п. 6 «Поиск рациональных форм, размеров зданий, помещений и их ограждений исходя из условий их размещения в застройке, деятельности людей и движения людских потоков, технологических процессов, протекающих в здании, санитарно-гигиенических условий, экологической безопасности»; п. 7 «Развитие теоретических основ строительного-акустических методов и средств, поиск рациональных решений освещения зданий и отдельных помещений, ра-

циональных объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, направленных на повышение эффективности капиталовложений, энерго- и ресурсосбережение, создание комфортных условий для людей и оптимальных для технологических процессов» и требованиям паспорта научной специальности ВАК 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, а именно: п. 5 «Тепловой, воздушный и влажностный режимы зданий различного назначения, тепломассообмен в ограждениях и разработка методов расчета энергосбережения в зданиях»; п. 8 «Инсоляция и солнцезащита помещений».

Внедрение результатов работы. При проведении реконструкции и модернизации пятиэтажных крупнопанельных жилых домов серии 105 и 464 расположенных в 12-м и 34-м микрорайонах г. Худжанда использованы конструктивные и объемно-планировочные решения, разработанные автором. Предложения по нормированию параметров внутренней среды жилых зданий и по объемно-планировочным решениям реконструируемых зданий применяются в учебном процессе Худжандского политехнического института Таджикского технического университета им. акад. М. С. Осими для студентов, обучающихся по магистерской программе «Возобновляемые источники энергии и энергоэффективность в зданиях».

Публикации. Научные результаты, приведенные в диссертации, опубликованы в 27 статьях, 10 из них в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертация включает в себя: введение, четыре главы, заключение, список литературы (154 наименований, в том числе 31 на иностранных языках), 52 рисунки, 27 таблицы, 49 формул. Общий объем диссертации – 183 страницы. Количество приложений 6 – на 38 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении диссертации отмечается актуальность рассматриваемой задачи, цель исследования, его научная новизна, достоверность полученных результатов, практическая значимость работы, а также содержатся сведения об апробации проведенных исследований и публикациях по теме диссертации.

В первой главе диссертации изложено состояние энергосбережения и комфортности проживания в существующем жилом фонде. На основе анализа объемно-планировочных решений в существующем жилом фонде выявлен его моральный износ. Имеется положительный опыт реконструкции и модернизации жилых домов в РФ и за рубежом. Ограждающие конструкции наружной оболочки существующих жилых пятиэтажных зданий не отвечают современным теплотехническим нормам. В Таджикистане не хватает микроклиматических норм внутренней среды, ориентированных на проживающих в климатических условиях Центральной Азии. При проведении анализа микроклимата жилых зданий целесообразно использовать показатели, применяемые в международных нормах. Они отражают реакцию человека на тепловой комфорт - индексы PMV, предсказывающий теплоощущения человека по предложенной О.П. Фангером шкале, и PPD, указывающий на уровень дискомфорта, характеризуя число лиц (%), неудовлетворенных тепловлажностными условиями.

Одной из целей реконструкции и модернизации жилых здания, рассматриваемых **во второй главе**, является проблема снижения теплотребления на поддержание микроклимата жилищного фонда. Расширение корпусов существующих пятиэтажных домов за счет пристройки к ним дополнительных объемов по всей длине здания увеличивает площадь квартир и приводит к снижению площади поверхности наружных ограждающих конструкций на 1 м^2 общей площади дома (рис. 1, 2, 3, 4). Для увеличения ширины корпуса и поперечной жесткости здания предлагается использовать железобетонную каркасную систему. Каркас располагают с обеих сторон здания с отступом на 2-3,6 м. Максимальная величина отступа от существующей стены здания обоснована требованиями освещенности помещений.

