

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ СТРОИТЕЛЬНОЙ
ФИЗИКИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ АРХИТЕКТУРЫ
И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК»
ХУДЖАНДСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ТАДЖИКСКОГО
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. АКАДЕМИКА М. С. ОСИМИ

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:

Малявина Елена Георгиевна

кандидат технических наук, профессор

Москва - Худжанд 2016

О Г Л А В Л Е Н И Е

	ВВЕДЕНИЕ.....	6
Глава 1	АНАЛИЗ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ, ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ НА ПРЕДМЕТ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И КОМФОРТА ДЛЯ ПРОЖИВАНИЯ.....	16
1.1	Состояние вопроса об энергосбережении и комфортности проживания в существующем жилом фонде.....	16
1.2	Анализ объемно-планировочных решений в существующем жилом фонде на предмет реконструкции.....	21
1.3	Опыт реконструкции и модернизации жилых домов в РФ и за рубежом.....	28
1.3.1	Реконструкция жилых домов в РФ.....	28
1.3.2	Реконструкция жилых домов за рубежом.....	32
1.4	Современное состояние теплозащиты существующих пятиэтажных зданий.....	36
1.4.1	Требования к теплозащите наружных ограждающих конструкций.....	36
1.4.2	Теплозащитные свойства наружных стен существующих зданий.....	37
1.4.3	Теплозащитные свойства крыш существующих зданий.....	38
1.4.4	Тепловая защита полов в существующих жилых зданиях.....	39
1.5	Существующие подходы к нормированию микроклиматических параметров в жилых зданиях.....	40
1.5.1	Параметры микроклимата жилого помещения и нормирование их в РФ.....	40
1.5.2	Нормирование параметров микроклимата жилого помещения за рубежом.....	44
1.6	Выводы по главе 1.....	48

Глава 2	РАЗРАБОТКА РЕШЕНИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ НАРУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ.....	49
2.1	Цели реконструкции и модернизации жилого фонда северного Таджикистана.....	49
2.2	Конструктивные решения по увеличению ширины здания и возведению и реконструкции наружных стен.....	52
2.3	Конструктивные решения мансардных этажей.....	56
2.4	Утепление полов первого этажа.....	60
2.5	Теплоустойчивость ограждающих конструкций зданий в теплый период года.....	61
2.6	Амплитуда колебаний температуры помещения в теплый период года.....	63
2.7	Выводы по главе 2.....	66
Глава 3	РАЗРАБОТКА ОБЪЕМНО - ПЛАНИРОВОЧНОГО РЕШЕНИЯ РЕКОНСТРУИРУЕМЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ СЛОЖНЫХ СЕМЕЙ НАРОДОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ.....	67
3.1	Основные принципы проектирования жилых домов для семей из трех поколений.....	67
3.2	Предложения внутренней перепланировки дома для повышения комфортности проживания.....	69
3.3	Анализ вариантов реконструкции жилого дома – основы.....	70
3.4	Объемно-планировочное решение жилого дома после реконструкции.....	78
3.5	Выводы по главе 3.....	83
Глава 4	ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКИМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ.....	84
4.1.	Цели моделирования и постановка задачи.....	84
4.1.1	Математическая модель теплопередачи через	

	несветопрозрачные ограждающие конструкции.....	84
4.1.2	Математическая модель теплового состояния окна.....	87
4.1.3	Математическая модель теплового состояния внутреннего воздуха.....	88
4.1.4	Математическая модель теплопередачи через стену с навесной фасадной системой (НФС).....	90
4.2	Возможности программного обеспечения WUFI+.....	92
4.3	Подготовка исходных данных для математического моделирования.....	95
4.4	Расход энергии на отопление и охлаждение и оценка теплового комфорта в пятиэтажном жилом доме серии 105 до и после модернизации.....	98
4.4.1	Исследование жилого дома до реконструкции.....	98
4.4.2	Исследование жилого дома после реконструкции.....	101
4.5	Оценка снижения затрат энергии при применении рекуператоров теплоты вытяжного воздуха.....	102
4.6	Расчетная температура внутреннего воздуха в теплый период года.....	105
4.7	Оценка снижения затрат энергии при применении солнцезащитных устройств (СЗУ).....	107
4.8	Обеспечение аккумуляции ночного холода.....	110
4.9	Предложение расчетных значений температуры и зон комфортных сочетаний температуры и относительной влажности внутреннего воздуха.....	114
4.9.1	Выявление зоны комфортных сочетаний температуры и относительной влажности в жилых помещениях Центральной Азии.....	114
4.10	Влияние толщины воздушной прослойки вентилируемого фасада на нагрузку на отопление и охлаждение.....	120
4.11	Технико-экономическая оценка эффективности	

	реконструкции жилых зданий.....	122
4.12	Выводы по главе 4.....	125
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	128
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	130
	ПРИЛОЖЕНИЯ	146

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы диссертации

В связи с ростом численности городского населения, крупные города республики Таджикистан, такие как Душанбе, Худжанд, Курган-Тюбе и др., испытывают жилищный «голод». Проблемной является массовая застройка энергозатратными панельными и кирпичными жилыми домами по типовым проектам первого поколения, построенными в период 1965-1985-х годов. Их объем составляет около 8315 тысяч м².

Типовые пяти- и девятиэтажные дома проектировались и строились по нормам полувековой давности с теплотехническими характеристиками ограждений, не отвечающими современным требованиям. Все они имеют моральный износ, как по планировочному решению, так и по эксплуатационным характеристикам теплоизоляции 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 и обладают 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. Такие климатические особенности характерны для большинства городов северного Таджикистана. В частности, Согдийская область (с центром г. Худжанд), являющаяся крупнейшей в республике, характеризуются экстремальными климатическими условиями. В таких районах и, в целом для республики, 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.

Для решения упомянутых актуальных задач в настоящей работе речь идет о

- реконструкции без отселения жителей пятиэтажных жилых домов с расширением их корпусов и надстройкой мансардными этажами на основе поиска рациональных решений освещения помещений;

- объемно-планировочных решениях с учетом демографической обстановки Таджикистана;

- решениях наружных ограждающих конструкций и конструкций помещений, обеспечивающих в климатических условиях Таджикистана выполнение требований теплозащиты и теплоустойчивости для энергосбережения и создания комфортных условий для людей;

- средствах поддержания теплового и влажностного режимов жилого дома и их энергетической оценке методами математического моделирования с использованием автоматизированного средства WUFI+;

- рациональной солнцезащите помещений здания, способствующей снижению холодильной нагрузки на системы поддержания микроклимата в помещениях здания;

- расчетных значениях температуры внутреннего воздуха в холодный и теплый периоды года, продолжительности периода охлаждения помещений; зонах оптимальных и допустимых комфортных сочетаний температуры и относительной влажности внутреннего воздуха для климатических условий северных районов Таджикистана для рационального проектирования систем отопления и охлаждения помещений, отвечающего современным требованиям энергосбережения при поддержании комфортных санитарно-гигиенических тепловлажностных условий.

Степень разработанности темы диссертации. Вопросы улучшения объемно-планировочных решений жилых зданий, тепловой защиты, микроклимата помещений при создании благоприятной среды обитания с учетом энергосбережения при строительстве и эксплуатации зданий в разное время нашли отраже-

ние в исследованиях целого ряда ученых, таких как А. И. Ананьев [1-3], В. С. Беляев [4-6], В. Н. Богословский [8, 9], С. Н. Булгаков [10-13], В. Г. Гагарин [18-23], С. В. Зоколей [32], В.М. Ильинский[39], Ю. Я. Кувшинов [35, 36], В. Н. Куприянов [41, 42], В. К. Лицкевич [44-46], Е. Г. Малявина [48, 49], Ю. А. Матросов [52-54], И. И. Нигматов [58-60], Н. В. Оболенский [61-64], В. Г. Савин [74-78], А. К. Соловьев [81], Ю. А. Табунщиков [90-94], П.Н.Умняков [106], Н. П. Умнякова [96], К. Ф. Фокин [105], Н. Х. Якубов [110, 111], Р. О. Fanger [122, 123], Gerd Hauser [125-127], Hugo Hens [128-133], Bjarne W. Olesen [14, 136, 137], Klaus Peter Sedlbauer [139, 140] и других.

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 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 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 градостроительные, объемно-планировочные мероприятия, солнцезащита вертикальных и горизонтальных ограждений здания, обводнение и озеленение территории застройки;

- 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 дока-

занную 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 Архитектуры», 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. С. Осими, группа КНАУФ СНГ, Душанбе, 2012 г.; Республиканская научно-практическая конференция «Современные технологии в электроэнергетике и промышленности», ПИТТУ, Худжанд, 2012 г.; Международная научно-практическая конференция, посвященная 50-летию образования кафедры Архитектуры ТПИ-ТТУ и 80-летию Заслуженного работника РТ, академика Академии А и С 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 решений архитектурно-строительных задач с использованием современных методов проектирования».

нальных 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 строительно-акустических методов и средств, поиск рациональных решений освещения зданий и отдельных помещений, рациональных 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 опубликованы 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 рисунков, 27 таблицы, 49 формул. Общий объем диссертации – 183 страницы. Количество приложений 6 – на 38 страницах.

Краткое изложение содержания 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. Необходимо ставить задачу модернизации и реконструкции пятиэтажной застройки. Имеется положительный опыт реконструкции и модернизации жилых домов за рубежом. Ограждающие конструкции наружной оболочки существующих жилых пятиэтажных зданий не отвечают современным теплотехническим нормам. Для оценки требуемых затрат теплоты и холода на поддержание микроклимата в реконструируемых зданиях в Таджикистане не хватает микроклиматических норм внутренней среды, ориентированных на проживающих в климатических условиях Центральной Азии.

Одной из целей реконструкции и модернизации жилых здания, рассматриваемых во второй главе, является проблема снижения теплопотребления 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 м² общей площади дома. Предлагаемые автором конструктивные решения наружных ограждений зданий для условий жаркого климата северных регионов Таджикистана удовлетворяют предъявляемым требованиям СНиП РТ 23-02-2009 «Тепловая защита зданий» по зимним и летним условиям. Устройство утепленных мансардных помещений с чердачным пространством взамен плоских и малоуклонных крыш сокращает теплопотери через крышу и обеспечивает долговечность кровли. Устройство дополнительного утепления пола первого этажа, хотя и приводит к незначительному уменьшению высоты этажа, но улучшает гигиенические характеристики пола: снижает показатель теплоусвоения поверхности пола, повышает температуру пола, а также снижает теплопотери через пол.

Третья глава посвящена разработке объемно-планировочных решений реконструируемого здания. На основе рассмотрения четырех вариантов перепла-

нировки выбран один, позволяющий увеличить жилую площадь реконструируемого жилого дома от 25% до 35% 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.

В четвертой главе изложены задачи и результаты математического моделирования энергетических показателей жилых зданий. Приведена математическая постановка задачи о тепловом режиме здания и обосновано применение в качестве инструмента исследования программного комплекса WUFI+, разработанного в Институте строительной физики им. Фраунгофера в Германии. Решались задачи оценки микроклиматического состояния в жилых помещениях до и после реконструкции пятиэтажных зданий на основе данных моделирования и с привлечением оценочных показателей PMV, предсказывающего теплоощущения человека и PPD, оценивающего уровень дискомфорта. На основе полученных результатов, а кроме того прямого обследования жилых домов и опроса жителей, предложены значения расчетной температуры внутреннего воздуха для выбора теплозащиты в холодный и теплый периоды года, а также зоны комфортных сочетаний температуры и относительной влажности в помещениях зданий в условиях северного Таджикистана.

В заключении приведены итоги выполненного исследования, рекомендации по использованию результатов диссертации и перспективы дальнейшей разработки темы.

ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ, ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЯ НА ПРЕДМЕТ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ И КОМФОРТА ДЛЯ ПРОЖИВАНИЯ

1.1 Состояние вопроса об энергосбережении и комфортности проживания в существующем жилом фонде

Жилищный фонд Таджикистана по оценкам Госкомстата РТ на 1 января 2009 года составлял 26 млн. 140.5 тыс. м². Структура площади жилого фонда приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Характеристика жилого фонда городов и поселков городского типа Республики Таджикистан

Показатели жилищного фонда	Единица измерения	Количество	% от общего количества
а) общая площадь (всего)			
в том числе:	тыс. м ²	26140,5	
- государственный, общественный фонд ЖСК	тыс. м ²	4147,8	15,0
- собственный (частный) фонд			
б) жилая площадь (всего)	тыс. м ²	21992,7	85,0
в том числе:	тыс. м ²	17246,6	
- государственный, общественный фонд ЖСК	тыс. м ²	2634,2	15,0
- собственный (частный) фонд	тыс. м ²	14612,4	85,0

Изменения общей площади городского жилищного фонда в Согдийской области, начиная с 1998 года, приведены на рисунке 1.1.

Общий жилищный фонд Согдийской области составляет 22671,8 тыс. м² общей площади или 10,1 м² на одного жителя, а городской жилищный фонд равен 10280,3 тыс. м². Из общей площади жилищного фонда – 10,5% или 2384,9 тыс. м² относятся к государственному общественному фонду и фонду жилищно-строительных и жилищных кооперативов.



Рисунок 1.1 – Городской жилищный фонд северного Таджикистана
(Согдийская область)

Жилой фонд Республики Таджикистан (особенно его северной территории) с точки зрения энергоиспользования является весьма неэффективным [67]. Дешевые энергоносители в прошлый советский период привели к строительству зданий с невысоким уровнем теплозащиты.

Ситуация, сложившаяся в Республике Таджикистан в сфере капитального строительства и жилищно-коммунальном хозяйстве, характеризуется рядом негативных явлений, таких как:

- острой нехваткой жилья, особенно социального назначения - для малообеспеченных граждан;
- неудовлетворительным состоянием жилого фонда и др.

Остро стоят вопросы сохранности жилого фонда и рационального использования энергетических ресурсов. Например, при объеме жилищного строительства сегодня в России 45 - 50 млн. м², что составляет около 2% от эксплуатируемого жилищного фонда, экономия энергоресурсов за счет ужесточения норм строительной теплотехники в жилищном строительстве в ближайшие 10 лет не достигнет и 5 % [14]. В Республике Таджикистан объёмы жилищного строительства в разы ниже. Поэтому для получения реальных и ощутимых результатов по энергосбережению основное внимание необходимо уделять сохранности, рекон-

струкции, модернизации и капитальному ремонту жилого фонда и его энергоэффективности. Самым простым, эффективным и надежным техническим решением при реконструкции зданий является надстройка мансардного этажа. Кроме того, эффективным является расширение корпусов [11].

Всю существующую застройку городов и поселков городского типа республики можно разделить на 4 группы:

1 группа - здания, построенные в период с 1924-1941 гг. это в основном 1-2 этажные кирпичные здания, возведенные без подготовки основания, а также одноэтажные здания из грунто - материалов.

2 группа - здания, построенные в 1946-1959гг. Это 2-4 этажные жилые дома со стенами из кирпича, а также сохранившиеся частично 1 этажные пахсовые здания и 2-х этажные так называемые «финские дома» с применением деревянного каркаса.

3 группа - здания, построенные периодов 1960-1992 гг. Это многоэтажные здания различных конструктивных систем - кирпичные, крупнопанельные, монолитные, каркасные и т.п. возведенные с соблюдением норм сейсмостойкости и строительства на просадочных грунтах.

4 группа - здания различной этажности, построенные по индивидуальным проектам.

Анализ градостроительной ситуации по типам жилых домов и их этажности, к примеру, в г. Душанбе, свидетельствует о преобладании в застройке жилых микрорайонов четырех- и пятиэтажных кирпичных и крупнопанельных жилых домов постройки 60-70-х годов прошлого столетия.

Общее количество современных 9-16-тиэтажных жилых домов в застройке городов крайне ограничено. К примеру, в городе Душанбе их общее количество составляет всего 246 строений (7,2 % от общего количества многоквартирных жилых домов) [67].

Аналогична градостроительная ситуация в городах Худжанде. Курган-Тюбе, Кулябе и других городах республики. Десятки тысяч граждан республики проживают в недостаточно комфортных домах постройки 1965 - 1985-х годов,

моральный износ которых значителен. В то же время строительство жилых домов в республике в основном осуществляется субъектами негосударственного сектора, в котором значительную долю занимает население. Ими построено жилья общей площадью 66201 м² или 92,1 % от общего объема введенных в действие жилых домов [67].

Для капитальных зданий, построенных в Европе, периодичность проведения капитального ремонта и реконструкции составляет около 25 лет. В настоящее время в общем объеме городского жилищного фонда 90 % жилых домов были возведены более 30 лет назад, и в них не проводился капитальный ремонт и которые имеют износ более 30 %.

Нарушение нормативных сроков периодичности капитального ремонта и реконструкции зданий, несоответствие их показателей требованиям теплотехнических норм привели к тому, что Таджикистан оказался на одном из последних мест в мире по тепловой эффективности жилых зданий. В Таджикистане расход энергии на 1 м² жилья составляет 200-300 кВт·ч и более в год, что в 2-3 раз превышает нормативные затраты в России. В городах северного Таджикистана доминируют возведенные на индустриальной основе крупнопанельные дома, для которых характерно высокое потребление энергии.

Проблемной является массовая застройка энергозатратными панельными и кирпичными жилыми домами по типовым проектам первого поколения, построенными в период 1965-1985-х годов. Их объем составляет около 8315 тысяч. м².

Типовые пятиэтажки проектировались и строились по нормативам полувекковой давности с применением неэффективных теплоизоляционных материалов с теплотехническими характеристиками их ограждений, не отвечающими современным требованиям. 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, подтвержденными многочисленными исследованиями [12]. Вместе с этим все они имеют моральный износ, как по планировочному решению, так и по эксплуатационным характеристикам - тепло -, гидро - и шумоизоляции, и не отвеча-

ют современным нормативным требованиям комфортности, потребительским качествам и внешнему облику зданий. Теплозащита наружных стен и крыш жилых зданий в целом соответствовала требованиям предшествующих норм по зимним и летним условиям, но не учитывала затратное энергопотребление.

Тысячи жителей живут в недостаточно комфортных условиях. Следует отметить, что в республике пока отсутствуют отечественные нормы по микроклимату зданий. Повышенные требования к качеству жилой среды, к планировочным, конструктивным, инженерным характеристикам, изменения демографического состава населения Таджикистана в сторону увеличения числа пожилых людей, происшедшие за последние 15 лет обуславливают актуальность первоочередной модернизации и реконструкции жилищного фонда.