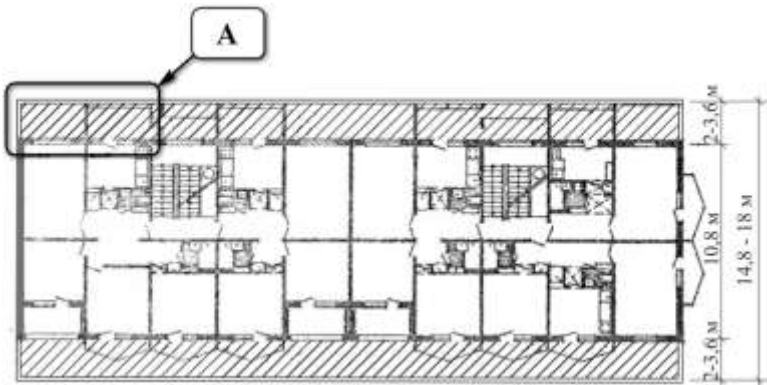


Рисунок 1 – Схема зоны увеличения ширины пятиэтажного жилого дома серии 105

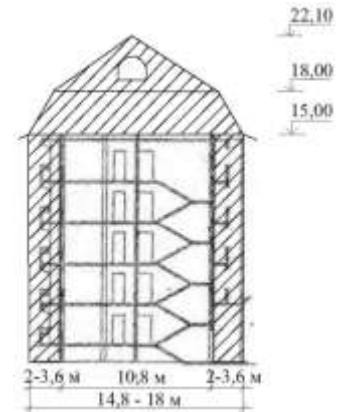


Рисунок 2 – Схематичный разрез жилого дома устройством мансардного этажа

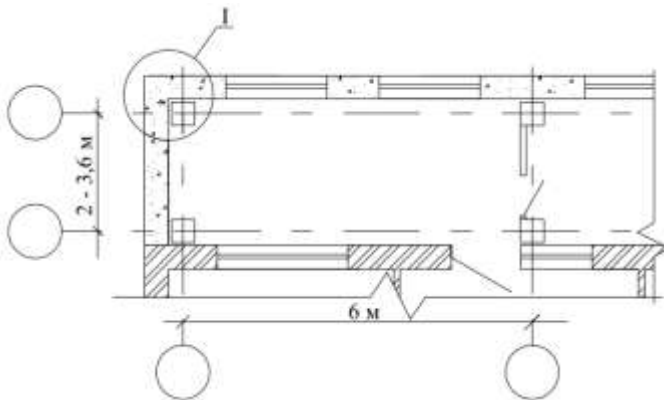


Рисунок 3 – Фрагмент плана зоны А увеличения ширины корпуса пятиэтажного жилого дома

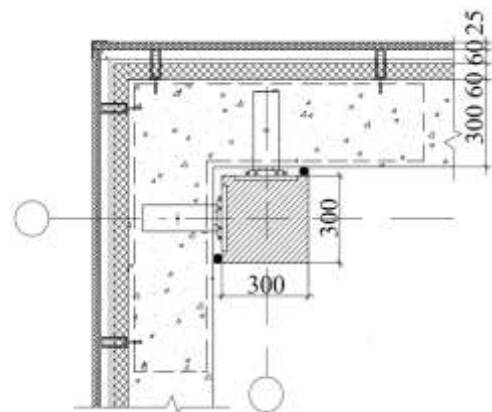


Рисунок 4 – Конструктивное решение узла I

Устройство утепленных мансардных помещений с чердачным пространством сокращает теплотери через крышу и обеспечивает долговечность кровли. Выбор варианта мансарды в условиях Таджикистана обоснован строительством на бюджетные деньги. Надстройка мансардного этажа значительно дешевле, чем полноценного, хотя последний предоставляет большую жилую площадь. Дополнительное утепление пола первого этажа улучшает гигиенические характеристики пола: снижает показатель теплоусвоения поверхности пола, повышает температуру пола, а также снижает теплотери через пол. Модернизация дома предполагает также замену старых окон на гер-

метичные со стеклопакетами и энергоэффективным стеклом (с мягким селективным покрытием).

Таблица 1 - Теплотехнические характеристики ограждающих конструкции жилых домов серии 105 и 464 после модернизации и реконструкции

№ пп	Схема ограждающих конструкций	Материал слоев стен		$R_o^{тр}$,	$R_o^{пр}$,	
				$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	
1	 <p>Продольная стена</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Внутренняя штукатурка 2. Ячеистобетонный блок плотностью 800 кг/м^3 3. Минераловатная плита плотностью 90 кг/м^3 4. Вентилируемая воздушная прослойка 5. Фасадный экран 	1,69	1,81		
2	 <p>Торцевая стена</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Керамзитобетонная панель плотностью 1400 кг/м^3; 2. Цементно - песчаная штукатурка 3. Минераловатная плита плотностью 90 кг/м^3 4. Вентилируемая воздушная прослойка 5. Фасадный экран 	1,69	1,86		
3	 <p>Покрытие мансарды</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Двойная обшивка (листы гипсокартона) 2. Настил деревянный 3. Пароизоляция 4. Минераловатная плита плотностью 90 кг/м^3 5. Вентилируемая воздушная прослойка. 6. Обрешетка деревянная 7. Металлочерепица 	2,29	2,49		
4	 <p>Чердачное перекрытие мансарды</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Двойная обшивка (листы гипсокартона) 2. Настил деревянный 3. Пароизоляция 4. Минераловатная плита плотностью 90 кг/м^3 5. Обрешетка деревянная 6. Вентилируемая воздушная прослойка. 7. Настил деревянный 	2,09	2,32		
	Конструкция пола первого этажа	Материал пола	$Y_{пол}$ Вт/ $м^2 \cdot ^\circ C$	$Y_{пол}^{тр}$ Вт/ $м^2 \cdot ^\circ C$	$R_o^{тр}$, $м^2 \cdot ^\circ C /$ Вт	$R_o^{экв}$ $м^2 \cdot ^\circ C /$ Вт
5		<ol style="list-style-type: none"> 1. Линолеум на теплоизолирующей подоснове 2. Сборная стяжка из ГВЛВ 3. Полиэтиленовая пленка 4. Плиты минераловатные плотностью 160 кг/м^3. 5. Перекрытие железобетонное 	10,56	12	2,09	2,59

Третья глава посвящена разработке объемно-планировочных решений реконструируемого здания. Принципы улучшения объемно-планировочных решений жилых зданий при снижении удельного энергопотребления основаны

на учете демографической особенности Таджикистана, заключающихся в стремлении к совместному проживанию нескольких поколений семей. На основе рассмотрения четырех вариантов перепланировки выбран один, позволяющий увеличить жилую площадь реконструируемого жилого дома на 75% за счет надстройки мансардного этажа и пристройки к нему дополнительных объемов, а при реконструкции всех жилых домов в застройке увеличить плотность жилого фонда в полтора раза. Разработанные принципы улучшения объемно-планировочных решений реконструируемых жилых домов обеспечивают достаточно высокий уровень комфортности проживания для сложных семей, отвечающий современным нормативным требованиям.

Таблица 2 – Техничко-экономическая оценка вариантов перепланировки жилого дома

Показатели	Ед. изм.	Исходный вариант	Принятый вариант
Площадь застройки	м ²	761	936,85
Строительный объем	м ³	10730	13288
Общая площадь дома	м ²	2618	4125,7
Жилая площадь дома	м ²	1506	2641,2
Подсобная площадь	м ²	829	1355
Площадь летних помещений	м ²	787	274,4
Средняя комнатность	шт.	2,0	5,33
$K_1 = F_{ж} / F_o$	--	0,57	0,64
$K_2 = V_{стр} / F_o$	--	4,1	3,22
$K_{рек.} = F_{ж.рек.} / F_{ж}$	--	--	1,75

В принятом варианте квартиры размещены в двух уровнях в пределах 1-го и 4-го этажей и дополнительного мансардного этажа, объединенного с пятым этажом. В 5-тикомнатных квартирах типа «А», расположенных соответственно на 1-м – 4-м этажах, осуществлено трехчастное зонирование, предполагающее наличие в квартире не только общесемейной и индивидуальных зон, но и хозяйственно-вспомогательной (рис. 5, 6). В квартирах типа «Б» (рис. 5, 6) также

принято двухуровневое расположение помещений с общим входом в квартиру при выделении самостоятельных зон с необходимым составом помещений для различных поколений в семье. Сравнение технико-экономических показателей дома до и после реконструкции, указанное в таблице 2, свидетельствует об улучшении всех показателей объемно-планировочного решения.



Рис.5 План секции после реконструкции жилого дома серии ТТЖ-1-464 в двух уровнях



Рис.6 План мансардного этажа жилого дома серии ТТЖ-1-464 после реконструкции

В четвертой главе изложены задачи и результаты математического моделирования энергетических показателей жилых зданий. Приведена постановка задачи теплового режима помещений при математическом моделировании. На наружной поверхности каждого наружного ограждения учитывается теплообмен с наружной средой и теплота солнечной радиации, поглощенная наружной поверхностью. На внешней поверхности каждого внутреннего ограждения учитывается теплообмен этой поверхности с другим помещением. На внутренней поверхности каждого ограждения помещения учитывается лучистый теплообмен внутренней поверхности ограждения со всеми другими внутренними поверхностями, конвективный теплообмен с воздухом, а также приходящая на это ограждение доля лучистого потока солнечной радиации, непосредственно проникающей в помещение через светопрозрачные ограждения. Кроме того, на внутренней поверхности каждого ограждения учитывается тепловой поток от расположенных внутри помещения источников теплоты, а также поток, обусловленный испарением влаги. Граничное условие на внутренней поверхности светопрозрачного ограждения отличается от условия для стен учётом теплоты, поглощенной во внутреннем остеклении. Тепловой баланс внутреннего воздуха учитывает конвективный теплообмен воздуха со всеми поверхностями, обращенными в помещение, конвективную теплоту от внутренних источников (люди, техника, кухонное оборудование) и привнесение конвективной теплоты вентиляционным и инфильтрационным воздухом.

Для задания внутренних условий в жилых помещениях были проведены натурные обследования десяти пятиэтажных жилых домов серии 105, расположенных в г. Худжанде. Натурные исследования проводились до и после реконструкции зданий. Исследования осуществлялись в течение одного зимнего месяца (январь 2009 г.) и одного летнего месяца (июль 2009 г.). Целью исследований являлось определение среднего числа людей, присутствующих в доме в различные периоды времени, род их деятельности, а также степень их одетости. Кроме того, были измерены с помощью аспирационных психрометров температура и влажность воздуха в помещении, а также отмечалась оценка людьми собственных ощущений в указанных условиях. По данным о числе людей, их занятиях и одетости впоследствии по программе WUFI+ были вычислены данные о конвективной и лучистой теплоотдаче, влагоотдаче. В главе отражены результаты моделирования теплового режима пятиэтажного жилого дома серии 105 до и после модернизации и реконструкции здания (расширение корпуса на 2 м с каждой стороны). Оценка качества воздушной среды по индексу PMV и PPD представлена на рисунках 7 и 8. Из рисунков видно, что некоторое количество людей в мае (от 2880 до 3623 часов от начала года) и сентябре (от 5833 до 6551 часов от начала года) чувствуют, что им слишком тепло, так как в мае внутренняя средняя температура в помещениях $+31\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в сентябре $+30,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. В отопительный период (от 0 до 2005 часов от начала года) и (от 6889 до 8759 часов от начала года) прохладно.