Наряду с этим, в новых проектных решениях зданий необходимо использовать современные эффективные архитектурно-конструктивные решения, принимая меры по повышению их энергоэффективности. В перспективе, в течение 20 – 30 лет, развитие городов Республики Таджикистан целесообразно осуществлять за счет более рационального использования территорий, уплотнения застройки до нормативного уровня без освоения новых пригородных территорий, за счёт сноса ветхого жилья. Необходимо осуществить реконструкцию жилых кварталов с утеплением ограждающих конструкций в существующих домах в соответствии с новыми теплотехническими нормативами. Надо рассмотреть целесообразность в условиях центрально-азиатского климата перехода на проектирование и строительство ширококорпусных жилых домов, геометрические параметры которых следует обосновать. Стремление к этому решению основано на сокращении на 20–30% удельной площади наружных ограждающих конструкций на квадратный метр площади жилья.

Таким образом, основные положения о состоянии существующего жилищного фонда можно охарактеризовать следующим:

- в стране ощущается жилищный голод;
- многочисленные типовые пятиэтажные дома имеют моральный износ, как по планировочному решению, так и по эксплуатационным характеристикам;

- скученное проживание в маленьких квартирах с односторонней ориентацией по сторонам света дискомфортно;
- типовые пятиэтажные дома обладают существенными запасами несущей способности;
- возведенные на индустриальной основе существующие крупнопанельные дома имеют высокое потребление энергии;
- наружные ограждающие конструкции типовых панельных и кирпичных жилых домов обладают низкой теплозащитой;
- проживание в существующих пятиэтажных домах с низкой теплозащитой в климатических условиях Центральной Азии вызывает дискомфорт;
- пятиэтажные дома возможно реконструировать;
- в республике Таджикистан пока отсутствуют отечественные нормы по микроклимату зданий.

С учётом вышесказанного в настоящей главе следует:

- проанализировать объемно-планировочные решения в существующем жилом фонде на предмет реконструкции;
- изучить иностранный опыт реконструкции пятиэтажных панельных и кирпичных домов;
- проанализировать современное состояние теплозащиты существующих пятиэтажных зданий;
- рассмотреть существующие подходы к нормированию микроклиматических параметров в жилых зданиях с целью учета особенностей климата Центральной Азии.

1.2 Анализ объемно-планировочных решений в существующем жилом фонде на предмет реконструкции

В практике массового строительства многоэтажных жилых домов в регионах Центральной Азии в конце прошлого столетия получили широкое применение

ние экономичные по тому времени и отвечающие требованиям индустриального строительства проекты, крупнопанельных зданий.

В северных регионах Таджикистана в 1965-1985-х годов было построено много домов серий 105, 464 и 155 (рис. 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6).



Рисунок 1.2 – Пятиэтажный крупнопанельный жилой дом серии 105 на ул. Ленина в г. Худжанде



Рисунок 1.3 – Пятиэтажный крупнопанельный жилой дом серии 105 в 12 – м микрорайоне г. Худжанда



Рисунок 1.4 – Девятиэтажные крупнопанельные жилые дома серии 105
в 8-м и 12-м микрорайонах г. Худжанда



Рисунок 1.5 – Пятиэтажные крупнопанельные жилые дома серии 464
в 12-м микрорайоне г. Худжанда



Рисунок 1.6 – Пятиэтажные кирпичные жилые дома серии 155
в 19-м микрорайоне г. Худжанда

Начало формирования крупнопанельного жилого фонда в Таджикистане относится к 1963-65-м годам, когда для массового строительства была принята одна общесоюзная серия ТТЖ -1-464 А (1,2,3) с четырех и трехквартирными секциями с узким шагом поперечных несущих стен - 2,6; 3,2м, и глубиной секций 9,8 -10,0 м.

Планировочные решения квартир этого периода определялись жестким и не всегда удачным нормированием соотношения жилой и полезной площади, так как в квартирах предусмотрены маленькие кухни. Анализ архитектурно-планировочных решений крупнопанельных жилых домов первых двух «поколений» и оценка их соответствия современным требованиям позволяют сделать вывод, что моральный износ этих зданий имеет одну и ту же причину, заключающуюся в недостаточности размеров подсобных помещений. В наибольшей степени планировочные недостатки присущи 2х и 3х комнатным квартирам. Проблема еще усложняется тем, что потребительская стоимость этих квартир в рассматриваемых жилых домах крайне низка. Все это говорит о целесообразности модернизации четырех- и пятиэтажных крупнопанельных жилых домов, при проведении которой следует выделить, прежде всего, устранение планировочных недостатков квартир, повышение комфортного уровня благоустройства зданий (устройство мусоропроводов, лифтов), повышение теплозащитных качеств наружных ограждений и звукоизоляции внутренних стен и перегородок и, наконец, улучшение архитектурно-художественных качеств, как отдельных зданий, так и застройки в целом.

Исследования показывают, что в общей сумме затрат по модернизации четырех и пятиэтажных крупнопанельных жилых домов сметная стоимость по перепланировке составит в среднем 10-20% [12]. Таким образом, говоря об экономической целесообразности модернизации, следует учитывать, что стоимость перепланировки не является ее основной составляющей. Основная доля затрат будет связана с устранением физического износа инженерного оборудования, конструктивных элементов, наружной и внутренней отделки [12].

Стены наружные выполнены из однослойных керамзитобетонных панелей толщиной 300 мм. Перекрытия сборные железобетонные из плоских панелей кассетного изготовления толщиной 160 мм. Покрытие здания из сборных кровельных железобетонных плоских панелей кассетного изготовления толщиной 100 мм. Крыша бесчердачная вентилируемая с внутренним водостоком. Кровля выполнена из 4-х слоев рубероида на антисептированной битумной мастике.

В основе планировочного решения указанной серии (ТТЖ-1-464 АС-3) приняты секции с 3-мя квартирами на этаже, с номенклатурой квартир 1х2х3, при этом две квартиры – одно - и двухкомнатные имеют одностороннюю меридиональную ориентацию и одна – 3-х комнатная, планировку с двухсторонним расположением помещений. Положительной особенностью проекта является наличие достаточных по площади летних помещений в виде веранд и лоджий.

Недостаточность размеров подсобных помещений, в наибольшей степени присуща 2-х и 3-хкомнатным квартирам. Последнее является наиболее типичной особенностью морального износа этих зданий.

В домах указанной серии конструктивная схема определяет жесткость планировочного решения квартир из-за наличия несущих перегородок, расположенных с узким шагом (2,6 м и 3,2 м), и пролетом 5,0 м. В этой связи совершенно обоснованной является задача реконструкции и модернизации этих жилых домов, заключающаяся, прежде всего в устранении планировочных недостатков квартир, путем объединения квартир с увеличением количества комнат с учетом современных социально-экономических требований и демографического состава населения конкретного района, такая реконструкция допускается существующей планировкой. Объемно-планировочные решения жилых зданий серий 105, 464, 155 приведены на рисунках 1.7, 1.8, 1.9 и 1.10.

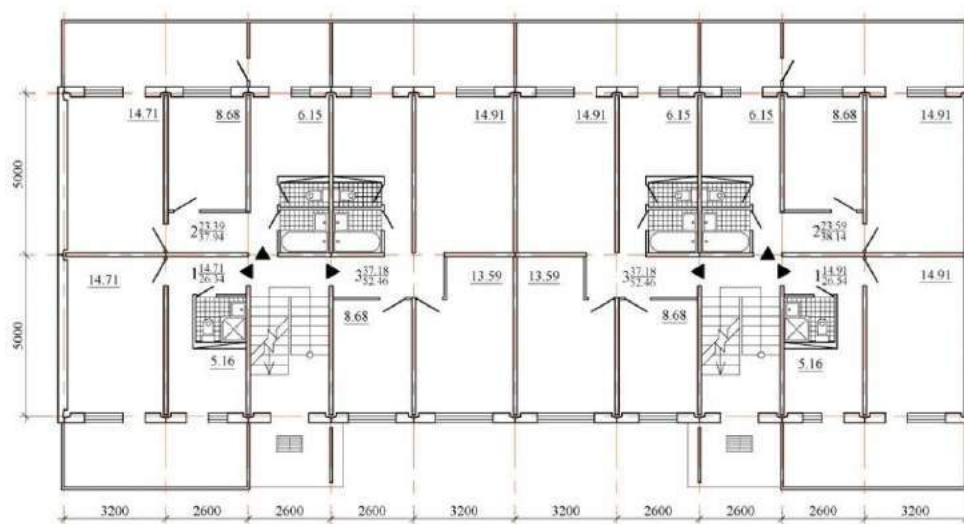


Рисунок 1.7 – План пятиэтажного 30 - квартирного жилого дома серии 464 ТТЖ-1-464

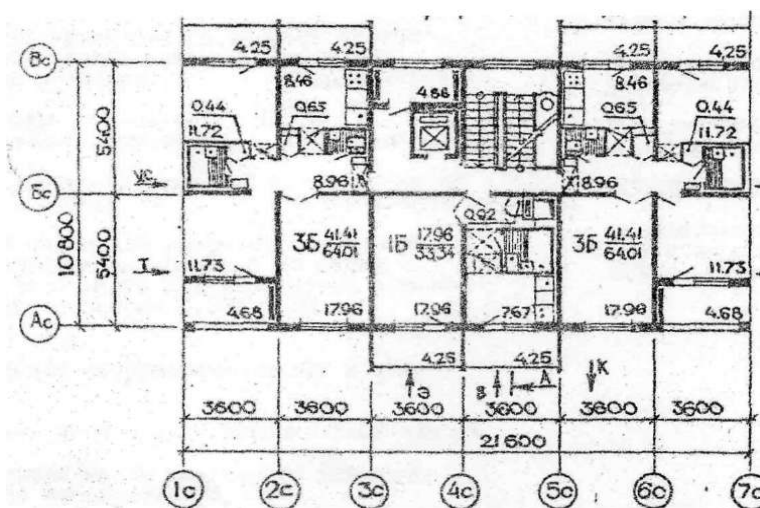


Рисунок 1.8 – План пятиэтажного 25 - квартирного жилого дома серии 105

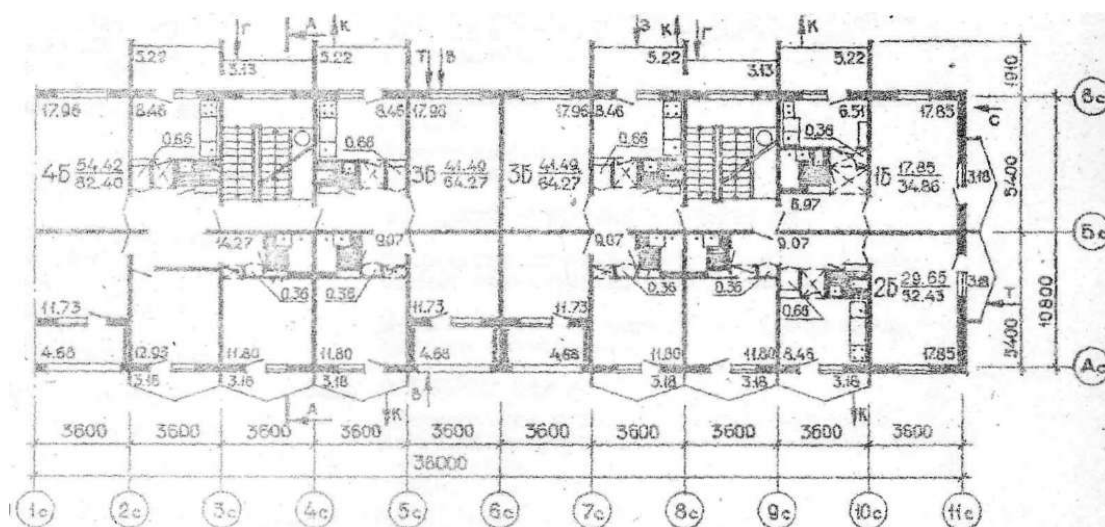


Рисунок 1.9 – План девятиэтажного 27 - квартирного жилого дома серии 105

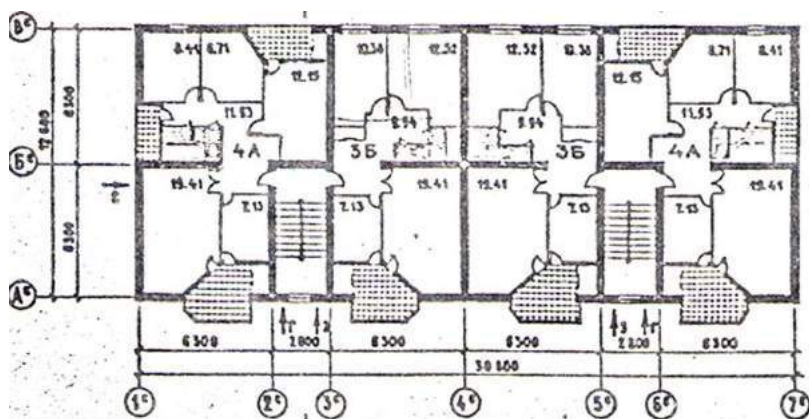


Рисунок 1.10 – План пятиэтажного 20 - квартирного жилого дома серии 155

В северных регионах Таджикистана значительное число крупнопанельных зданий было возведено по сериям 464 и 105, представляющим 5-ти и 9-тиэтажные жилые дома с наружными стенами, выполненными в основном из керамзитобетонных панелей. Меньшую часть составляют здания серии 155 с наружными стенами из кирпича.

В зданиях серии 105 конструктивная схема выполнена с поперечными и продольными несущими стенами с опиранием панелей перекрытий по контуру. Шаг продольных стен 5,4 м, поперечных 3,6 м. Фундаменты ленточные монолитные железобетонные. Наружные стены выполнены из однослойных керамзитобетонных панелей толщиной 300 мм. Перекрытия из сборных железобетонных плоских панелей кассетного изготовления толщиной 160 мм. Покрытия зданий выполнены из сборных железобетонных плоских панелей кассетного изготовления толщиной 100 мм. Крыша бесчердачная вентилируемая с внутренним водостоком. Кровля из 4-х слоев рубероида на антисептированной битумной мастике. Вентиляция дома естественная. Габариты здания в плане 36 м × 10,8 м. Высота здания 16,42 м.

Здания серии 155 кирпичные с несущими продольными и поперечными стенами. Шаг продольных стен 6,3 м и 2,8 м, поперечных 6,3 м. Конструктивная схема дома с продольными несущими стенами с опиранием многопустотных панелей перекрытый по двум сторонам. Фундаменты ленточные монолитные железобе-

тонные. Стены наружные толщиной 380 мм. Крыша чердачная с наружным организованным водостоком. Кровля выполнена из асбестоцементных листов. Полы дощатые (с паркетным вариантом), а в кухнях с вариантами из поливинилхлоридных плит. Размеры здания 40,6 м×11,52 м. Высота дома 17,6 м.

Ширина корпуса этих домов 10 – 11,6 м, что ниже принятой ширины в современном жилищном строительстве. Наружные ограждающие конструкции рассчитаны на нормируемое ранее сопротивление теплопередаче, что в 2....2,5 раза ниже современных норм и требует дополнительного утепления. Следует проанализировать возможность расширения корпусов домов на месте существующих пятиэтажных домов без их сноса, как это предлагается в [14].

Снос этих зданий является дорогостоящим мероприятием и может быть осуществлен только по соображениям градостроительной целесообразности. Несущие конструкции этих зданий допускают возможность надстройки мансардных этажей. Поэтому необходимо ставить задачу модернизации и реконструкции пятиэтажной застройки. Этим будет достигнуто повышение комфортного уровня благоустройства архитектурно-художественных качеств не только отдельных зданий, но и застройки в целом.

1.3 Опыт реконструкции и модернизации жилых домов в РФ и за рубежом

1.3.1 Реконструкция жилых домов в РФ

В Российской Федерации еще в 1990-х годах была разработана Федеральная программа «Жилище». Программа работает до сих пор, Правительство РФ продлило программу еще с 2016 по 2020 годы. Целью программы является формирование рынка жилья экономкласса, доступного большинству граждан РФ, повышение качества жилищного фонда РФ. Межведомственный совет по вопросам строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства отмечает [80], что при реализации Государственной целевой программы «Жилище» сохра-

нение и обновление жилищного фонда и перестройка домостроительной базы рассматриваются как актуальные и перспективные направления деятельности строительного комплекса. Особое внимание при этом уделяется реконструкции, модернизации и капитальному ремонту жилых домов. Отмечается, что реконструкция жилищного фонда является «одним из важнейших средств достижения гармонизации городской среды, решения социальных задач развития города, направленных на улучшение условий проживания».

Наиболее актуальной и экономически целесообразной сферой реконструкционной деятельности является фонд домов первых массовых серий, построенных в 50-60 годы, необходимость решения проблемы их реконструкции объясняется масштабностью типового жилищного фонда, объемы которого составляют 250 млн. кв. метров; 4-5-этажные типовые дома первого поколения размещаются практически по всей территории России; в них проживают около 15 млн. граждан и сосредоточена значительная часть социального жилья.

Реконструкция жилых домов и структурная перестройка предприятий домостроения находят свое практическое развитие на территории Российской Федерации. Удачным признан эксперимент по реабилитации жилого дома серии 1-468 в Екатеринбурге, ведется модернизация жилых домов серии 1-335 в Омске, реконструкция жилого дома серии 1605 с расширением корпуса и надстройкой двух этажей в Казани. В Санкт-Петербурге проведена работа по утеплению жилых домов серии 1-335, АО «Трест № 5» осуществлена комплексная реконструкция кирпичного жилого дома с надстройкой четырех этажей и расширением здания. Осуществляется программа реконструкции городской застройки, сложившейся из 5-этажных жилых домов первых массовых серий, в Москве [63, 78].

В книге [4] авторы утверждают, что расширение корпусов и надстройка как одна из форм реконструкции приемлема для зданий старой и более поздней постройки, способствуют увеличению плотности застройки с сохранением жилых функций и частичным или полным перепрофилированием. В книге приводятся схемы реконструкции жилых домов, показанные на рисунке 1.11.