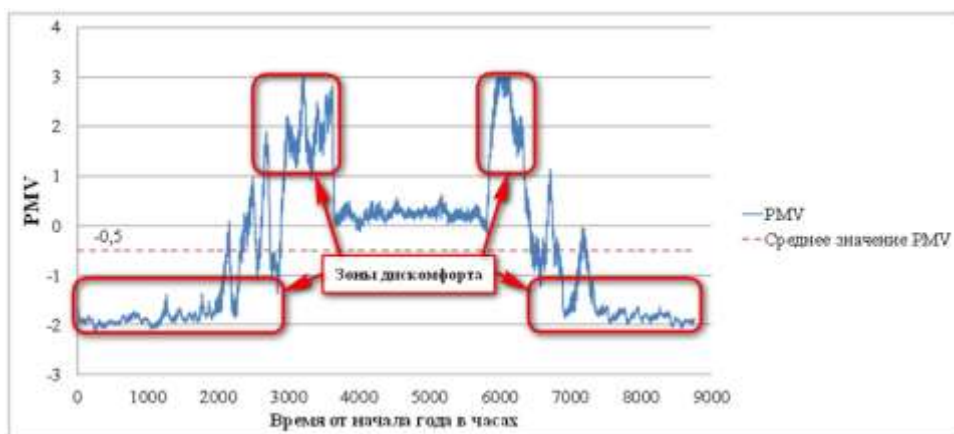


Рисунок 7 – Прогнозируемая средняя оценка качества воздушной среды до реконструкции здания при внутренней температуре $+20^{\circ}\text{C}$ в отопительный период и 25°C в охладительный период при продолжительности охлаждения 3 месяца

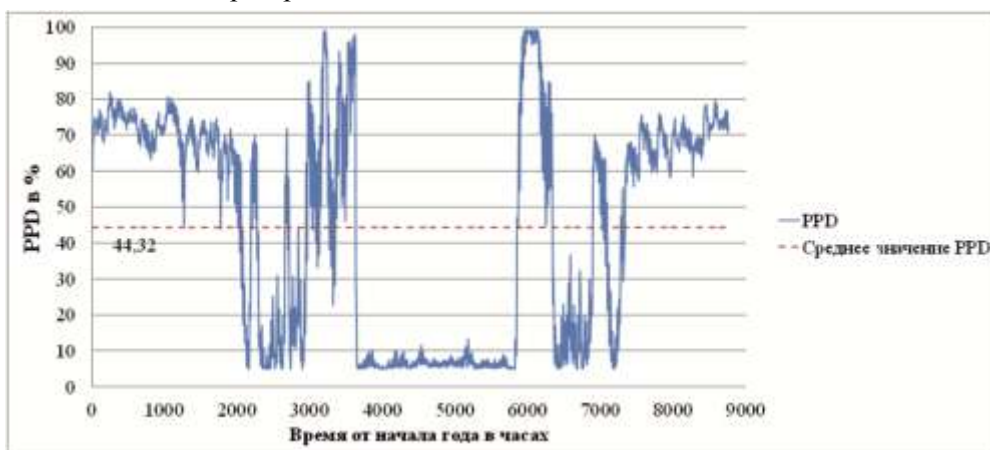


Рисунок 8 – Прогнозируемый процент недовольных температурной средой при обеспечении внутренней температуры $+20^{\circ}\text{C}$ в отопительный период и 25°C в период охлаждения

Так как при трёхмесячном периоде охлаждения не обеспечивается тепловой комфорт в помещениях, желателен пятимесячный период охлаждения. В отопительный период при внутренней температуре воздуха $+20^{\circ}\text{C}$ согласно индексу PMV проживающие будут чувствовать, что им немного прохладно. Ощущение комфорта наступает при внутренней температуре $+24^{\circ}\text{C}$.

Расходы энергии на отопление и охлаждение здания при различных режимах поддержания микроклимата помещений представлены в таблице 3. Из таблицы следует, что в здании до реконструкции при увеличении температуры помещения в отопительный период с 20°C до 24°C происходит рост расхода энергии на отопление на 46 %, а при увеличении продолжительности охладительного периода с трех до пяти месяцев расход холода увеличивается на 31 %.

После реконструкции жилого дома при обеспечении в помещении тех же условий, что и до реконструкции (варианты 2 и 3 таблицы 3) доля людей, недовольных температурными условиями, снижается более чем на 82 % за счет лучших условий в доме в межсезонье. Удельный расход теплоты на отопление при этом снижается на 68,1 %, а холода в период охлаждения на 54,5%.

Естественная вентиляция не обеспечивает в климатических условиях Таджикистана должного воздухообмена даже в отопительный период, так как

Таблица 3 – Расход энергии на поддержание микроклимата жилого здания серии 105 до и после реконструкции, заключающейся в утеплении наружных ограждающих конструкций, расширении корпуса здания, надстройке мансардного этажа, замене окон на герметичные со стеклопакетами с низким коэффициентом пропускания солнечной теплоты (SHGC)

Вариант	Условия внутреннего микроклимата	Расход теплоты на отопление		Расход холода на охлаждение		Суммарный расход энергии на отопление и охлаждение	
		общий (кВт·ч)	на 1 м ² (кВт·ч/м ²)	общий (кВт·ч)	на 1 м ² (кВт·ч/м ²)	общий (кВт·ч)	на 1 м ² (кВт·ч/м ²)
До реконструкции и модернизации (общая площадь 1491,1 м ²)							
1	Отопление при $t_b = +20$ °С и охлаждение при $t_b = +25$ °С в трехмесячный период (июнь, июль, август)	152 990	102,6	123 720	83	276 700	185,6
2	Отопление при $t_b = +24$ °С и охлаждение при $t_b = +25$ °С в пятимесячный период (май, июль, август, сентябрь)	224 110	150,3	161 770	108,5	385 890	258,8
После реконструкции и модернизации (общая площадь 1910 м ²)							
3	Отопление при $t_b = +24$ °С и охлаждение при $t_b = +25$ °С в пятимесячный период (май, июль, август, сентябрь), естественная вентиляция	91 360	47,8	94 410	49,4	185 770	97,2
4	Отопление при $t_b = +24$ °С и охлаждение при $t_b = +25$ °С в пятимесячный период (май, июль, август, сентябрь), ниже $t_n = +5$ °С естественная вентиляция, выше - механическая	101713,8	53,2	106249,1	55,6	207962,9	108,8
5	Отопление при $t_b = +24$ °С с применением утилизатора теплоты вытяжного воздуха с эффективностью 90 % и охлаждение при $t_b = +25$ °С в пятимесячный период (май, июль, август, сентябрь) при солнцезащите в виде маркиз на окнах западной, восточной и южной ориентации и круглогодичной механической вентиляции	117 890	61,7	83 430	43,7	201 320	105,4
6	Отопление при $t_b = +24$ °С с применением утилизатора теплоты вытяжного воздуха с эффективностью 90 % и охлаждение при $t_b = +27$ °С в пятимесячный период (май, июль, август, сентябрь) при солнцезащите в виде маркиз на окнах западной, восточной и южной ориентации и круглогодичной механической вентиляции			27 030	14,2	144 920	75,9

температура наружного воздуха большую часть сезона держится выше +5 °С. Поэтому при температуре выше +5 °С необходима механическая вентиляция. Средний за год воздухообмен возрастает и растут затраты энергии (варианты 3 и 4 по таблице 3) на отопление на 11,3 %, на охлаждение на 12,5 %. Если круглогодично обеспечивать необходимый воздухообмен 30 м³/ч на человека (а не по потребности вытяжки из кухни, ванной комнаты и санузла), то за счет увеличения расхода наружного приточного воздуха требуемый расход теплоты на отопление даже при применении утилизатора вытяжного воздуха с эффективностью 90% увеличится на 15,8 % по сравнению с вариантом 4 таблицы 3. Если же сравнивать с вариантом 2 до реконструкции, то экономия энергии за отопительный период варианта 5 составит 47,4%.

Расчетной для отопления принята температура 24 °С, как самая комфортная из последовательно исследованных с помощью индексов PMV и PPD значений температуры от 22 °С до 25 °С.

Большую долю нагрузки на системы охлаждения составляет солнечная радиация, непосредственно проникающая в помещения через окна. При реконструкции зданий применены стеклопакеты с низким коэффициентом пропускания солнечной теплоты, солнцезащитные устройства в виде маркиз на окнах западной, восточной и южной ориентаций (варианты 5 и 6 таблицы 3), что позволяет снизить расход энергии на охлаждение при обеспечении внутренней температуры +25 °С на 48,4% по сравнению с вариантом 2. Для помещения западной ориентации расход энергии с апреля по сентябрь снижается на 65%. Следует отметить, что за счет солнцезащиты при увеличенном воздухообмене (вариант 5) расход холода снизится по сравнению с вариантом 4 на 21,4 %.

Обычно для расчетов потребления холода в Таджикистане в летних условиях внутренняя температура в помещении принимается +25 °С. Однако, наружная температура в летний период поднимается до 40 °С и выше. При этом разность между внутренней и наружной температурой воздуха составляет 15 °С, что отрицательно сказывается на организме человека. Исходя из этого, для условий северного Таджикистана наиболее приемлемой расчетной температурой для жилых помещений в период охлаждения следует считать температуру +27 °С, что обосновано индексами PMV и PPD при низкой влажности в помещениях, и опросом населения.

По итогам исследований в модернизируемом жилом доме для снижения расхода энергии на охлаждение и обеспечение комфорта в помещениях летом необходимо осуществлять ночное проветривание через окна. Только в этих случаях можно обеспечить снизить расход энергии на охлаждение при поддержании теплового комфорта в помещениях. Результаты исследований показали, что при внутренней температуре воздуха в отопительный период +24 °С и в период охлаждения +27 °С обеспечиваются оценки комфорта, соответствующие категории II. Показатели индексов PMV и PPD – приведены на рисунках 9, 10. Видно, что они находятся в удовлетворительной зоне. Сравнивая варианты 2 и 6, можно констатировать, что при обеспечении внутренней температуры в +27 °С вместо +25 °С и, применяя круглогодичную вентиляцию с теплоутилизацией теплоты вытяжного воздуха в отопительный период, применяя маркизы на

окнах расход на охлаждение можно снизить на 71,3% (таблица 4). Таким образом, возможно снизить удельный расход энергии на отопление и охлаждение здания в год в 3,4 раза, доведя его до 75,9 кВт·ч/(м²·год), вместо 258,8 кВт·ч/(м²·год), тем самым повысив категорию энергоэффективности дома.