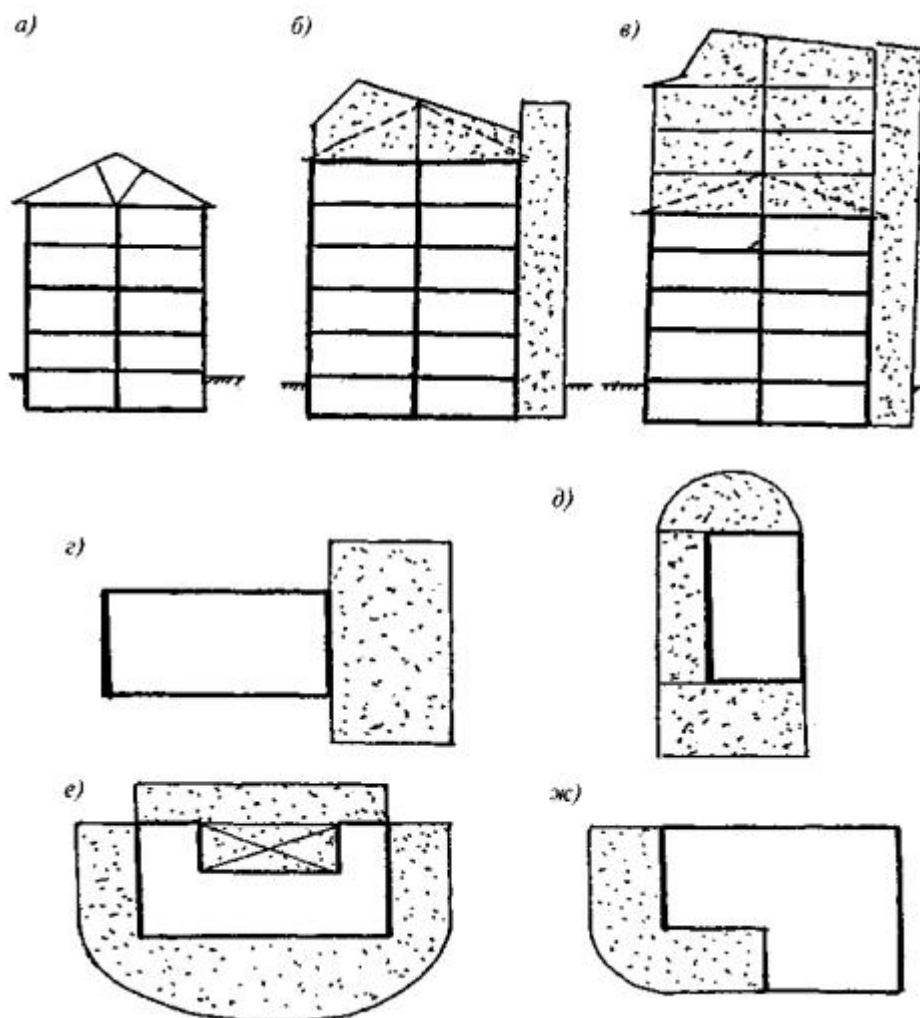


Рисунок 1.11 – Варианты реконструкции жилых зданий ранней постройки

а - без изменения конструктивной схемы и строительного объема; *б* - с пристройкой малых объемов и превращением чердачного этажа в мансардный; *в* - с надстройкой этажей и пристройкой объемов; *г* - с пристройкой корпуса к торцевой части здания; *д*, *е* - с обстройкой зданий; *ж* - с пристройкой объемов криволинейных форм

Значительный вклад в теоретическое обоснование и практическое воплощение реконструкции жилых домов первых индустриальных серий в городах России, Белоруссии и других стран СНГ внесла группа ученых, архитекторов и специалистов проектировщиков (научный руководитель С. Н. Булгаков) разработала концепцию, технические решения и социально-экономические обоснования окупаемой реконструкции пятиэтажных и меньшей этажности жилых домов по методу вторичной застройки кварталов и микрорайонов без сноса или с неболь-

шим сносом существующих зданий и при двух-, трехкратном приросте площадей жилья [15, 16].

Реализация идеи вторичной застройки основывается на использовании проектов ширококорпусных жилых домов (ШКД) и домов вторичной застройки (ДВЗ), а также на системном решении проблем реновации и развития сети объектов социальной и инженерной инфраструктуры. До 40 % уменьшаются теплопотери здания. Благодаря доведению площади жилья на один лестнично-лифтовой блок до нормативов, а также более рациональному использованию участков застройки стоимость 1 м² жилья сокращается на 15—20 % по сравнению с самыми экономичными сериями домов массовой застройки.

Накоплен опыт проектирования и строительства ШКД. По проектам МНИИТЭПа фирма «Тема» построила более 20 ШКД. Такие дома возводят в шести городах Подмосковья, в экспериментальном порядке их строят в Орле, Белгороде, Владимире, Казани.

Наиболее важными результатами от реализации концепции в ближайшие 15—20 лет авторы [16]:

- сохранение от сноса 300—350 млн. м² жилья в пятиэтажных и меньшей этажности жилых домах, построенных в 1950-1960-х гг.;
- создание достойных условий проживания миллионам людей;
- прирост площадей жилья (до 80 % и более) на освоенных и обустроенных городских территориях без отчуждения и освоения новых территорий;
- комплексное решение проблемы крупномасштабного энергосбережения при эксплуатации жилищного фонда посредством создания энергоэффективных зон на базе жилых кварталов и микрорайонов вторичной застройки;
- снижение стоимости строительства жилья при вторичной застройке кварталов благодаря вовлечению в инвестиционный ресурс уже использованных ранее (неэффективно) земельных участков с объектами инфраструктуры, возведению экономичных ШКД, исключению затрат на снос домов и обустройство новых отдаленных территорий.

Академический центр экспертизы недвижимости, технологий реконструкции объектов строительства разработал проекты планировки и вторичной застройки жилых кварталов в Москве, Сургуте, Белгороде. По расчетным данным, прирост площадей жилья возрастет в 2,5—3,2 раза, число квартир увеличится в 2 раза и более, удельное теплopotребление сократится в 2—2,3 раза, окупаемость затрат на реконструкцию жилых домов составит до 100 %, а жилой застройки кварталов — 60—70 %. Но самое главное, решается социальная задача создания достойных условий проживания граждан.

Закономерно, что не прекращаются научные разработки новых форм реконструкции жилых домов старых серий. Так в статье [36] признается, что одним из направлений обновления жилых домов первых массовых серий по результатам проектных разработок и их практической реализации является реконструкция дома с изменением структуры квартир путем увеличения объема здания за счет пристройки объемов и надстройки мансардного этажа, устройство квартир в двух уровнях. Утверждается, что без отселения жильцов можно выполнять реконструкцию домов с надстройкой мансардного этажа, перепланировкой квартир верхнего этажа с организацией их в двух уровнях. Перепланировка квартир должна быть направлена на увеличение размеров кухни, передней, санитарно-технического узла, устройство встроенных шкафов и кладовых, изоляцию общей комнаты. Перепланировка секций должна сводиться, как правило, к объединению смежных квартир и преобразованию их в многокомнатную квартиру, отвечающую требованиям действующих норм.

1.3.2 Реконструкция жилых домов за рубежом

В начале девяностых годов прошлого века в Германии развернулась работа по повышению энергоэффективности зданий и сооружений. Этот период совпал с объединением немецкого государства. Поскольку уровень комфортности и энергоэффективности многоквартирных домов в Восточной Германии оказался ниже предъявляемых требований, было принято решение о массовой модернизации

(санации) панельных домов с повышением их комфортности и энергоэффективности.

До этого было распространено мнение о том, что панельные жилые дома дешевле снести, чем их модернизировать с обеспечением их энергоэффективности в соответствие с современными требованиями. Однако опыт реконструкции жилых домов, проведенной в Восточной Германии, полностью опроверг эти рассуждения [43].

По мнению специалистов из Германии [43] по реконструкции и модернизации многоквартирных жилых домов стоимость модернизации домов составила около 30% от стоимости вновь возводимого жилья, а уровень энергоэффективности после проведенной модернизации соответствует действующему в Германии стандарту энергоэффективности. По информации компании Копарол [43] уровень энергоэффективности некоторых домов соответствует повышенным требованиям энергоэффективности, которые внедрялись в Германии с 2013 года.

К настоящему времени реконструкцию прошли 70% зданий или около 15 тысяч домов. В Берлине 60% панельных домов было модернизировано полностью, а 25% частично (рисунок 1.12). Общие затраты на проведение модернизации и реконструкции панельных домов в Германии составили 6,2 миллиардов Евро. Затраты на полную модернизацию и реконструкцию одной квартиры составляют примерно 23 тысячи Евро. Из этой суммы 8,5 тысяч Евро направляется на обеспечение показателей энергоэффективности квартиры и здания в целом (мероприятия по повышению энергоэффективности по аналогичным проектам в Прибалтике имеют стоимость 5 тысяч Евро) [119].



Рисунок 1.12 - Санация жилых домов проведенная в восточной Германии

Одно из важных условий реконструкции – это проведение работ без отселения жильцов. В ходе работ по реконструкции жилых домов осуществлялись замена покрытия здания, утепление фасадов с декоративным оформлением здания, замена окон с решением задачи проветривания и рекуперации, утепление перекрытий подвала с его санацией, замена инженерных коммуникаций в здании, замена радиаторов с установкой на них термостатов и теплосчетчиков, установка квартирных счетчиков потребления воды, устройство теплового узла в подвале здания и коллективных счетчиков расхода газа, воды, и другие мероприятия. Уровень комфортности домов в итоге обеспечен в соответствии с европейским стандартом качества и безопасности жилых помещений. Показатели энергоэффективности соответствуют уровню требований стандарта Германии [43] (энергопотребление на отопление не более $100 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$). Часть домов обеспечило фактическое энергопотребление на уровне $60 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$. Оцененный ресурс эксплуатации здания соответствовал новой постройке. По заявлению специалистов здания, подвергавшиеся реконструкции, до проведения модернизации отличались хорошим состоянием. Предварительной оценке были подвергнуты все панельные дома. Ни по одному из зданий не было необходимости сноса по техническим причинам [43].

Таким образом, на практике было доказано, что не имеется серьезных технических и экономических препятствий для обеспечения соответствия эксплуатационных характеристик панельных многоквартирных домов перспективным требованиям энергоэффективности в странах Евросоюза. Комфортность проживания в них и архитектурный облик обеспечиваются на уровне современных требований [43].

В Дании по заданию правительства необходимо было выяснить, возможность достижения снижения энергопотребления зданий до 50 % при реконструкции старых, составляющих в этой стране значительную часть жилого сектора. Поставленную цель предполагалось решить путем использования тепла солнечной энергии и улучшенной теплоизоляции наружных ограждающих конструкций и применения окон новой конструкции.

В ходе реконструкции зданий были проведены следующие энергосберегающие мероприятия:

- использована теплота солнечной энергии для горячего водоснабжения;
- использованы «солнечные» конструкции стен площадью 178 м² с прозрачной теплоизоляцией на выходящем во двор фасаде здания для подогрева свежего воздуха;
- теплоизолированные стены и чердак, использованы окна с высокими теплозащитными свойствами и остеклены балконы для снижения теплопотерь;
- использована механическая вентиляционная система с подогревом приточного воздуха в противоточных теплообменниках-утилизаторах для снижения затрат энергии на подогрев свежего воздуха и для улучшения качества микроклимата квартир.

Управление оборудованием климатизации и мониторинг энергопотребления осуществлялся системой автоматического управления «Energy Management System» («EMS») компании «Danfoss».

До реконструкции и модернизации в данном здании затраты энергии на отопление и ГВС составляли 125 кВт·ч/м². После реконструкции и модернизации годовое энергопотребление сократилось с 1 241 до 607 МВт·ч, затраты энергии на отопление сократились на 54 %, а затраты энергии на горячее водоснабжение на 37,5 %. В целом снижение энергопотребления составило 51 %.

Период окупаемости энергосберегающих мероприятий составил 33,5 года, однако при исключении дорогостоящей конструкции «солнечной стены» срок окупаемости можно было уменьшить до 12,5 лет.

В настоящее время требования по энергосбережению и снижению потерь теплоты за счет инфильтрации обусловили применение герметичных окон, которые нарушают основной принцип работы естественной вентиляции – проникновения воздуха через неплотности оконных заполнений. Выходом из создавшейся ситуации является устройство регулируемых приточных клапанов и использование механической вентиляции.

1.4 Современное состояние теплозащиты существующих пятиэтажных зданий

1.4.1 Требования к теплозащите наружных ограждающих конструкций

Выбор наиболее рациональных конструкций наружных ограждений позволяет обеспечить минимум энергозатрат на отопление и охлаждение.

Расчеты теплозащитных характеристик ограждающих конструкций зданий осуществляются в соответствии с требованиями и по методикам строительных норм и правил. При существующих ценах на топливо нормативное утепление зданий даже в РФ не окупается [22]. В Таджикистане стоимость топлива ниже уровня мировых цен, поэтому в утеплении здания приходится ориентироваться на политику государства в этом вопросе.

Необходимый уровень теплозащиты наружных ограждений зданий определяется требованиями СНиП РТ 23-02-2009 «Тепловая защита зданий» в зависимости от числа градусо-суток отопительного периода (ГСОП) для каждого региона Республики Таджикистан.

Приведенное сопротивление теплопередаче $-R_o$, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, ограждающих конструкций, а также окон (с вертикальным остеклением или с углом наклона более 45°) принимается не менее нормируемых значений R_{req} $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ [93].

Градусо-сутки отопительного периода (D_d , $^\circ\text{C} \cdot \text{сут}$) определяются по формуле [93]:

$$D_d = (t_{\text{int}} - t_{ht}) \cdot z_{ht}, \quad (1.1)$$

где t_{int} - расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания ($^\circ\text{C}$) принимаемая по СНиП РТ 23-02-2009 (в интервале $20-22^\circ\text{C}$) [83],

t_{ht} , z_{ht} - средняя температура наружного воздуха ($^\circ\text{C}$) в период отопления и продолжительность (сут) отопительного периода принимаемые по СНиП [93].

Например, для города Худжанда Расчетная температура холодной пятидневки, обеспеченностью 0,95 составляет, $t_{ext} = -13,3^\circ\text{C}$; средняя температура

отопительного периода, $t_{ht} = +3,74^{\circ}\text{C}$; продолжительность отопительного периода, $z_{ht} = 122$ сут.; градусо-сутки отопительного периода $D_d = (20 - 3,74) \cdot 122 = 1984^{\circ}\text{C} \cdot \text{сут.}$

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче для наружных стен для города Худжанда составляет $R_{req} = 1,69 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$; для покрытия $R_{req} = 2,29 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$; для перекрытий над неотапливаемыми подпольями и подвалами $R_{req} = 2,09 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$; для окон и балконных дверей, витрин и витражей $R_{req} = 0,45 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$.

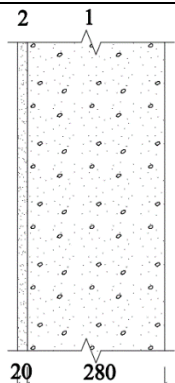
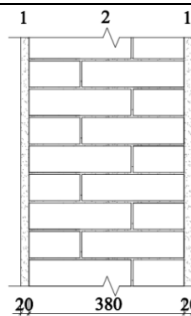
1.4.2 Теплозащитные свойства наружных стен существующих зданий

Здания серий 105 и 464 стены возведены из керамзитобетонных однослойных панелей толщиной 300 мм, а у здания серий 155 стены кирпичные толщиной 420 мм (табл. 1.2).

Такие жилые дома были возведены методом серийной застройки государственными застройщиками или жилищными кооперативами.

Эти панельные и кирпичные дома не отвечают современным нормативным требованиям и нуждаются в комплексной реконструкции и модернизации.

Таблица 1.2 – Теплотехнические характеристики наружных стен жилых домов серий 105, 464 и 155 построенных в северных регионах Республики Таджикистан

№ пп	Схема ограждающих конструкций	Характерис- тика домов, серия	Годы постройки	Материал слоев стен	R_o^{np} , $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	R_o^{tp} , $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$
1		5-9 этажные, крупно- панельные жилые дома серии 105, 464	1965-1985 гг.	1. Керамзитобетон плотностью 1400 кг/м ³ . 2. Цементно – пес- чаная штука- турка.	0,60	1,69
2		5 этажные, кирпичные жилые дома серии 155	1980 г.	1. Цементно- пес- чаная штука- турка. 2. Кирпич глиня- ный обыкно- венный плотно- стью 1800 кг/м ³ .	0,75	1,69

1.4.3 Теплозащитные свойства крыши существующих зданий

В существующих жилых зданиях серии 105, 464 крыши выполнены с вентилируемой воздушной прослойкой. Покрытие верхнего этажа выполнено из керамзитобетонной плиты плотностью 1400 кг/м³ толщиной 160 мм и покрыто утеплителем из керамзита толщиной 100 мм. Толщина воздушной прослойки составляет 620 мм. Крыша имеет с двух сторон вентиляционные отверстия прямоугольной формы размером 400 мм на 200 мм (табл. 1.3).

Таблица 1.3 – Теплотехнические характеристики покрытий жилых домов серии 105, 464 и 155

№ пп	Схема ограждающих конструкций	Характери- стика домов, серия	Материал слоев крыш	$R_o^{пр}$, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$R_o^{тр}$, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$
1		5-9 этаж- ные крупно- панель- ные жи- лые дома серии 105	1. Керамзитобетонная плита перекрытия. 2. Утеплитель из керам- зитовой засыпки. 3. Вентилируемая воз- душная прослойка. 4. Железобетонная кро- вельная плита. 5. Рубероид в 4 слоя.	0,68	2,29
2		5 этажные крупно- панель- ные жи- лые дома серии 464, 155	1. Керамзитобетонная плита перекрытия. 2. Утеплитель из керам- зитовой засыпки. 3. Вентилируемая воз- душная прослойка. 4. Железобетонная кро- вельная плита. 5. Рубероид в 4 слоя.	0,75	2,29

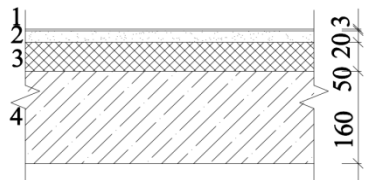
Покрытия в зданиях серии 464 также выполнены из керамзитобетонных плит плотностью 1400 кг/м^3 толщиной 100 мм с утеплителем из керамзита толщиной 100 мм. Толщина воздушной прослойки составляет 320 мм. Крыша имеет с двух сторон отверстия прямоугольной формы размером 400 мм на 200 мм (табл. 1.3).

1.4.4 Тепловая защита полов в существующих жилых зданиях

В зданиях серии 105, 464 конструкция пола состоит из железобетонной плиты толщиной 160 мм с керамзитовой засыпкой толщиной 50 мм, цементно-песчаной стяжки толщиной 20 мм и линолеума (табл. 1.4).

Сопротивление теплопередаче существующих покрытий $R_o^{np} = 1,164 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} < R_o^{tp} = 2,09 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ и показатель теплоусвоения поверхности полов $Y_f^{des} = 13,45 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) > Y_f^{req} = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ не удовлетворяют современным нормативным требованиям. Полы не отвечают требованиям по зимним условиям эксплуатации и не удовлетворяют требованиям по теплоусвоению.