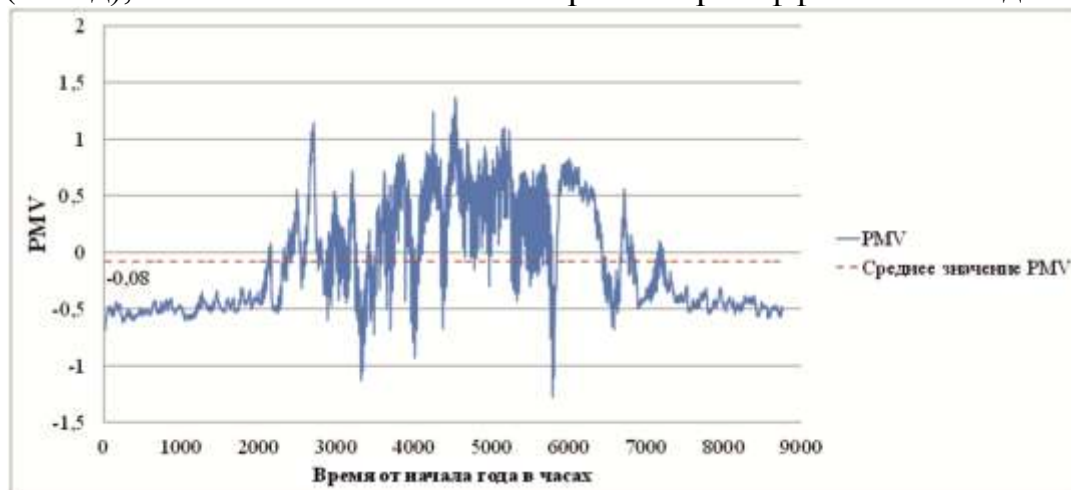


Рисунок 9 – Прогнозируемая средняя оценка качества воздушной среды в помещениях жилого дома по варианту 6 таблицы 3

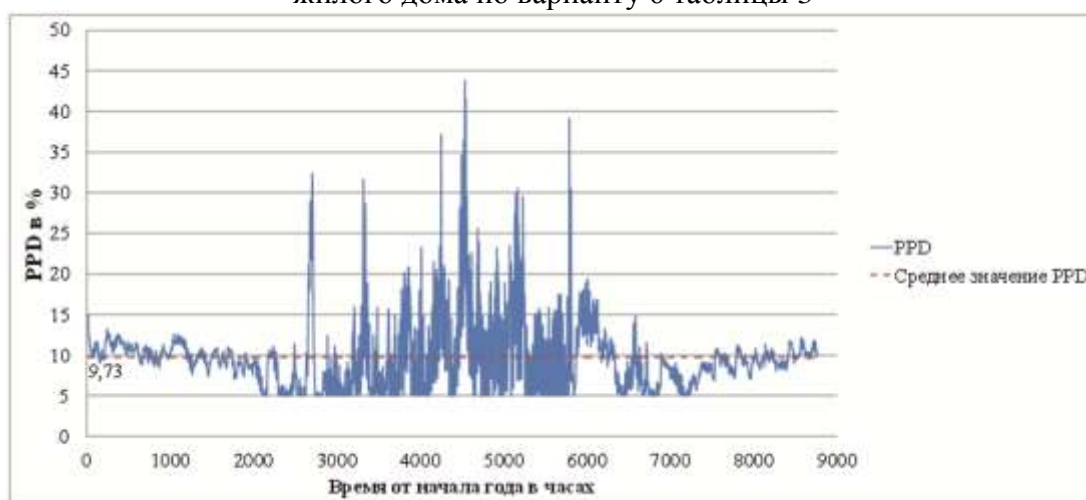


Рисунок 10 – Прогнозируемый процент недовольных температурной средой в помещениях жилого дома по варианту 6 таблицы 3

Таблица 4 – Расход энергии на охлаждение здания после реконструкции с применением маркиз на окнах

Внутренняя температура, °С	Потребляемая энергия на охлаждение (кВт·ч)	Возрастание (+)/ Снижение(-) (кВт·ч)
24	84394,2	+29726,1
25	54668,1	-
26	39692,5	-14975,6
27	27028,6	-27639,5
28	17170,6	-37497,5

Модельными исследованиями установлено, что при увеличении толщины воздушной прослойки в вентилируемом фасаде расход энергии на охлаждение здания существенно не изменяется, а на отопление значительно увеличивается. При увеличении

кратности воздухообмена в воздушной прослойке расход энергии на отопление в жилом доме увеличивается, а на охлаждение уменьшается. Поэтому рекомендуется за оптимальную толщину воздушной прослойки с утепленным экраном принять 60 мм.