Таблица 1.4 – Теплотехнические характеристики полов жилых домов серии 105, 464 и 155

Схема ограждающей конструкции	Характеристика домов, серия	Материал слоев крыш	R_o^{np} , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	R_o^{tp} , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$
	5-9 этажные, крупно-панельные, кирпичные жилые дома серии 105, 464 и 155	1. Линолеум. 2. Цементная стяжка. 3. Керамзитовая засыпка. 4. Перекрытие железобетонное.	1,164	2,09

В указанных сериях зданий окна выполнены из спаренных деревянных переплетов с заполнением обычными стёклами. Сопротивление теплопередаче таких окон равно $0,4 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ [98].

Таким образом, ограждающие конструкции наружной оболочки здания не отвечают современным теплотехническим нормам.

1.5 Существующие подходы к нормированию микроклиматических параметров в жилых зданиях

1.5.1 Параметры микроклимата жилого помещения и нормирование их в РФ

Человеческий организм можно рассматривать как термостатированную систему с внутренним источником теплоты со стоком или притоком теплоты из окружающей среды. Тепловая энергия, выделяемая организмом при экзотермиче-

ских химических реакциях, представляет собой ту переменную величину, которая используется для поддержания внутренней температуры тела.

Тепловое состояние, при котором наблюдается незначительное напряжение терморегуляции, определяется как состояние теплового комфорта [28]. При существенных их изменениях постоянство теплового баланса и температуры тела достигается за счет сильного, а затем и резкого напряжения систем терморегуляции. В последнем случае тепlopоступления становятся избыточными или недостаточными [64].

Наиболее значимые санитарно-гигиенические показатели микроклимата, влияющие на тепловое состояние, – температура воздуха, его относительная влажность, скорость движения воздуха, тепловое излучение тела человека и окружающих предметов, определяют возможность теплообмена организма с окружающей средой и достижения теплового баланса организма. Тепловой баланс достигается координацией процессов теплопродукции и теплоотдачи и в общем виде (рис. 1.13) может быть описан уравнением:

$$(Q_m + Q_{т.в.}) - (Q_{изл} + Q_{конв} + Q_{конд} + Q_{исп.диф} + Q_{исп.дых} + Q_{исп.п} + Q_{дых}) = \pm \Delta Q_{тс}, \quad (1.2)$$

где Q_m – теплота, продуцируемая человеком (теплопродукция);

$Q_{т.в.}$ – теплота, поступающая извне (например, от нагретых поверхностей оборудования и др.);

$Q_{изл}$ – теплоотдача излучением;

$Q_{конв}$ – теплоотдача конвекцией;

$Q_{конд}$ – теплоотдача кондукцией;

$Q_{исп.диф}$ – теплоотдача вследствие испарения диффузионной влаги с поверхности кожи;

$Q_{исп.дых}$, $Q_{исп.п}$, $Q_{дых}$ – соответственно теплоотдача вследствие испарения влаги с верхних дыхательных путей, испарение пота, нагревания вдыхаемого воздуха.

При $\pm \Delta Q_{тс}$ происходит накопление или дефицит теплоты в организме [64].

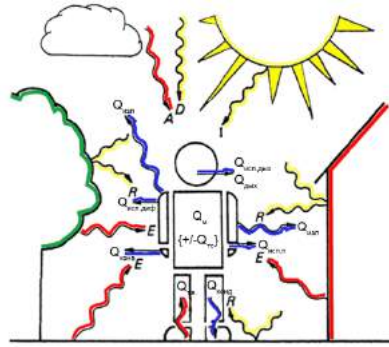


Рисунок 1.13 – Тепловой баланс человека

Термостабильность состояния организма, обеспечиваемая равенством теплопродукции и суммарной теплоотдачи, является единственным условием теплового комфорта человека. С этих позиций при тепловом комфорте и субъективно хорошем теплоощущении тепловое равновесие организма и оптимальный уровень физиологических функций, в том числе и терморегуляторных, не вызывает напряжения терморегуляции. Поэтому климатические параметры теплового комфорта служат гигиенической нормой микроклиматических условий. В климатических условиях, которые принято считать «нормальными», допускается ощущение приблизительно 10% людей той или иной степени дискомфорта. Это объясняется индивидуальными различиями в уровнях обмена, качестве сосудистых реакций, толщине подкожно-жирового слоя, возрастных особенностях и т.д. [64].

Гигиеническое нормирование устанавливает параметры отдельных факторов в оптимальном и допустимом диапазонах изменения. Границы диапазонов определяются в зависимости от характера деятельности (в помещении или на открытом пространстве) и уровня физической нагрузки, характерной для этой деятельности. Такое положение правомерно в отношении любых параметров внутренней среды.

В РФ для жилых зданий нормируются на оптимальном и допустимом уровнях значения температуры внутреннего воздуха, результирующей температуры помещения (т.е. средней температуры воздуха и внутренних поверхностей ограждающих конструкций и мебели), относительной влажности и скорости движения воздуха. Эти данные приведены в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в обслуживаемой зоне помещений жилых зданий [28]

Период года	Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая, не более	Оптимальная, не более	Допустимая, не более
Холодный	Жилая комната	20-22	18-24 (20-24)	19-20	17-23 (19-23)	45-30	60	0,15	0,2
	Кухня	19-21	18-26	18-20	17-25	НН*	НН	0,15	0,2
	Туалет	19-21	18-26	18-20	17-25	НН	НН	0,15	0,2
	Ванная, совмещенный санузел	24-26	18-26	23-27	17-26	НН	НН	0,15	0,2
	Межквартирный коридор	18-20	16-22	17-19	15-21	45-30	60	0,15	0,2
	Вестибюль, лестничная клетка	16-18	14-20	15-17	13-19	НН	НН	0,2	0,3
	Кладовые	16-18	12-22	15-17	11-21	НН	НН	НН	НН
Теплый	Жилая комната	22-25	20-28	22-24	18-27	60-30	65	0,2	0,3

*НН - не нормируется

Примечание - Значения в скобках относятся к домам для престарелых и инвалидов [28]

Значение допустимых пределов колебаний температуры, влажности и подвижности воздуха позволяет подбирать одежду человека, обеспечивающую возможность длительности пребывания его в неблагоприятных микроклиматических условиях или применять специальные санитарно-технические системы в жилых и общественных зданиях, в транспортных средствах и т.д.

Следует обратить внимание на то, что указанные в таблице значения перечисленных параметров должны соблюдаться в обслуживаемой зоне, за которую принято пространство, ограниченное плоскостями, параллельными полу и стенам

на высоте 0,1 м и 2,0 м над уровнем пола и на расстоянии 0,5 м от внутренних поверхностей наружных и внутренних стен, окон и отопительных приборов.

1.5.2 Нормирование параметров микроклимата жилого помещения за рубежом

В 2002 году была принята Европейская Директива по энергетической эффективности зданий [17]. Принятый в 2006 году план действий Европейского союза по энергетической эффективности, устанавливает повышение энергоэффективности в строительной отрасли как приоритетное направление. Важным положением этого стандарта являются показатели микроклимата помещения, такие как температура воздуха в помещении, кратность воздухообмена и влажность. Этот стандарт вступил в силу под названием EN 15251 «Исходные параметры микроклимата помещений для проектирования и оценки энергетической эффективности зданий в отношении качества воздуха, теплового комфорта, освещения и акустики» [132].

За последние десятилетия в архитектуре и градостроительстве совершенствуются методы комплексной, интегральной оценки микроклиматических условий. Примером такого метода может служить стандарт ISO 7730 (Эргономика тепловых условий. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчета показателей PMV и PPD [29, 124, 134, 135] и критериев локального теплового комфорта), вышедший в 1984 г. и отредактированный в 1994 и 2005 годах. В последних редакциях стандарта расширен диапазон учитываемых параметров наружной среды и персональных параметров (степень одетости, величина метаболизма).

Этот метод оценки температурных условий базируется на необходимости обеспечения теплового баланса человека с учетом комплекса обуславливающих его факторов, – температуры, влажности воздуха, скорости его движения, средней радиационной температуры, одежды, физической активности. Результатом оценки микроклиматических условий является предсказание теплоощущений человека –

индекс «predicted mean vote (PMV)» и уровня его дискомфорта – показатель «predicted percentage of dissatisfied (PPD)». Индекс PMV означает, что при определенном сочетании метеозадающих факторов, уровне метаболизма и степени одетости большинство людей (более 90% опрошенных) даст следующий ответ о своих теплоощущениях: +3 – слишком тепло; +2 – тепло; +1 – слегка тепло; 0 – нейтрально; -1 – слегка прохладно; -2 – прохладно; -3 – холодно. Индекс PPD противоположен индексу PMV и характеризует число лиц (%), неудовлетворенных температурными условиями [29].

Индекс PMV рекомендуется считать допустимым для жилого здания при значениях от -2 до +2.

Индекс PMV имеет аналитический вид [29, 124, 134, 135]:

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028)((M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot (5733 - 6,99(M - W) - p_a) - 0,42 \times \\ \times ((M - W) - 58,15) - 1,7 \cdot 10^{-5} M(5867 - p_a) - 0,001 \cdot 4M(34 - t_a) - 3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} \times \\ \times ((t_{cl} + 273)^4 - (\bar{t}_r + 273)^4) - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a)) \quad (1.3)$$

где

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028(M - W) - I_{cl}(3,96 \cdot 10^{-8} f_{cl} \cdot ((t_{cl} + 273)^4) + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a)) \quad (1.4)$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} \text{ for } 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} > 12,1\sqrt{v_{ar}} \\ 12,1\sqrt{v_{ar}} \text{ for } 2,38(t_{cl} - t_a)^{0,25} < 12,1\sqrt{v_{ar}} \end{cases} \quad (1.5)$$

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290I_{cl} \text{ for } I_{cl} \leq 0,078 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / W \\ 1,05 + 0,645I_{cl} \text{ for } I_{cl} > 0,078 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / W \end{cases} \quad (1.6)$$

M - метаболизм человека, Вт/м² [29];

W - эффективная механическая энергия, Вт/м² [29];

I_{cl} - сопротивление теплопередаче одежды, м²·К/Вт [29];

f_{cl} - коэффициент прикрытой одеждой части тела по отношению к голой коже [29];

t_a - температура воздуха, °С [29];

$\bar{t}_r$ - средняя температура излучения, °С [29];

v_{ar} - скорость движения воздуха, м/с, равная $v_{ar} = v + 0,005(M - 58)$. Здесь v - средняя подвижность воздуха в помещении, м/с [29];

p_a - парциальное давления водяного пара, Па [29];

h_c - коэффициент конвективного теплообмена, Вт/(м²·К) [29];

t_{cl} - температура поверхности одежды, °С [29].

Значение PPD можно вычислить, используя уравнение [29, 124, 134, 135]:

$$PPD = 100 - 95 \exp(-0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2) \quad (1.7)$$

Деление зданий и помещений на категории приведены в таблице 1.6. Зависимость уровня дискомфорта от теплоощущения человека представлена в таблице 1.7.

Необходимо использовать на практике показатели, определенные в расчетных нормативах проектирования систем, указанного стандарта. Рекомендуемые показатели в этом стандарте предлагаются для трех категорий. Использование категории с более жесткими требованиями к микроклимату предполагает более высокие расчетные нагрузки, что приводит к необходимости использования более производительного инженерного оборудования и систем.

Таблица 1.6 – Категории здания в зависимости от требований, предъявляемых к микроклимату помещений [132, 149]

Категория здания	Описание уровня требований к микроклимату
I	Высокий уровень ожидаемых требований рекомендуется для помещений, в которых присутствуют очень чувствительные люди с особыми требованиями, такие как пожилые люди, инвалиды, больные люди, маленькие дети
II	Нормальный уровень требований следует использовать для вновь строящихся и реконструируемых зданий
III	Приемлемый, средний уровень требований может быть использован для существующих зданий
IV	Значения параметров ниже уровня, установленного для здания соответствующей категории. Эта категория считается приемлемой только в отдельной, ограниченной части здания

Таблица 1.7 – Показатели реакции человека на тепловой комфорт [132, 149]

Категория помещения	Уровень дискомфорта, PPD в %	Предсказание теплоощущений человека, PMV
I	< 6	$-0.2 < PMV < 0.2$
II	< 10	$-0.5 < PMV < 0.5$
III	< 15	$-0.7 < PMV < 0.7$
IV	> 15	$PMV < -0.7$; или $0.7 < PMV$

В таблице 1.8 приведены расчетные показатели для зданий, оборудованных системой кондиционирования воздуха.

Таблица 1.8 – Допустимые расчетные значения температуры воздуха помещений жилых зданий согласно DIN EN 15251 [132]

Тип помещения жилого здания	Категория помещения	Отопление (одежда 0,155 м ² ·°C/Вт), °C	Охлаждение (одежда 0,155 м ² ·°C/Вт), °C
Жилые помещения (спальни, гостиные, кухни и т. д.) Люди неподвижные (метаболизм ~ 69,6 Вт/м ²).	I	21,0 - 25,0	23,5-25,5
	II	20,0 - 25,0	23,0 - 26,0
	III	18,0 - 25,0	22,0-27,0
Прочие помещения (кладовки, коридоры и т. д.) Люди стоящие, ходящие (метаболизм ~ 87 Вт/м ²).	I	18,0 - 25,0	
	II	16,0 - 25,0	
	III	14,0 - 25,0	

Расчетные показатели для теплого периода года в зданиях, не оборудованных системой кондиционирования воздуха, могут отличаться от показателей для зданий, в которых применяется кондиционирование воздуха, из-за различий условий адаптации людей. Уровень адаптации людей очень сильно зависит от климатических условий. Если в здании не предусматривается кондиционирование, расчетная температура воздуха помещения в теплый период года является одним из основных факторов при проектировании зданий. Сравнивая подход РФ и ЕС к нормированию показателей микроклимата, следует отметить большое сходство в учитываемых параметрах. Показатели, которых нет в нормах РФ (коэффициент теплоизоляции одежды, уровень энергозатрат и т. д.), просто учтены в рекомен-

дациях по типам помещений, поэтому на самом деле они также присутствуют в расчётах.

Методика ЕС полезна в настоящей работе, так как позволит на основе оценки индексов PPD и PMV предложить нормируемые показатели микроклимата для условий Центральной Азии.

1.6 Выводы по главе 1

Анализ планировочных решений, теплозащиты существующих зданий на предмет энергопотребления и комфорта для проживания позволил сформулировать *цель исследования*: обоснование и разработка предложений по объемно-планировочному решению, повышению энергосбережения жилых зданий при обеспечении комфортных условий внутренней среды помещений в климатических условиях северного Таджикистана.

ГЛАВА 2 РАЗРАБОТКА РЕШЕНИЙ ПО РЕКОНСТРУКЦИИ НАРУЖНОЙ ОБОЛОЧКИ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

2.1 Цели реконструкции и модернизации жилого фонда северного Таджикистана

Важнейшей частью современного этапа жилищной политики Таджикистана должны стать не только новое строительство, но модернизация существующего жилищного фонда, в первую очередь, жилых домов первых массовых серий. Реконструкция обеспечит снижение объемов сноса жилья, снижение расходов и потерь энергоресурсов, безопасность проживания, повышение комфорта и архитектурного качества застройки. После реконструкции и модернизации повышаются стандарты потребительского качества жилья на вторичном рынке, улучшается процесс продвижения жилищной коммунальной реформы.

Особого решения требуют проблемы дальнейшей эксплуатации пятиэтажных полносборных жилых домов первого «поколения», экономической оценки различных вариантов перепланировки и переоборудования зданий. В «Положении о проведении планово-предупредительных ремонтов жилых и общественных зданий» четырех- и пятиэтажные жилые дома, построенные в северных регионах Таджикистана в середине 65-85-х годов, относятся к I и II группам капитальности со сроком службы 125-150 лет и периодичностью проведения капитальных ремонтов с перепланировкой через каждые 30 лет.

Реконструкция и модернизация жилищного фонда является одним из важнейших направлений в решении жилищной проблемы, реформы жилищно-коммунального хозяйства Таджикистана и представляет собой комплекс строительных мер и организационно-технологических мероприятий, направленных на обновление жилых домов и инженерной инфраструктуры с целью сохранения и увеличения жилищного фонда, улучшения условий проживания, приведения их эксплуатационных качеств в соответствие с новыми требованиями [99].

Реализация мер по модернизации и реконструкции жилищного фонда позволит не только поддерживать жилищный фонд в удовлетворительном техническом состоянии, но и обеспечить значительный социально-экономический эффект. При реконструкции зданий не требуется нового отвода земли под строительство. Прирост дополнительной общей площади жилья обходится в 1,5 раза дешевле, чем строительство на новой территории и на 25-40 процентов обеспечивает снижение расходов материальных ресурсов на создание инженерной инфраструктуры. На 40-50 процентов сокращаются расходы на отопление и на горячее водоснабжение [99].

Одной из целей реконструкции и модернизации жилых здания является проблема повышения тепловой эффективности жилищного фонда. Она имеет многоплановый характер, включающий экономические, экологические, социальные аспекты и преследует следующие цели [99]:

- снижение стоимости эксплуатации жилых зданий;
- уменьшение нагрузки тепловой энергии, выработка которой связана с крупными капиталовложениями;
- повышение теплового комфорта жилых помещений и улучшение здоровья населения;
- повышение экономической и потребительской привлекательности квартир.

Все работы по эффективности энергосбережения при соблюдении комфортного проживания в зданиях можно разделить на две группы.

В первую группу входят работы, связанные с обеспечением энергоэффективности зданий, во вторую - с обеспечением энергоэффективности инженерных систем. Достичь энергетической эффективности можно только при системном подходе и при сочетании действий этих групп [99].

Отопление и охлаждение зданий в условиях жаркого климата имеет свою специфику. Поэтому с самого начала проектирования архитектурное формообразование зданий наилучшим образом должно учитывать энергетическое воздействие природы, климата в данном географическом районе, обеспечивать оптималь-

ную их геометрию, ориентацию и типологию, выбор стеновых ограждений, остеклений и организацию системы отопления и вентиляции [99].

Мероприятия по повышению теплозащиты зданий, модернизации систем отопления должны стать неотъемлемой частью реконструкции жилых домов, которая должна быть комплексной.

Основными объектами комплексной реконструкции и модернизации в первую очередь должны стать районы застройки с жилыми домами морально и технически устаревшими, с большими малоосвоенными внутримикрорайонными и квартальными территориями [99].

Реконструкция и модернизация жилой застройки должна быть основана на комплексном решении градостроительных, архитектурных, инженерно-технических, экологических и социально-экономических задач, направленных на создание комфортных и безопасных условий среды жизнедеятельности [99].

Следует отметить, что площадь окон в панельных домах меньше, чем площадь наружных стен на 25–30%, а потери теплоты через окна и стены практически одинаковые. Так происходит потому, что для окон характерны не только трансмиссионные теплопотери, которые характеризуются коэффициентом теплопередачи, но и потери теплоты, возникающие из-за неплотных оконных швов.

Отопление жилых домов является причиной высоких выбросов CO_2 , возникающих в процессе сгорания при производстве тепловой энергии. Для отопления одной средней квартиры в существующем панельном доме требуется 1–1,5 т жидкого топлива в год (что эквивалентно 1000–1500 м^3 природного газа) в зависимости от коэффициента полезного действия производства и распределения тепловой энергии [119]. Поэтому нагрузка на отопления является важнейшим фактором, определяющим расходы выбросов CO_2 . Если потребление тепловой энергии в панельных домах сократить примерно в два раза за счет достаточно простых и малозатратных мероприятий (до 70–80 кВт·ч/ м^2 на 1 м^2 жилой площади в год), это приведет к сокращению выбросов CO_2 в среднем на 1–1,4 т на квартиру в год [119].

2.2 Конструктивные решения по увеличению ширины здания и возведению и реконструкции наружных стен

При увеличении ширины корпуса зданий с 12 до 15 м можно сэкономить 9...10 % удельного расхода тепловой энергии на отопление здания и снизить стоимость 1 м² полезной площади на 5,5 - 7,0 %. [67]. Поэтому ширину корпусов зданий предпочтительно принимать не 9...12 м, а 15 и даже 18 м. При этом глубина помещений жилых домов может составить 5,4-6,0-7,2 или 9,0 м [111].

Увеличения ширины корпуса здания можно добиться путем пристройки к нему дополнительных объемов. Увеличение ширины корпуса можно осуществлять по всей длине дома или дискретно. В качестве дополнительных объемов могут быть отапливаемые помещения, пристраиваемые к существующим комнатам, а также остекленные или открытые лоджии, веранды, галереи.

При реконструкции пятиэтажных жилых домов серий 105, 464 и 155, находящихся в сейсмоопасной зоне, для увеличения ширины корпуса и поперечной жесткости здания целесообразно использовать железобетонную каркасную систему.

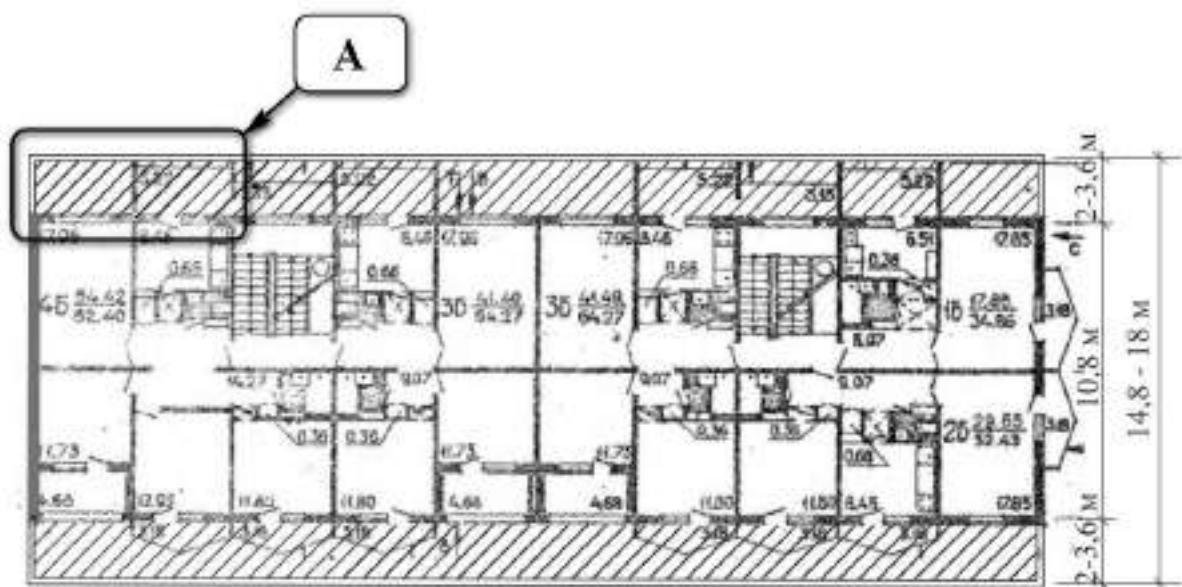


Рис. 2.1 – Схема зоны увеличения ширины корпуса 5 этажного жилого дома серии 105 [111]

Каркас располагают с обеих сторон здания на расстоянии 2 – 3,6 м от существующих продольных стен. Максимальная величина отступа от существующей стены здания обоснована требованиями освещенности помещений. Расчет освещенности по нормативным показателям приведен в Приложении 1. Этот прием особенно эффективен для существенного повышения сейсмостойкости здания. С наружной части каркаса возводятся самонесущие стены из ячеистобетонных блоков плотностью 600 кг/м^3 и толщиной 300 мм (рис. 2.1, 2.2, 2.3, 2.4). Ширину корпуса в современном строительстве принимают 14,8 - 18 м вместо 10,8 м (рис. 1.8).

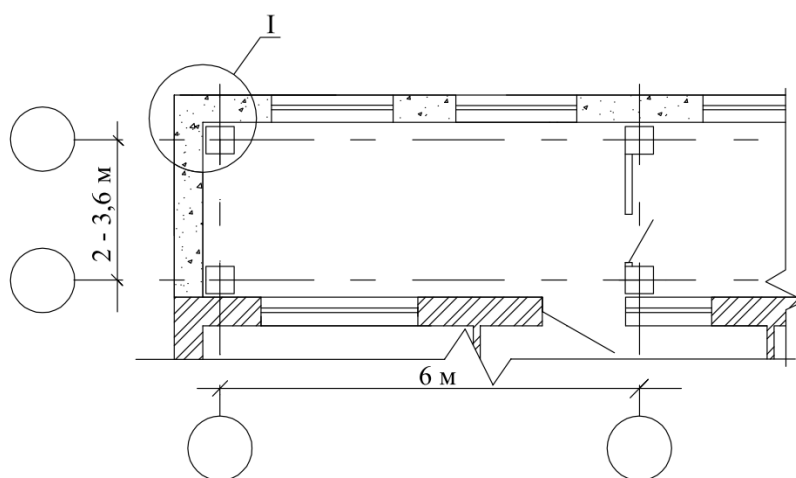


Рисунок 2.2 – Фрагмент плана зоны увеличения ширины корпуса пятиэтажного жилого дома [108]

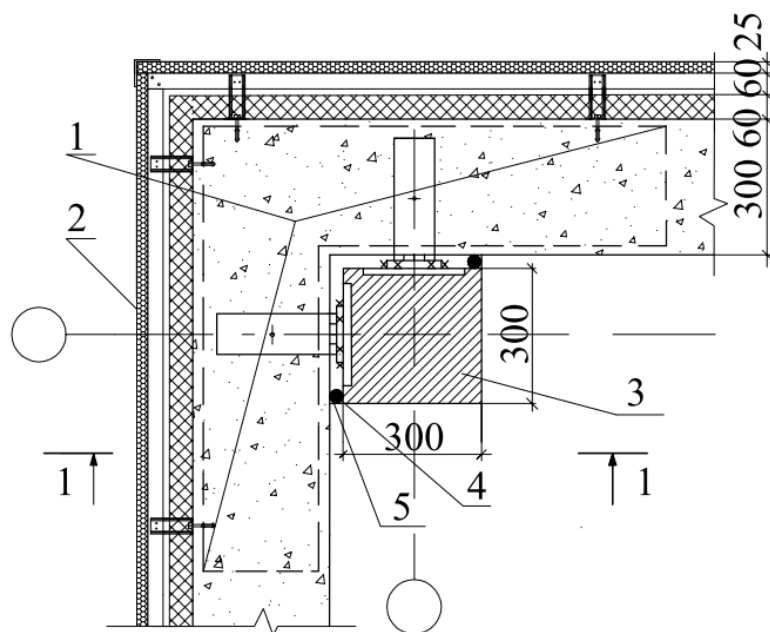
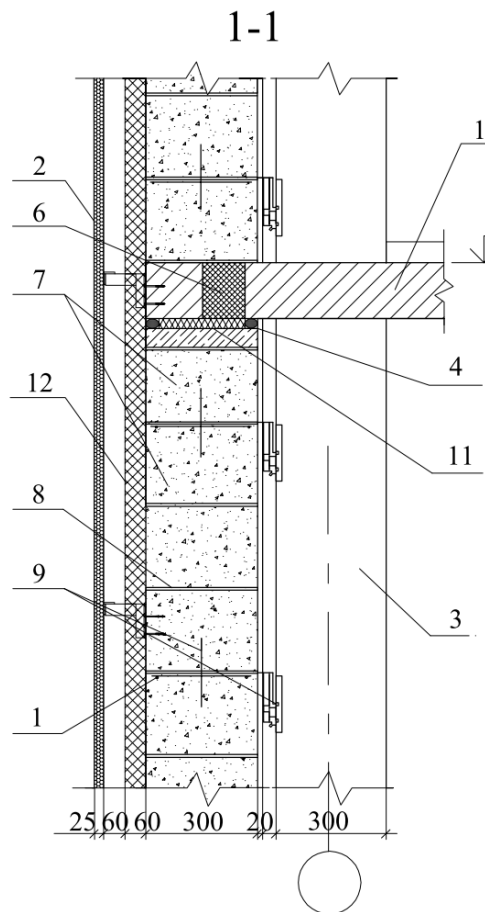


Рисунок 2.3 – Конструктивное решение узла I [108]



1. Сетка арматурная
2. Утепленный экран
3. Колонна каркаса
4. Упругая прокладка
5. Затирка раствором
6. Термовкладыш
7. Мелкоразмерные ячеистобетонные блоки
8. Клей
9. Соединительный элемент
10. Монолитное перекрытие
11. Минеральная вата, пропитанная цементным молоком
12. Утеплитель

Рисунок 2.4 – Разрез 1-1

Для реконструкции жилых зданий в Таджикистане рекомендуется вентилируемый фасад. Применение вентилируемого фасада для наружной отделки стен существенно снижает потребление энергии в летний период на кондиционирование летом так как снижает перегрев на поверхности наружной стены, выходящей в воздушную прослойку. Для летних условий Таджикистана целесообразно применение утепленного экрана вентилируемого фасада, так как при большом числе солнечных дней, начиная с весенних месяцев и заканчивая осенью, желательно снижать температуру поверхности стены за воздушной прослойкой по отношению к высокой условной температуре наружной среды. Вентилируемый фасад особенно эффективен в климатических условиях Центральной Азии, отличающейся сухим климатом. Штукатурный фасад для Таджикистана с резко континентальным климатом подходит меньше из-за больших суточных и годовых перепадов температуры.

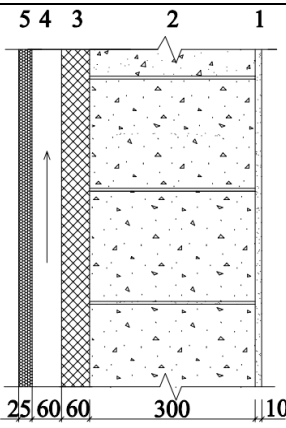
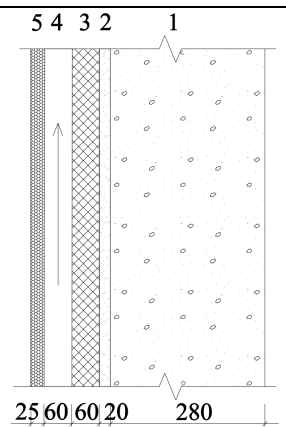
Вентилируемый фасад имеет следующие преимущества:

- возможность использования различных облицовочных материалов в качестве фасадной плитки;
- широкая возможность цветовых комбинаций;
- долговечность: срок безремонтной эксплуатации систем навесных вентиляруемых фасадов — до 50 лет;
- устойчивость фасадной системы к атмосферным воздействиям;
- быстрый монтаж фасадной системы в любое время года;
- ремонтпригодность в случае частичного повреждения;
- применение навесного фасада сокращает проблему перегрева стен в летние месяцы, что актуально для Центральной Азии;
- наличие воздушной прослойки за экраном способствует поддержанию утеплителя в относительно сухом состоянии.

Однако при реконструкции зданий следует выбирать наиболее легкую по весу фасадную плитку, так как она дает дополнительную нагрузку на фундаменты.

Теплотехнические характеристики наружных стен здания после реконструкции приведены в таблице 2.1. Теплотехнический расчет с учетом линейных и точечных неоднородностей представлен в Приложении 2.

Таблица 2.1 – Теплотехнические характеристики наружных стен жилых домов серий 105 и 464 после модернизации и реконструкции [111]

№ пп	Схема ограждающих конструкций	Располо- жение стены	Материал слоев стен	$R_o^{тр}$, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$R_o^{пр}$, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$
1		Продольная	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		Торцевая	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

2.3 Конструктивные решения мансардных этажей

Надстройку можно осуществить одно или двухуровневую, после демонтажа существующих конструктивных элементов кровли.

С экономической точки зрения надстройка этажа дома - будь то дополнительные этажи или же надстройка мансардного этажа, практически всегда выгодна и целесообразна, так как земля под зданием, фундамент под существующей частью здания, коммуникации, инженерные сети, дороги, инфраструктура уже есть, и реконструкция обходится намного дешевле, чем постройка нового дома.

Ввиду того, что здания старых построек с массивными каменными (кирпичными) стенами всегда строились с большим запасом прочности, преимущества этого направления в строительстве очевидны:

- не требуется нового отвода участка земли;
- намного повышается плотность застройки и интенсивно используется городская территория;
- используется социальная, транспортная и инженерная инфраструктура, существующая в городе;
- надстройка мансардного этажа увеличивает общую площадь дома;
- строительство мансард можно вести прямо на действующем объекте без привлечения тяжелой строительной техники;
- строительство может осуществляться в любое время года;
- сокращаются сроки строительства;
- при возведении мансард на стройплощадке нет цементной пыли;
- увеличение жилой площади при реконструкции зданий обходится дешевле, чем при строительстве на новых территориях;
- надстроенные (мансардные и антресольные) этажи значительно экономят теплоту и снижают энергопотребление всего дома в зимний период.

Устройство мансарды улучшает эстетический вид здания, а красивая необычная мансарда придает своеобразный стиль городской застройке. Устройство мансардных помещений в чердачном пространстве, взамен плоских и малоуклонных крыш сокращает теплотери через крышу и обеспечивает долговечность кровли [111].

Решение устройства мансарды, а не полноценного надстраиваемого этажа определяется такими преимуществами мансард, как

- простота и относительно не высокая стоимость строительства (на 20-50% дешевле обычного);
- использование существующих коммуникаций;
- возможность проведения работ без отселения жителей.

Выбор варианта мансарды в условиях Таджикистана обоснован еще и тем, что строительство ведется на бюджетные деньги. Первоначальные затраты имеют большое значение, а надстройка мансардного этажа значительно дешевле, чем полноценного, не смотря на то, что полноценный этаж предоставляет большую жилую площадь.

Пространственную жесткость конструкции мансардного этажа можно обеспечить продольными связями, в случае необходимости вводить дополнительные элементы жесткости в виде раскосов на уровне стоек рамы или чердачного перекрытия. Покрытие и наружное ограждение мансарды крепятся за крайние стойки поперечных рам. Они могут выполняться из металлочерепицы, плоского и гофрированного металлического листа по обрешетке. Внутренняя облицовка помещений мансарды выполняться из двух листов гипсокартона, которые крепятся к наклонным стойкам самонарезающими винтами с внутренней стороны, и в целях предотвращения обрушения утеплителя при пожаре, предусматривается металлическая просечная сетка.

Для теплозащиты мансардного этажа можно использовать эффективный утеплитель, к примеру, минераловатную плиту с $\lambda = 0,041 \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{С}$ толщиной 100 мм. С внутренней стороны утеплителя предусматривается пароизоляция в виде полихлорвиниловой пленки 0,2 мм толщиной. С наружной стороны - слой гидроизоляции.

Необходимым элементом конструкции покрытия мансарды в условиях сухого жаркого климата является вентилируемая воздушная прослойка. Вентиляционная прослойка имеет входы для воздуха под карнизом и выходы на уровне конька покрытия мансардного этажа. Для большей эффективности конструкции покрытия под ним организуется чердачное пространство, в чердаке друг против друга расположены слуховые окна для проветривания.

Окна на чердаке зимой закрыты, а летом – открыты. В чердачном пространстве можно размещать рекуператор теплоты вытяжного воздуха, элементы установки солнечной энергии и т.п [111]. Схема организации мансардного этажа

приведена на рисунке 2.5, а теплотехнические характеристики покрытия [111] и чердачного перекрытия мансарды приведены в таблице 2.2. и 2.3.

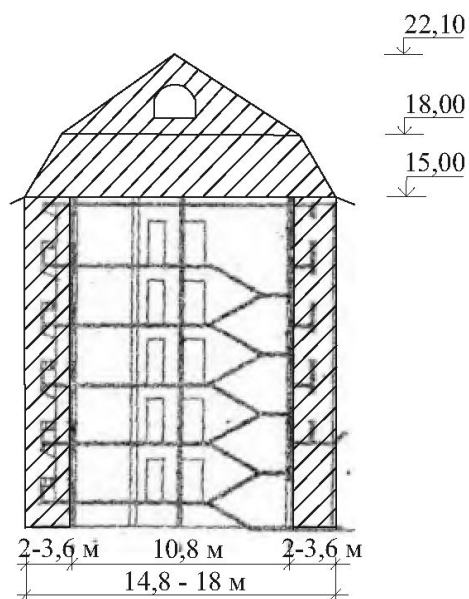
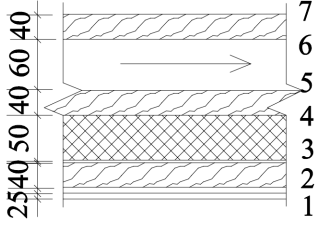


Рисунок 2.5 – Схематичный разрез жилого дома серии 105 с применением мансардного этажа [111]

Таблица 2.2 – Теплотехнические характеристики покрытия мансарды

Схема ограждающей конструкции	Материал слоев крыш	$R_o^{тр}$, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$	$R_o^{пр}$, $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$
	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

Таблица 2.3 – Теплотехнические характеристики чердачного перекрытия мансарды

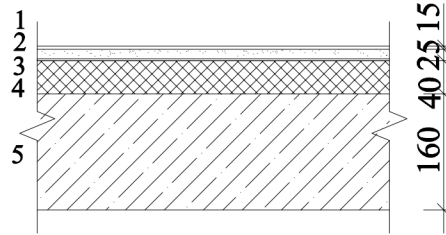
Схема ограждающей конструкции	Материал слоев чердачного перекрытия	$R_o^{тр}$, м ² ·°C/Вт	$R_o^{пр}$, м ² ·°C/Вт
	1. Двойная обшивка (листы гипсокартона) 2. Настил деревянный. 3. Пароизоляция. 4. Минераловатная плита плотностью 90 кг/м³. 5. Обрешетка деревянная 6. Вентилируемая воздушная прослойка. 7. Настил деревянный	2,09	2,32

2.4. Утепление полов первого этажа

Полы первого этажа находятся над неотапливаемым подвалом, в котором прокладываются теплоизолированные трубы отопления и горячего водоснабжения. Обычно в самый холодный расчетный период в подвале температура не падает ниже +5 °С. По нормам РФ [98] (п. 9.3.2) в подвале в это время температура не должна падать ниже +2 °С. После внесения изменений в конструкцию пола посредством принятия дополнительного утепляющего слоя из жёстких минераловатных плит показатели сопротивления теплопередаче и теплоусвоения поверхности полов в зданиях, построенных по сериям 105, 464 и 155 будут удовлетворять требованиям по теплоусвоению согласно СНиП, так как $Y_f^{des} < Y_f^{req}$ (табл. 2.4).