Предложенные автором зоны оптимальных и допустимых сочетаний относительной влажности воздуха и температуры в жилых помещениях для условий сухого жаркого климата Таджикистана представлены на рисунке 12. Эти зоны отличаются от европейских смещением в сторону низкой влажности и высокой температуры. Предложения автора обоснованы индексами PMV и PPD и подтверждены опросом жителей. Результаты модельных исследований сочетаний относительной влажности и температуры внутреннего воздуха, приведены на рисунке 13. Наложение их на предлагаемые зоны тепловлажностного комфорта указывает на достижение оптимальных условий в большую часть года.

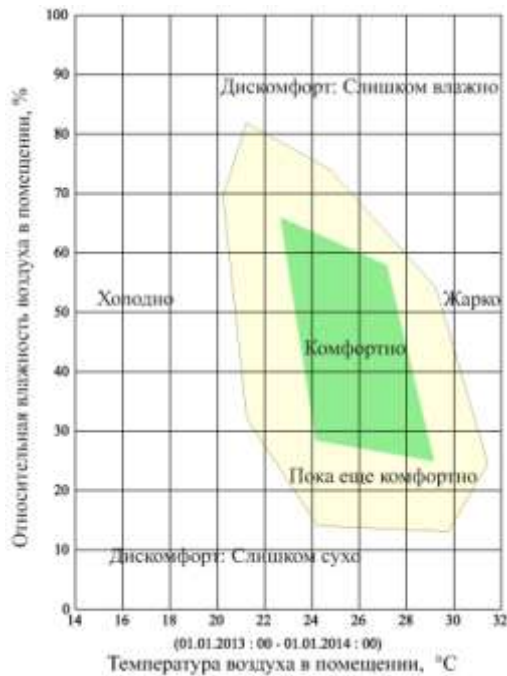


Рисунок 12 – Зоны тепловлажностного комфорта, предлагаемые для условий сухого жаркого климата Центральной Азии

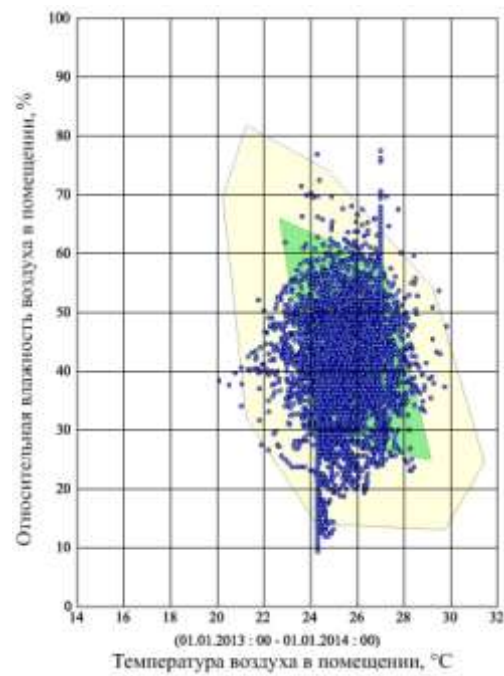


Рисунок 13 – Сочетания температуры и относительной влажности воздуха в пятиэтажном жилом доме серии 105 после реконструкции

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проделанной работы позволяют подвести следующие **итоги**:

1. Добавление объемов вдоль продольных стен с обеих сторон существующих пятиэтажных домов и надстройка мансарды позволят сократить удельную площадь наружных ограждений на 1 м² площади жилья на 20–30%, увеличить жилую площадь до 75%, увеличить плотность застройки в 1,5 раза.
2. После реконструкции пятиэтажных жилых домов серии 105, заключающейся в расширении корпуса здания, надстройке мансарды, утеплении наружных ограждающих конструкций, применении утилизатора теплоты вытяжного воздуха и солнцезащитных устройств в виде маркиз на окнах удельный расход теплотребления можно снизить в отопительный период почти в 2,6 раза, а в целом расход энергии на отопление и охлаждение – в 3,4 раза.
3. В жилых помещениях в летний период в условиях жаркого климата для аккумуляции холода ночного наружного воздуха рекомендуется смешанный

тип эксплуатации окон (днем – закрытый, ночью – открытый с 20 часов вечера до 8 часов утра), при котором можно использовать дневную работу кондиционеров. Окна жилых помещений должны быть обеспечены достаточной площадью открывающихся створок.

4. Предложен критерий достаточности выполнения требований пункта 42 СНиП РТ 23-02-2009, связанных с конструктивными решениями наружных и внутренних ограждающих конструкций, обеспечивающими теплозащиту и внутреннюю теплоустойчивость помещения, солнцезащитой окон здания при заданном их размере. Критерий состоит в ограничении в летний период года амплитуды колебаний температуры помещения величиной $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ при учете обоснованного набора возмущающих и стабилизирующих температурный режим помещения воздействиях.
5. На основе оценки результатов модельных исследований, подтвержденных натурными опросами, индексами PMV и PPD предложено для климатических условий северного Таджикистана применять для жилых помещений в качестве расчетной для отопления температуру внутреннего воздуха $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для охлаждения – $+27\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+28\text{ }^{\circ}\text{C}$. За расчетный период охлаждения следует принять пять самых жарких месяцев (с мая по сентябрь).
6. Предложены зоны оптимальных и допустимых комфортных сочетаний температуры и относительной влажности внутреннего воздуха для условий сухого жаркого климата Центральной Азии. В зону комфорта объединены параметры холодного периода года: в диапазоне температуры от $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ при влажности $30\text{ }\%$ – $65\text{ }\%$ до $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ при влажности $28\text{ }\%$ – $60\text{ }\%$, и теплого периода года: в диапазоне температуры от $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ при влажности $28\text{ }\%$ – $60\text{ }\%$ до $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ при влажности $25\text{ }\%$ – $30\text{ }\%$
7. Оценочный срок окупаемости инвестиционных затрат при реконструкции и модернизации зданий по сравнению со сносом существующих зданий и строительством новых на их месте в условиях северного Таджикистана составляет 1,5 года.

Проведенные исследования позволяют сформулировать следующие **рекомендации** по использованию результатов диссертации:

1. Внедрить в актуализированные нормы СНиП РТ 23-02-2009 ограничение амплитуды колебаний температуры помещения в летний период $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. Внедрить в разрабатываемые нормы микроклимата для Таджикистана расчетные значения температуры внутреннего воздуха жилых зданий северного Таджикистана, приняв их на уровне $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ для отопления и $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ для охлаждения, зоны оптимальных и допустимых комфортных сочетаний температуры и относительной влажности внутреннего воздуха, предназначенные для сухого жаркого климата Центральной Азии, предложенные автором (рис. 13).

Перспективы дальнейшей разработки темы можно сформулировать:

1. Проработать объемно-планировочные решения жилых зданий с расширением корпуса при реконструкции пятиэтажных домов других серий.
2. Выполнить расширенные модельные исследования энергопотребления реконструируемых жилых зданий других серий.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих статьях:

В изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Нигматов, И.И. Микроклиматические параметры в энергоэффективных зданиях / И.И. Нигматов, Ш. З. Усмонов // Известия Академия наук Республики Таджикистан. — 2011. — №3 — С. 84–85.
2. Усмонов, Ш. З. Моделирование энергетических параметров зданий посредством программного обеспечения WUFI®plus / Ш. З. Усмонов // Вестник МГСУ. — 2013. — № 7. — С. 176–180.
3. Усмонов, Ш. З. Определение схемы зоны теплового комфорта в жилых помещениях в условиях сухого жаркого климата Центральной Азии / Ш. З. Усмонов // Вестник МГСУ. — 2013. — № 7. — С. 152–156.
4. Усмонов, Ш. З. Оптимальное чередование слоёв в наружных стенах зданий с вентилируемыми фасадами / Ш. З. Усмонов // Вестник педагогического университета ТГПУ им. С. Айни. — 2013. — № 3(52). — С. 40–42.
5. Усмонов, Ш. З. Методы снижения расхода энергии на охлаждение жилых зданий в условиях сухого жаркого климата северных регионов Таджикистана / Ш. З. Усмонов // Вестник МГСУ. — 2013. — № 9. — С. 79–85.
6. Усмонов, Ш. З. Моделирование энергетических затрат на отопление и охлаждение 5-этажного жилого дома и оценка температурных условий по индексам теплового комфорта PMV и PPD / Ш. З. Усмонов // Вестник МГСУ. — 2013. — № 10. — С. 216–229.
7. Усмонов, Ш. З. Конструктивные решения наружной стены при уширении корпусов жилых домов вторичной застройки в условиях сейсмической опасности и сухого жаркого климата Центральной Азии / Ш. З. Усмонов // Вестник МГСУ. — 2014. — № 2. — С. 57–64.
8. Усмонов, Ш. З. Методика определения удельного теплоснабжения при отоплении и вентиляции здания за отопительный период при применении рекуператоров с различной эффективностью в условиях Центральной Азии (на примере северных регионов Таджикистана) / Ш. З. Усмонов // Журнал «Промышленное и гражданское строительство». — 2014. — № 2. — С. 57–58.
9. Усмонов, Ш. З. О необходимости определения оптимальных параметров температуры помещений в СНиП РТ 23-02-2009 «Тепловая защита зданий» по индексам теплового комфорта PMV и PPD / Ш. З. Усмонов // Журнал «Промышленное и гражданское строительство». — 2015. — № 1. — С. 54–57.
10. Усмонов, Ш. З. Объемно-планировочные решения жилых зданий на основе массовой серии после их реконструкции для сложных семей и семейных групп народов центральной Азии (на примере Таджикистана) / Ш. З. Усмонов // Вестник МГСУ. — 2015. — № 4. — С. 26–38.

Публикация на немецком языке:

11. Nigmatow, I.I. Rechnerische Bewertung von Dämmmaßnahmen an Wohngebäuden in Tadschikistan am Beispiel des Gebietes um Sogd [Электронный ресурс] / I.I. Nigmatow, Sch.S. Usmonow, H. Sinnesbichler, F. Antretter // Fraunhoferinstitut für Bauphysik IBP-Mitteilung. 2012. No. 39 (519). — Режим доступа: http://www.ibp.fraunhofer.de/content/dam/ibp/de/documents/Publikationen/IBP-Mitteilung/IM_519-2012_web_tcm45-1035012.pdf.