После реконструкции и модернизации жилых зданий серии 105 и 464 показатели термических сопротивлений и теплоустойчивость наружных стен в зданиях значительно возрастают. Эти конструкции соответствуют требованиям действующих новых норм по зимним и по летним условиям (приложение 1).

Таблица 2.4 – Теплотехнические характеристики полов жилых зданий серии 105 после реконструкции и модернизации [111]

Предлагаемая конструкция пола первого этажа	Материал пола	Y_f^{des} Вт/ м ² ·°С	Y_f^{req} Вт/ м ² ·°С	$R_o^{тр}$, м ² ·°С/ Вт	$R_o^{экв}$ м ² ·°С/ Вт
	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

2.5 Теплоустойчивость ограждающих конструкций зданий в теплый период года

В соответствии с главой 7 СНиП РТ 23-02-2009 в районах со среднемесячной температурой июля месяца 21°С и выше для зданий при отсутствии систем искусственного охлаждения критериям оценки теплозащитных качеств ограждающих конструкций является их теплоустойчивость, т.е. способность сохранять относительное постоянство температуры на внутренней поверхности ограждения при периодических колебаниях ее - на наружной поверхности.

1) При проектировании ограждающих конструкций с учетом их теплоустойчивости в районах со среднемесячной температурой около 21 °С и выше следует Руководствоваться следующими положениями:

— теплоустойчивость конструкции зависит от порядка расположения слоев материалов;

— величина затухания амплитуды, колебания температуры наружного воздуха в двухслойной конструкции увеличивается, если более теплоустойчивый материал расположен изнутри;

— наличие в конструкции воздушной прослойки увеличивает теплоустойчивость конструкции. В замкнутой воздушной прослойке целесообразно устраивать теплоизоляцию с отражающей поверхностью. Конструктивный слой, отделяющий вентилируемую наружным воздухом воздушную прослойку ограждения от наружной среды, должен иметь возможно минимальную толщину.

2) Теплоустойчивость ограждающих конструкций здания должна соответствовать требованиям п. 37 СНиП РТ 23-02-2009 «Тепловая защита зданий». Для этого необходимо определить требуемую (нормируемую) амплитуду колебания температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции здания A_{τ}^{req} °С, определяемой согласно формуле

$$A_{\tau}^{req} = 2,5 - 0,1 \cdot (t_{ext} - 21) \quad (2.1)$$

где t_{ext} - среднемесячная температура наружного воздуха за июль, °С, принимаемая по таблице 5 СНиП РТ 23-01-2007 Строительная климатология;

A_{τ}^{req} , °С, расчетная амплитуда колебания температуры на внутренней поверхности ограждающих конструкции, определяемая по формуле (17) СНиП РТ 23-02-2009

$$A_{\tau}^{des} = \frac{A_{\tau,ext}^{des}}{\nu} \quad (2.2)$$

где ν - величина затухания расчетной амплитуды колебания температуры $A_{\tau,ext}^{des}$, °С, в ограждающей конструкции, определяемая по формуле (19) СНиП РТ 23-02-2009;

$$A_{\tau,ext}^{des} = 0,5 \cdot A_{\tau,ext} + \frac{\rho \cdot (I_{\max} - I_{av})}{\alpha_{ext}} \quad (2.3)$$

где $A_{\tau,ext}$ - максимальная амплитуда суточных колебаний температуры наруж-

ного воздуха в июле, °С.

ρ - коэффициент поглощения солнечной радиации материалом наружной поверхности ограждающей конструкции, принимаемый согласно приложению 19 СНиП РТ 23-02-2009;

I_{max} , I_{av} - соответственно максимальное и среднее значение суммарной солнечной радиации (прямой и рассеянной), Вт/м²

Если $A_{\tau}^{des} \leq A_{\tau}^{req}$, то ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям норм по теплоустойчивости.

По данным расчетов, приведенных в Приложении 3, предлагаемые конструкции наружных ограждений отвечают требованиям указанных выше норм.

2.6 Амплитуда колебаний температуры помещения в теплый период года

Ограничение амплитуды колебаний температуры внутренней поверхности наружных ограждающих конструкций в районах со среднемесячной температурой июля месяца 21 °С и выше связано с учетом сквозной теплоустойчивости наружного ограждения.

Однако это не единственное требование, направленное на снижение температуры помещения в летний период, в этих документах. При проектировании жилых домов в указанных выше климатических условиях необходимо предусматривать солнцезащитные устройства с коэффициентом теплопропускания солнцезащитных устройств 0,2. Этому значению коэффициента соответствует наружная солнцезащита в виде марких из темной ткани. В то же время четкого критерия достаточности запроектированной солнцезащиты не предусмотрено.

Представляется, что в качестве критерия достаточности мероприятий по снижению температуры помещения в расчетный летний период следует ограничить амплитуду колебаний температуры помещения при пассивном тепловом ре-

жиме помещения и её величину принять такой, что и в холодный период при теплоаккумулирующем отоплении – 2,5 °С.

В связи с тем, что внутренние тепловыделения при проектировании помещения не определены, для оценки величины этой амплитуды важно обеспечить ее уменьшение при учете только наружных воздействий. Что касается проветривания, то его в условиях жаркого климата устраивают в ночное время, когда температура наружного воздуха падает. Однако расход воздуха проветривания зависит от скорости ветра, его направления и аэродинамического сопротивления потоку воздуха, создаваемому пространством квартиры или другого блока помещений до выхода воздуха наружу. Проветривание, как мероприятие по снижению температуры внутреннего воздуха, не является надежным.

Сквозная теплоустойчивость снижает возмущающий тепловой поток, идущий от наружной среды. Так как амплитуда колебаний температуры внутренней поверхности наружных массивных ограждений нормативно ограничена, колебания теплового потока, поступающие через массивные наружные ограждения, вызванные колебаниями условной температуры наружной среды при расчете амплитуды колебаний температуры помещения можно не учитывать, а сосредоточиться только на колебаниях теплового потока, проникающего через окна. При этом в качестве возмущающих воздействий можно рассматривать колебания теплового потока, проходящего через окна, формируемые суточным ходом температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации. Стабилизирующими воздействиями следует считать внутреннюю теплоустойчивость помещения, характеристики примененного заполнения оконных проемов и солнцезащиту. Внутренняя теплоустойчивость обеспечивает тем более плавное изменение температуры в помещении, чем она больше. Внутренняя теплоустойчивость влияет на способность помещения сохранять относительное постоянство температуры при колебаниях теплового потока внутри помещения.

При этом предлагается следующая процедура расчета амплитуды колебаний температуры помещения.

1. Определяется амплитуда теплового потока A_Q , Вт, проникающего в помещение через окна за счет суммарной солнечной радиации и колебаний температуры наружного воздуха. Расчетной ориентацией окон следует принять запад, как ориентации с наиболее интенсивной солнечной радиации, время максимума которой около 16 часов близко к времени максимума температуры наружного воздуха 15 часов. При этом учитываются размер окна, характеристики пропускания солнечной теплоты прозрачной частью окна и затенение непрозрачной. В качестве исходных климатических данных принимаются:

- разность максимальной и среднесуточной интенсивности суммарной солнечной радиации для вертикальной западной поверхности;
- максимальная амплитуда температуры наружного воздуха.

2. Определяется показатель теплоусвоения помещения $U_{\text{п}}$, Вт/°С, как основная характеристика внутренней теплоустойчивости помещения.

3. Определяется амплитуда температуры помещения, °С, по формуле:

$$A_t = A_Q / U_{\text{п}}.$$

Из представленной в Приложении 4 таблицы видно, что жесткое требование иметь в жилье обязательную наружную стационарную солнцезащиту с коэффициентом пропускания солнечной радиации 0,2 удовлетворяется, если ограничивать амплитуду колебаний температуры помещения величиной 1,5 °С при глубине помещения не менее 4 м. В более глубоких помещениях для достижения той же величины амплитуды достаточно светлой внутренней шторы.

Если же ориентироваться на величину амплитуды температуры помещения 2,5 °С, то стационарную солнцезащиту обязательно необходимо устраивать при глубине помещения менее 3 м.

Эти результаты подтверждают сложившуюся практику строительства жилых домов, когда наружная солнцезащита не устраивается практически никогда. Однако результат следует понимать так, что наружная солнцезащита желательна, особенно когда помещение обслуживается системой кондиционирования воздуха, что было подтверждено значительной экономией холода путем математического моделирования теплового режима помещений.

2.7 Выводы по главе 2

1. Предлагаемые автором конструктивные решения наружных ограждений зданий для условий жаркого климата северных регионов Таджикистана удовлетворяют требованиям СНиП РТ 23-02-2009 «Тепловая защита зданий» по зимним и летним условиям.

2. В условиях сухого жаркого климата для улучшения влажностного режима утеплителя в конструкции покрытия мансарды необходимо устраивать вентиляционную воздушную прослойку, а в чердачном пространстве сулоховые окна расположенные друг против друга для сквозного проветривания.

3. Устройство утепления пола улучшает гигиенические характеристики пола: снижает показатель теплоусвоения поверхности пола, повышает температуру пола, а также снижает теплопотери через пол.

4. Предложенные составы наружных ограждающих конструкций удовлетворяют требованиям СНиП РТ 23-02-2009 по сквозной теплоустойчивости.

5. Предложено ограничивать величиной $2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ для летних условий в жарком климате северного Таджикистана амплитуду колебаний температуры внутреннего воздуха, формирующейся под возмущающим воздействием теплоступлений через окна за счет суточного хода температуры наружного воздуха и интенсивности солнечной радиации и стабилизирующим воздействием внутренней теплоустойчивости помещения, теплозащитных окон и солнцезащиты.

ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНОГО РЕШЕНИЯ РЕКОНСТРУИЕМЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ДЛЯ СЛОЖНЫХ СЕМЕЙ НАРОДОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

3.1 Основные принципы проектирования жилых домов для семей из трех поколений

Необходимость проектирования специальных жилых ячеек для каждого поколения семьи, предназначенных для расселения сложных семей, состоящих из нескольких поколений, определилась количественным ростом доли пожилого населения и постоянно растущим стремлением к сохранению удобных связей между поколениями. Кроме того, совместное проживание родственных семей связано с устойчивыми традициями народов Центральной Азии.

Опыт проектирования таких ячеек позволяет выделить два принципиальных вида расселения подобных семей. При одной форме имеет место совместное проживание всех членов сложной семьи в разных ячейках одной квартиры, при другой – каждая родственная семья расселяется в изолированной квартире, но с возможностью организации связи между ними. Оба направления обладают большим разнообразием планировочных построений жилых ячеек. Основной же принцип их организации сводится к тому, чтобы создать необходимые равноценные условия проживания каждой семье.

Степень изолированности и совместимости процессов жизнедеятельности, осуществляемых поколениями, проживающими в одной квартире, зависит от степени пространственной общности и пространственной независимости помещений жилых ячеек, что и будет характеризовать ту или иную ее планировочную структуру. Простейшая структура, предназначенная для совместного проживания сложных семей – это обычная квартира с двухчастным зонированием, где в самостоятельную подзону, расположенную возле передней, в качестве индивидуальной зоны выделена жилая комната с небольшим санитарным узлом. Такая жилая ячейка лучше всего отвечает потребностям тех семей, где режим жизни одного

(двух) членов семьи не совпадает с режимом остальных ее членов. В подобной форме организации квартиры выполнение многих бытовых процессов каждым поколением еще в большой мере пространственно связано, особенно в зоне помещений общесемейного отдыха, приема и приготовления пищи.

Наибольшая изолированность для проживания каждой семьи в семейной группе достигается при развитии выделяемой зоны до законченной самостоятельной ячейки с необходимым составом помещений, оснащенных необходимым оборудованием. В таком виде общая структура жилой ячейки выглядит как бы «квартирой в квартире», связанной общим выходом наружу.

Одним из путей увеличения пространственной независимости зоны, организуемой для одного из поколений, является устройство своего входа в нее со стороны лестничной площадки или коридора, а значит, и устройство второй передней. При этом степень пространственной общности между выделенной зоной и основным ядром квартиры может быть самой разнообразной.

При изучении требований сложных семей к своему жилищу расселение в самостоятельных жилых квартирах по форме совместно-изолированного проживания имеет предпочтение, поскольку при этом обеспечивается наибольшая психологическая самостоятельность и свобода выбора для общения.

Характер возможной пространственной связи между родственными семьями, устанавливаемой проектом, во многом зависит от выбранного типа дома. Так, например, квартира, предназначенная для заселения семейной группой, может состоять из, двух- и четырехкомнатной жилых ячеек, имеющих отдельные входы из коридора, занимает торцовую часть дома. В четырехкомнатной ячейке, расположенной в двух уровнях, коллективная зона соседствует с такой же зоной двухкомнатной ячейки. Смежное расположение общих комнат позволяет осуществить пространственную связь между ними.

Смешанная структура галерейного типа блокированного дома предопределяет самостоятельные входы в жилые ячейки непосредственно из галереи, тем самым создаются условия полной изоляции жилых ячеек. В то же время общие комнаты квартиры могут обеспечить необходимые контакты между родственными

ми семьями. В секционном доме может быть предусмотрено отдельное проживание семей разного поколения в разных уровнях с независимыми входами в каждую квартиру, связанных между собою внутриквартирной лестницей. Система совместно-изолированного расселения обладает наибольшей гибкостью, и следовательно, длительностью морального неустаревания жилища этого типа и позволяет более свободно решать проблемы при распределении квартир.

3.2 Предложения внутренней перепланировки дома для повышения комфортности проживания

При реконструкции и внутренней перепланировке здания уменьшается не только его физический износ после полной или частичной замены отдельных конструкций, но и устраняется моральный износ здания в результате улучшения его внешнего облика и повышения комфорта и качества жизни в целом. В зависимости от технического состояния и местных условий объем таких мероприятий, включая внутреннюю перепланировку, может изменяться в значительных пределах, а специфические конструктивные особенности крупнопанельных зданий, построенных в сейсмических условиях, требуют особых условий при перепланировке квартир. Специфичность этих приемов обуславливается следующими факторами:

- наличие жесткой конструктивной схемы, не позволяющей изменять размеры помещений в сторону увеличения за счет снятия или перенесения несущих перегородок;

- повышение качества жизни при внутренней перепланировке квартир в рассматриваемых жилых домах может быть осуществлено только объединением квартир, как в пределах этажа, так и по вертикали с созданием квартир в 2-х уровнях.

Анализ объемно-планировочной структуры жилого дома – основы (рис. 3.1) и степень его морального износа, а также адресная реконструкция его под жилой дом для сложных семей позволяют наметить в основном частичную переплани-

ровку квартир. Указанная перепланировка заключается в увеличении площади общих комнат за счет включения в их состав пространства утепленных веранд и лоджий, частичного переноса некоторых перегородок при сохранении положения существующих санитарно-технических узлов.

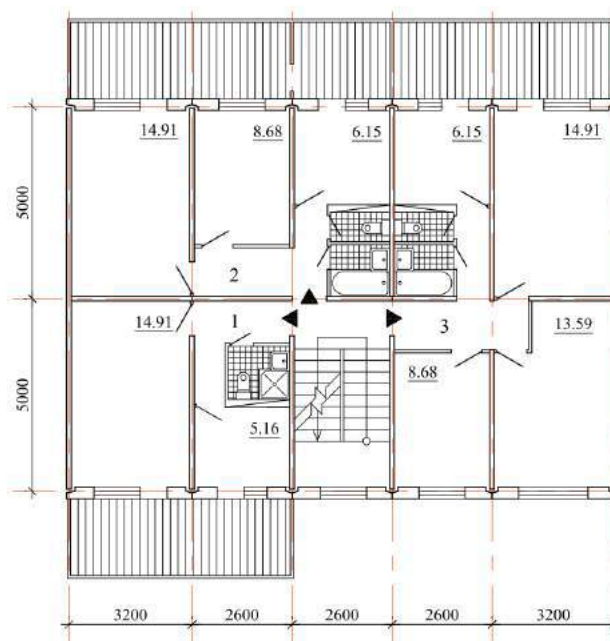


Рисунок. 3.1 – Исходный план секции дома – основы серии ТТЖ-1–464 АС-3

3.3 Анализ вариантов реконструкции жилого дома – основы

Рассмотрим примеры вариантов реконструкции крупнопанельного жилого дома серии ТТЖ-1-464 АС-3 под жилой дом для сложных семей, состоящих из нескольких поколений. Задача формирования такой концепции модернизации, в результате которой должно получиться жилье, удовлетворяющее современным требованиям и местным социально-демографическим условиям, состоит в удовлетворении требований комфорта для конкретной категории жителей.

Для жилых домов этой серии конструктивная схема характеризуется наличием несущих разделительных перегородок, расположенных с узким поперечным шагом 2,6 и 3,2 м и продольным шагом – 5,0 м (рис. 3.1). При этом максимальная площадь комнаты дома, ограниченной продольными и поперечными несущими стенами, составляет $14,91 \text{ м}^2$, что не соответствует по площади современным нормам для общей комнаты квартиры.

Технико-экономические показатели жилого дома упомянутой серии приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технико-экономические показатели жилого дома-основы серии ТТЖ-1-464 АС-3

№ п/п	Показатели	Единица измерения	Количество
1	Площадь застройки	м ²	761
2	Строительный объем дома (V)	м ³	10730
3	Общая площадь дома	м ²	2618
4	Жилая площадь	м ²	1513
5	Подсобная площадь	м ²	829
6	Площадь летних помещений	м ²	787
7	Количество квартир всего, в том числе: -однокомнатных -двухкомнатных -трёхкомнатных	квартир	60
		квартир	20
		квартир	20
		квартир	20
8	Количество жилых комнат	комнат	120
9	Средняя комнатность	комнат	2.0
10	Коэффициент $K_1 = F_{ж} / F_o$	-	0.57
11	Коэффициент $K_2 = V_{стр} / F_o$	-	4.1

В таблице 3.2 выполнено сравнение различных планировочных показателей для однокомнатных, двухкомнатных и трехкомнатных квартир в доме-основе по нормам. Данные таблицы 3.2 показывают нехватку или достаточность площади отдельных помещениях дома-основы.

Рассмотрены 4 варианта перепланировки квартир жилого дома – основы. В первом варианте реконструкция и перепланировка осуществлена за счет объединения трёх квартир в пределах этажа секции (рис. 3.2). При перепланировке сохранена общая планировочная структура существующих квартир с некоторым изменением положения санузлов и кухонь в 2-х и 3-х комнатных квартирах. При этом в них используются существующие водопроводно-канализационные и вентиляционные системы. При реконструкции принята частичная система перепла-

нировки с двухступенчатой структурой зонирования квартиры, при которой образованы две самостоятельные квартиры со входами, предназначенными для совместно-изолированного проживания родственных семей. Каждая из составляющих квартир в соответствии с п. 2.3 норм проектирования «Реконструкция и капитальный ремонт жилых домов» [21] спроектирована в соответствии с требованиями по проектированию отдельных квартир.

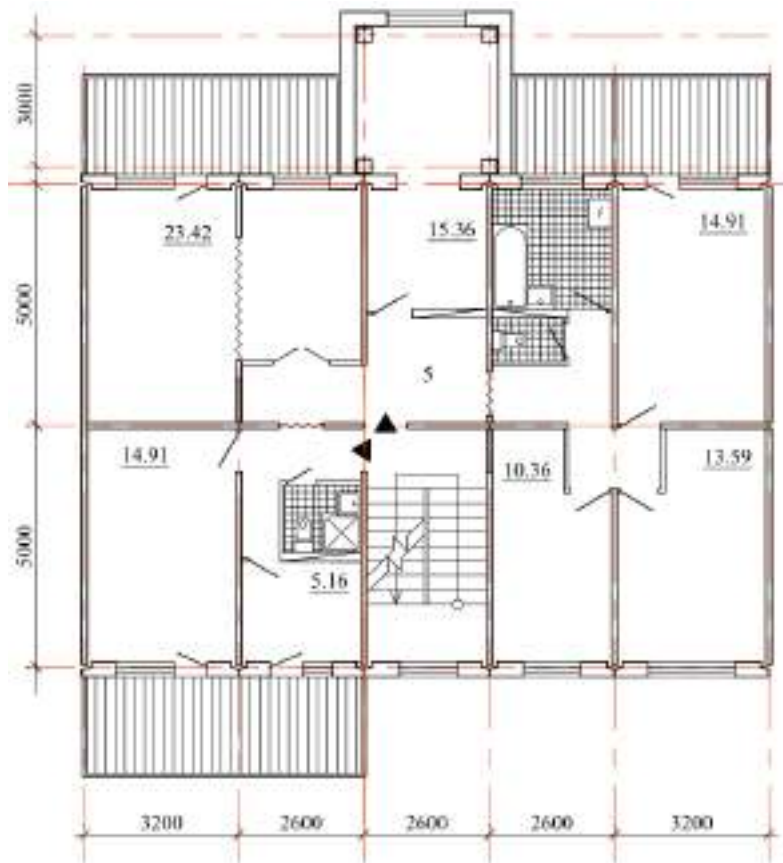


Рисунок 3.2 – План секции после реконструкции по варианту 1 в одном уровне

При этом сообщение между квартирой для поселения членов семьи первого поколения (престарелых) осуществляется через дверной проем шириной 0,8 м, устраиваемой в несущей продольной перегородке, разделяющей однокомнатную квартиру и гостиную смежно расположенной квартиры, предназначенной для проживания семьи из двух и трех поколений [113].

Таблица 3.2 – Анализ объемно-планировочных решений квартир жилого дома – основы серии ТТЖ-1-464 АС-3

№ п/ п	Показатели	Ед. изм.	Типы квартир								
			однокомнатная			двухкомнатная			трехкомнатная		
			кол-во	норма	сравнение	кол-во	норма	сравнение	кол-во	норма	сравнение
1	Общая площадь	м ²	26,54	36,0	-9,46	38,14	52,0	-13,86	52,46	68,0	-15,54
2	Жилая площадь	м ²	14,91	18,0	-3,09	23,59	31,0	-7,41	37,18	42,0	-4,82
3	Подсобная площадь	м ²	11,63	18,0	-6,37	14,55	21,0	-6,45	15,28	26,0	-10,72
4	Площадь летних помещений	м ²	11,44	≈4,0	переизбыток	16,48	≈5,7	переизбыток	11,44	≈7,8	переизбыток
5	Площади:	м ²	14,91	18,0	-3,09	14,91	16,0	-1,09	14,91	18,0	-3,09
	-общей комнаты		-	-	-	8,68	>12,0	-3,32	8,68	>10,0	-1,14
	-спальная 1		-	-	-	-	-	-	13,59	>12,0	+1,59
6	Площадь кухни	м ²	5,16	>8,0	-2,84	6,15	>8,0	-1,85	6,15	>8,0	-1,85
7	Санузел:	-	имеется	отсутствует	не соответствует нормам	отсутствует	отсутствует	соответствует нормам	отсутствует	отсутствует	соответствует нормам
	Совмещенный		отсутствует	имеется		имеется	имеется		имеется	имеется	
8	Передняя:	м ²	2,7	2-3,5	соответствует нормам	3,12	2-3,5	соответствует нормам	3,12	3,5-5	соответствует нормам
	Площадь		1,09	1,4		1,26	1,4		1,26	1,4	
	Ширина	м	1,09	1,4	-0,31	1,26	1,4	-0,14	1,26	1,4	-0,14
9	Целесообразность планировки здания $K_1 = F_{жс} / F_o$	-	0,56	0,5		0,62	0,6		0,71	0,62	

В зоне размещения помещений для членов семьи из двух и трех поколений осуществлено четкое зонирование пространства. За счет реконструкции и перемещения санузлов увеличилась площадь прихожей ($5,41 \text{ м}^2$). Площадь кухни увеличена до $15,36 \text{ м}^2$ за счет включения в ее площадь утепленной лоджии со световым проемом [113].

Анализ объемно-планировочного решения варианта 1 (рис. 3.2) указывает на отсутствие потери жилой площади в процессе перепланировки при достаточно высоком коэффициенте экономичности объемно-планировочного решения $K_I=0,59$ (табл. 3.3). Одним из достоинств перепланировки по варианту 1 является возможность её осуществления без временного выселения проживающих и самими квартиросъемщиками. К недостаткам перепланировки варианта 1 можно отнести необходимость объединения двух смежных ячеек дома для устройства гостиной за счет дополнительного проема шириной $2,5 \text{ м} - 3 \text{ м}$, что потребует дополнительных затрат по усилению несущих конструкций [113].

В вариантах 2 – 4 перепланировка осуществлена с расширением корпуса при размещении квартир в двух уровнях в пределах 1-го и 4-го этажей и устройством дополнительного мансардного этажа, объединенного с пятым этажом. Реконструкция увеличивает общую и жилую площадь жилого дома на 20-25%, что повышает плотность жилого фонда квартала, в котором расположены реконструируемые дома. В варианте 2 в 5-тикомнатных квартирах категории «А», расположенных соответственно на 1-м – 4-м этажах, осуществлено трехчастное зонирование (рис. 3.3) [113].



Рисунок 3.3 – План секции после реконструкции по варианту 2 с квартирой
в двух уровнях

На первом уровне располагаются ячейки для совместных процессов жизнедеятельности семьи, жилая и подсобная зона для проживания пожилых членов семьи. Последняя имеет самостоятельный вход и возможность связи с зоной общесемейного отдыха, приема и приготовления пищи. На втором уровне расположены спальни родителей и детей различного возраста и пола. При этом молодая семейная пара располагается изолированно в самостоятельной зоне с отдельным входом на уровне чётного этажа с возможностью связи с общесемейными помещениями квартиры. В указанных вариантах кроме надстройки мансардного этажа осуществлено включение в общую площадь квартиры пространства лоджий и веранд с соответствующим утеплением их наружных ограждений. В процессе перепланировки сохранено местоположение существующих санитарно-технических узлов[113].

Для связи между помещениями по вертикали и горизонтали в квартирах осуществляются пробивка двух проемов: в перекрытии вдоль короткой стороны у

наружной стены для размещения лестниц и в продольной стене для дверного проема в квартирах типа «А» [113].

В квартирах типа «Б» варианта 2 и в вариантах 3, 4 (рис.3.4 и 3.5) также принято двухуровневое расположение помещений с общим входом в квартиру при выделении самостоятельных зон с необходимым составом помещений для различных поколений в семье [113].

В таком виде общая объемно-планировочная структура квартиры, предназначенная для проживания сложной семьи, выглядит как бы «квартирой в квартире» с общим выходом наружу. Анализ данных таблицы 3.3 указывает на достаточно высокий уровень комфортности проживания рассматриваемой категории жителей. Эти варианты перепланировки позволяют увеличить жилую площадь реконструируемого жилого дома от 25% до 30%, что при реконструкции всех жилых домов застройки приведет к увеличению плотности жилого фонда застроенной территории в полтора раза, почти не повышая плотность застройки [102].

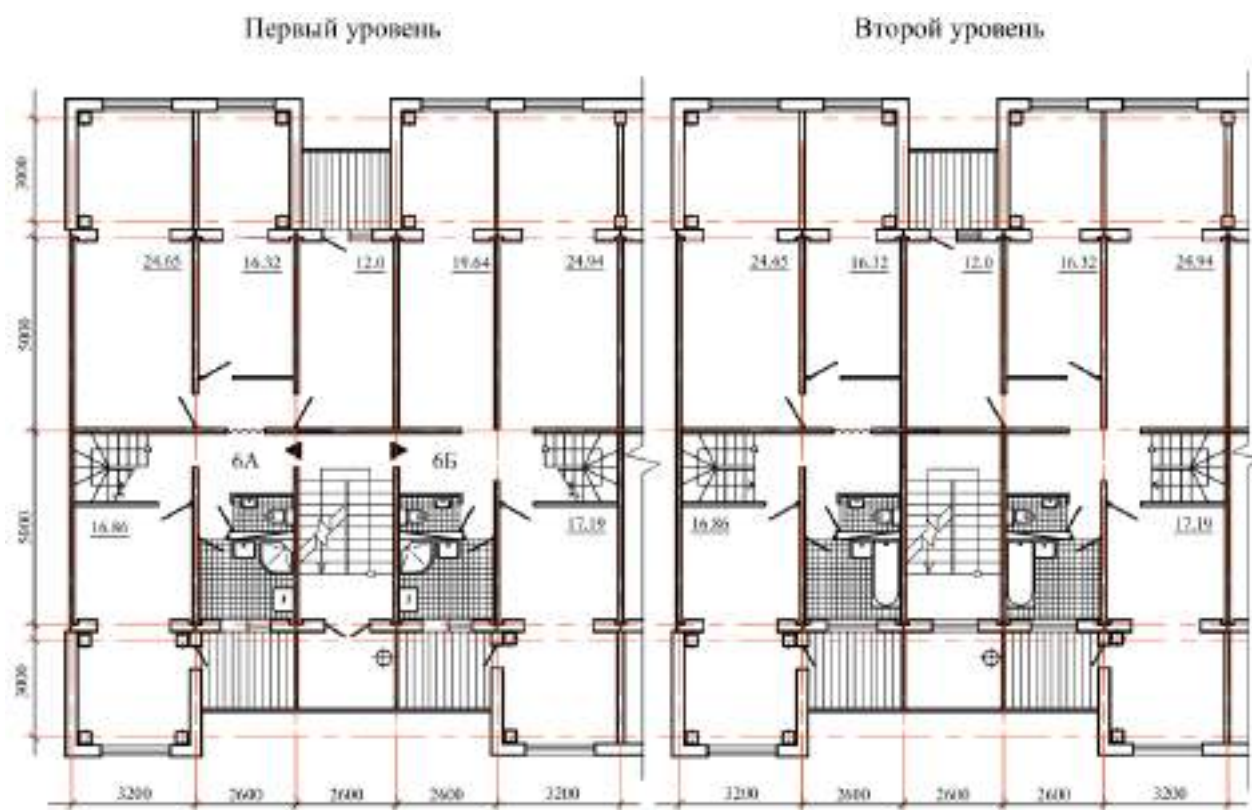


Рисунок 3.4 – План секции после реконструкции по варианту 3 с квартирой в двух уровнях

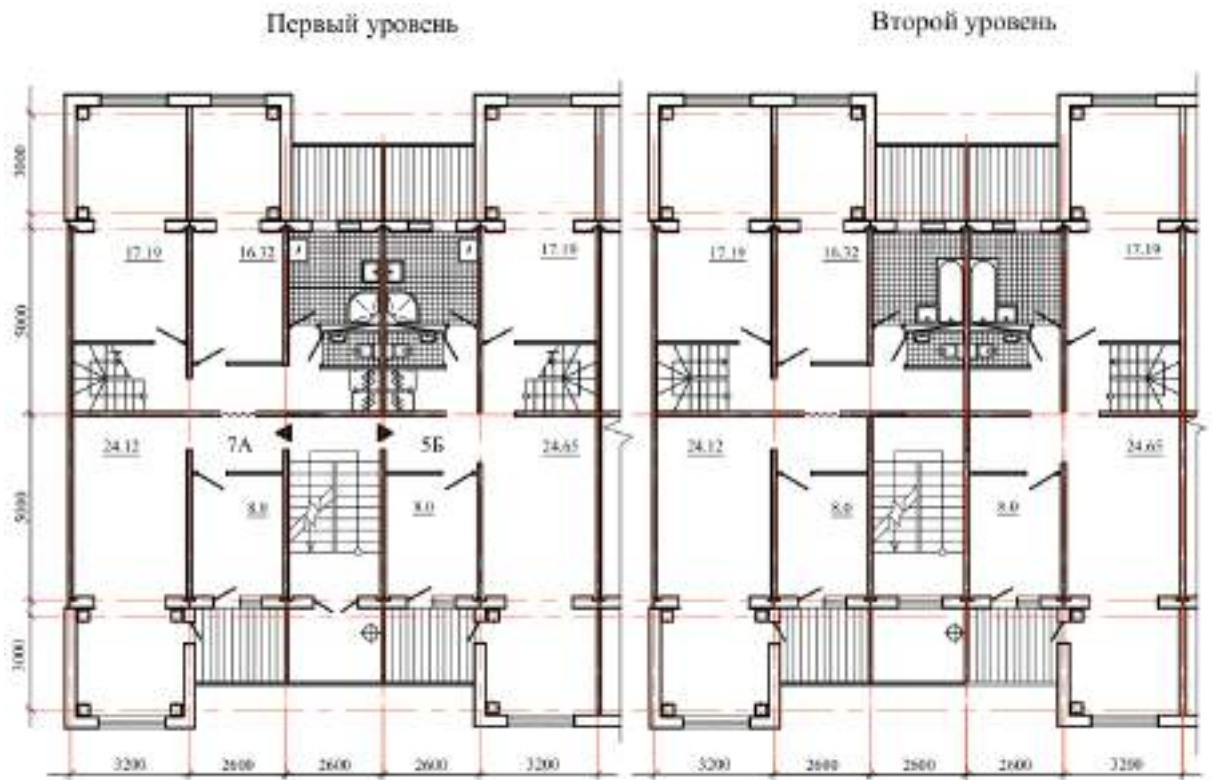


Рисунок 3.5 – План секции после реконструкции по варианту 4 с квартирой в двух уровнях

Основные технико-экономические показатели реконструированного жилого дома-основы серии ТТЖ-1-464 АС-3 по рассмотренным вариантам, приведенные в таблице 3.3, позволяют выбрать наиболее целесообразный вариант перепланировки здания.

Таблица 3.3 – Техничко-экономическая оценка вариантов перепланировки жилого дома [113]

№ п/п	Показатели	Единицы измерения	Исходный вариант	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
1	Площадь застройки	м ²	761	775	936,85	936,85	936,85
2	Строительный объем	м ³	10730	10933	13288	13288	13288
3	Общая площадь дома	м ²	2618	2634	4125,7	3645,9	3671,5
4	Жилая площадь дома	м ²	1506	1544	2641,2	2436,5	2426,7
5	Подсобная площадь	м ²	829	837	1355	1074	1080
6	Площадь летних помещений	м ²	787	686	274,4	294	392

(продолжение таблицы 3.3)

7	Средняя комнатность	комнат	2,0	5,0	5,33	6,16	6,16
8	Показатель целесообразности планировки здания $K_1 = F_{жс} / F_o$	--	0.57	0,59	0,64	0,67	0,66
9	Показатель экономичности использования строительного объема здания $K_2 = V_{стр} / F_o$	--	4.1	4,15	3,22	3,64	3,62
10	$K_{рек.} = F_{ж.рек} / F_{ж}$	--	--	1,03	1,75	1,62	1,61

На основе анализа вариантов перепланировки к разработке можно принять вариант 2, в котором коэффициент K_2 существенно меньше чем в других вариантах. Это свидетельствует о компактности объемно-планировочного решения и о сравнительно меньших удельных расходах тепловой энергии в здании [113].

3.4 Объемно-планировочное решение жилого дома после реконструкции

В результате перепланировки помещений квартир с 1-го по 5-ый этажей и надстройки мансарды образованы двухквартирные секции с расположением квартир в двух уровнях. В результате реконструктивных мероприятий на 1-ом, 2-ом, 3-ем и 4-ом этажах организуются пятикомнатные квартиры типа «А» и «Б», а в квартирах, расположенных на уровне пятого этажа и мансарды – шестикомнатные типа «А» и «Б».

Пятикомнатная квартира типа «А» имеет трехчастное зонирование. На первом уровне расположены помещения общесемейного отдыха, приема и приготовления пищи с самостоятельным выходом на лестничную клетку и отдельных жи-

лых ячеек для заселения пожилых членов семьи с самостоятельным выходом на лестничную клетку (рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Объемно-планировочное решение 1-го этажа жилого дома серии ТТЖ-1-464 после реконструкции

На втором уровне расположены спальные комнаты для родителей и детей младшего возраста и самостоятельная жилая ячейки для молодой семьи с самостоятельным выходом на лестничную клетку на уровне 2-го и 4-го этажей (рис. 3.7).

Планы второго и четвертого этажей

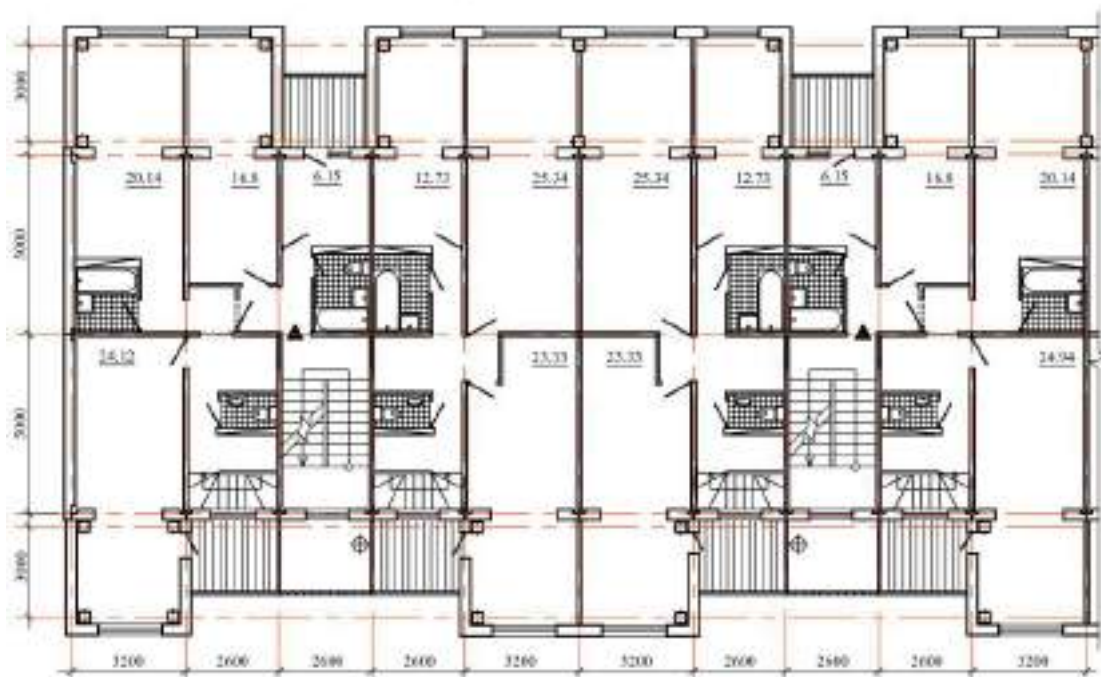
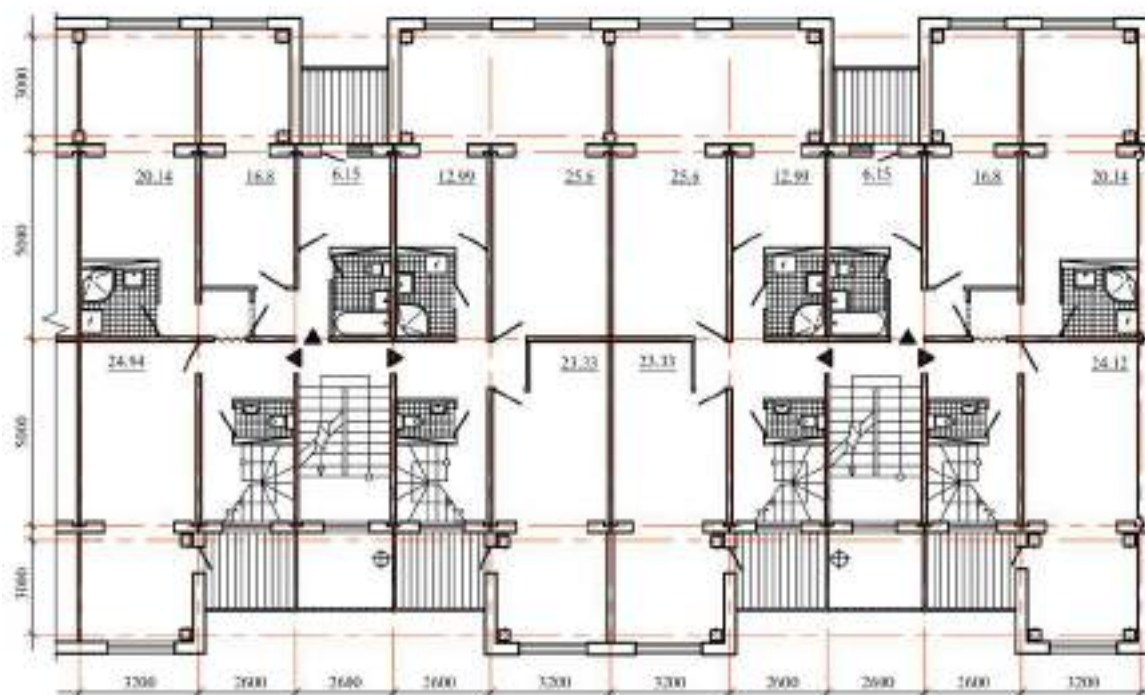


Рисунок 3.7 – Объемно-планировочное решение второго и четвертого этажей жилого дома серии ТТЖ-1-464 после реконструкции

Планы третьего и пятого этажей



Рисинук. 3.8 – Объемно-планировочное решение третьего и пятого этажей жилого дома серии ТТЖ-1-464 после реконструкции

Пятикомнатные квартиры типа «Б» имеют общий выход на лестничную клетку и состоят из самостоятельных ячеек для каждого отдельного поколения членов семьи.

Все самостоятельные жилые ячейки имеют необходимый состав помещений, оснащенных необходимым оборудованием.

При реконструкции с перепланировкой квартир жилого дома – основы площади веранд и лоджий с соответствующим утеплением наружных стен включены в состав гостиных и кухонь-столовых на первом уровне квартиры (рис. 3.8).

Шестикомнатные квартиры типа «А» и «Б», располагаемые на 5 этаже и мансарде имеют общие входы в квартиры из лестничных клеток на уровне 5 этажа. Связующим объемно-планировочным элементом реконструированных квартир являются поуровневые прихожие и холлы, примыкающие к лестничным клеткам. В холле каждой квартиры на первом уровне устроены деревянные лестницы с забежными ступенями для связи между уровнями квартиры.

В процессе реконструкции проведена модернизация лестничных клеток с размещением дополнительной пристройки для мусоропроводов с люками, располагаемыми на уровне междуэтажных площадок.

Анализ объемно-планировочных показателей указывает на достаточно высокий уровень комфорта квартир для проживания сложных семей, отвечающих современным нормативным требованиям.

Устройство мансард в реконструируемых зданиях относят к особым видам реконструкции зданий, которое является эффективным мероприятием, поскольку позволяет увеличить полезную площадь зданий без уплотнения площади застройки, а это интенсифицирует использование городских земель, увеличивается плотность застройки.

При проектировании мансардных надстроек особое место занимают вопросы, связанные с выбором ее оптимальной формы и конструктивного решения. В практике реконструкции жилых зданий в Таджикистане ещё нет достаточного опыта устройства и эксплуатации рассматриваемых надстроек.

План мансардного этажа



Рисунок 3.9 – Объемно-планировочное решение мансардного этажа жилого дома серии ТТЖ-1-464 после реконструкции

Форма мансардного пространства выбрана с наклонными под углом 60° наружными стенами, горизонтальным потолком, расположенным над уровнем пола на расстоянии 2,8 м и наклонной под углом 15° к горизонту холодной кровлей.

Окна в помещениях мансарды устраиваются размером 1500x1500 мм с утеплением подоконной части на высоту 900 мм, которая ограждает недоступные для прохода людей «мертвые зоны». За счет этого происходит некоторое сокращение глубины помещений мансардного этажа, план которого показан на рисунке 3.9.

Между утепленным покрытием мансарды и кровлей образуется небольшой чердак, проветриваемый через проемы в торцах крыши (рис. 2.4).

3.5 Выводы по главе 3

1. Необходимость проектирования специальных жилых ячеек, предназначенных для расселения сложных семей, семейных групп и семей, состоящих из нескольких поколений, определилась в Республике Таджикистан количественным ростом доли пожилого населения и стремлением к сохранению удобных связей между поколениями. Совместное проживание родственных семей связано с национально-бытовыми традициями таджикского народа.

2. При реконструкции принята частичная система перепланировки, при которой образованы две самостоятельные квартиры со входами, предназначенными для совместно-изолированного проживания родственных семей.

3. В процессе реконструкции проводится модернизация лестничных клеток с размещением дополнительной пристройки для мусоропроводов с люками, располагаемыми на уровне междуэтажных площадок.

4. Предлагаемый вариант 2 перепланировки позволяет увеличить жилую площадь реконструируемого жилого дома на 75% за счет надстройки мансардного этажа и пристройки к ним дополнительных объемов, а при реконструкции всех жилых домов в застройке увеличить плотность жилого фонда в полтора раза.

5. Разработанные принципы улучшения объемно-планировочных решений реконструируемых жилых домов обеспечивают достаточно высокий уровень комфортности проживания для сложных семей, отвечающий современным нормативным требованиям.

ГЛАВА 4 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ МАТЕМАТИЧЕСКИМ МОДЕЛИРОВАНИЕМ

4.1 Цели моделирования и постановка задачи

Целью работы, представленной в настоящей главе, является исследование влияния на энергопотребление зданием рассмотренных ранее мероприятий: увеличения ширины корпуса, надстройки мансардного этажа, дополнительного утепления наружной оболочки здания, вентилируемой фасадной системы, использования новых типов окон со стеклопакетами с низким коэффициентом пропускания солнечной теплоты - SHGC (Solar Heat Gain Coefficient). Кроме того, необходимо оценить влияние этих мероприятий на параметры микроклимата помещений, комфортность проживания в зданиях.

Достижение поставленной цели предлагается осуществить математическим моделированием теплового режима здания, состоящего из теплообменивающихся помещений друг с другом. В общем виде постановка задачи о нестационарном тепловом режиме помещения приведена, например, в [100]. Ниже представлена постановка задачи в адаптированном к рассматриваемому случаю виде.

4.1.1 Математическая модель теплопередачи через несветопрозрачные ограждающие конструкции

Уравнение теплопроводности для конструкции можно записать в виде:

$$c_j(x)\rho_j(x)\frac{\partial t_j}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x}\left[\lambda_j(x)\frac{\partial t_j}{\partial x}\right], \quad (4.1)$$

$c_j(x)$, $\rho_j(x)$, $\lambda_j(x)$ - постоянные на каждом слое теплоемкость, Дж/(м³·°С), плотность, кг/м³, и теплопроводность, Вт/(м· °С), материалов, из которых состоят слои ограждающие конструкции;

t_j –температура, меняющаяся во времени и по толщине конструкции, °С;

j - номер рассматриваемого ограждения; $j=1, 2, \dots, r$.

На наружной поверхности каждого наружного ограждения учитывается теплообмен с наружной средой и теплота солнечной радиации, поглощенная наружной поверхностью.

$$-\lambda_j \frac{\partial t_j}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha_{n,j} (t_n - t_j \Big|_{x=0}) + \beta_2^H \rho_j q_j, \quad (4.2)$$

где λ_j - теплопроводность наружного слоя j -го ограждения, Вт/(м·°C);

$\alpha_{n,j}$ - коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности j -го ограждения, Вт/(м·°C);

t_n - изменяющаяся во времени температура наружного воздуха, °C;

β_2^H - коэффициент пропускания теплоты солнечной радиации наружным солнцезащитным устройством на j -е ограждение;

ρ_j - коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхностью j -го ограждения;

q_j - изменяющаяся во времени интенсивность суммарной солнечной радиации, облучающая наружную поверхность j -го ограждения, Вт/м².

На внешней поверхности каждого внутреннего ограждения учитывается теплообмен этой поверхности слоя j -го ограждения с другим помещением:

$$-\lambda_j \frac{\partial t_j}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha_{вн,j} (t_{вн} - t_j \Big|_{x=0}), \quad (4.3)$$

где λ_j теплопроводность внешнего слоя j -го ограждения, обращенного в другое помещение, Вт/(м·°C);

$\alpha_{вн,j}$ - коэффициент теплоотдачи слоя j -го ограждения на внешней поверхности, обращенной в другое помещение, Вт/(м·°C);

$t_{вн}$ - изменяющаяся во времени результирующая температура в соседнем помещении, °C.

На внутренней поверхности каждого j -го ограждения учитывается лучистый теплообмен внутренней поверхности j -го ограждения со всеми другими внутренними поверхностями, конвективный теплообмен с воздухом, а также приходящая-

ся на это ограждение доля лучистого потока солнечной радиации, непосредственно проникающей в помещение через светопрозрачные ограждения. Этот поток из-за многократного отражения считается равномерно распределенными по внутренним поверхностям ограждений. Кроме того, на внутренней поверхности j -го ограждения учитывается тепловой поток от расположенных внутри помещения источников теплоты, а также поток, обусловленный испарением влаги. Таким образом, для внутренней поверхности j -го ограждения граничное условие теплообмена можно записать в виде:

$$-\lambda_j \frac{\partial t_j}{\partial x} \Big|_{x=\delta} = \alpha_{k,j} (t_j|_{x=\delta} - t_\theta) + \sum_{n \neq j}^J \alpha_{l,j-n} (t_j|_{x=\delta} - t_n) - \frac{\sum_{i=1}^O \beta_{1,i} \beta_{2,i} A_i}{A_o} q_i - Q_{вл} \frac{1}{A_o} - q_{2,j}^w, \quad (4.4)$$

где λ_j - коэффициент теплопроводности материала внутреннего слоя j -го ограждения, Вт/(м·°C);

$\alpha_{l,j-n}$ - коэффициент лучистого теплообмена между внутренними поверхностями j -го ограждения и любого другого n -го с учётом угловой облученности n -го ограждения с j -го и приведенного излучения, Вт/(м²·°C);

$\alpha_{k,j}$ - коэффициент конвективного теплообмена на внутренней поверхности j -го ограждения, Вт/(м²·°C);

δ - толщина j -го ограждения, м;

q_i - изменяющаяся во времени интенсивность суммарной солнечной радиации, падающей на внутреннюю поверхность j -го ограждения через i -ое окно, Вт/м²;

$\beta_{1,i}$ - коэффициент проникания солнечной радиации через i -ое окно или другое лучепрозрачное ограждение, учитывающий его конструкцию (затенение переплетами, прозрачности стекла, его загрязнение и пр.);

$\beta_{2,i}$ - коэффициент пропускания теплоты солнечной радиации через солнцезащитные устройства i -го окна;

A_i - площадь i -го окна, м²;

A_o - общая площадь всех внутренних поверхностей обращенных в помещение, м²;

$Q_{вл}$ - изменяющиеся во времени внутренние лучистые тепловыделения, Вт.

Выделения лучистой теплоты от внутренних источников включают в себя:

$$Q_{вл} = Q_{люд} \eta_{люд} + Q_{осв} \eta_{осв} + Q_{элек} \eta_{элек} + Q_{тех} \eta_{тех}, \quad (4.5)$$

Здесь $\eta_{люд}$, $\eta_{осв}$, $\eta_{элек}$, $\eta_{тех}$ - доля лучистой теплоты от людей, приборов освещения, электрического оборудования и от технологических процессов.

$q_{2,j}^w$ -тепловыделения, Вт/м², обусловленные испарением, конденсацией или сорбцией потока влаги на внутренней поверхности j -го ограждения:

$$q_{2,j}^w = W_{2,j} \cdot r / A_j, \quad (4.6)$$

здесь r - удельная теплота парообразования, Дж/ г;

$W_{2,j}$ - поток влаги, г/с, испаряющейся с поверхности, конденсирующейся на ней или сорбирующей (десорбирующей).

4.1.2 Математическая модель теплового состояния окна

В стеклах теплопроводность осложнена частичной светопрозрачностью среды и частичным поглощением теплоты, при прохождении солнечной радиации через слой стекла часть её поглощается, и, таким образом, возникают внутренние источники теплоты. Однако, основная доля теплоты поглощается в близлежащем к поверхности слое стекла, что подтверждается экспоненциальным законом поглощения [56] . Поэтому с допустимой погрешностью можно считать, что в сравнительно тонком слое стекла этот процесс происходит не по всей его толще, а на поверхностях. Таким образом, при расчёте теплопередачи через светопрозрачные окна можно решать уравнение (4.1), соответственно изменив граничные условия.

Граничное условие при $x=0$ на наружной поверхности наружного стекла имеет тот же вид, что для массивного ограждения, то есть (4.2), в котором ρ_j заменяем на $\rho_{L,j}$ - коэффициент поглощения солнечной радиации наружным стеклом.

Граничное условие на внутренней поверхности светопрозрачного ограждения будет отличаться от условия (4.4) учётом теплоты, поглощенной во внутреннем остеклении:

$$-\lambda_j \frac{\partial t}{\partial x} \Big|_{x=\delta} = \alpha_{\kappa,j} (t_{j/x=\delta} - t_{\epsilon}) + \sum_{n \neq j}^J \alpha_{\lambda,j-n} (t_j|_{x=\delta} - t_n) - q_{2,j}^n - \rho_{2,j} \cdot \beta_{1,j} \cdot \beta_{2,j}'' \cdot q_j, \quad (4.7)$$

где $\rho_{2,j}$ – коэффициент, относящий поглощенное во внутреннем остеклении тепло солнечной радиации к его внутренней поверхности.

В связи с тем, что величина тепlopоступлений в помещение за счет поглощенной межстекольным пространством современного стеклопакета теплоты незначительна, ею пренебрегаем.

При расчете теплопередачи через окна с заполнением стеклом толщиной 4 мм, теплоемкостью и термическим сопротивлением стекол можно пренебречь. В этом случае теплопередача через светопрозрачное ограждение рассчитывается по законам стационарного процесса и для каждого момента времени принимает вид:

$$k'_j \left(t_n + \frac{\beta_{2,j}'' \rho_{2,j} q_j}{\alpha_{n,j}} - t_{2,j} \right) + \beta_{1,j} \beta_{2,j}'' \rho_{2,j} q_j = \alpha_{\kappa,j} (t_{2,j/x=\delta} - t_{\epsilon}) + \sum_{n \neq j}^J \alpha_{\lambda,j-n} (t_j|_{x=\delta} - t_n) - q_{2,j}^n \quad (4.8)$$

где k'_j – неполный коэффициент теплопередачи окна, Вт/(м² · °С);

$$k'_j = \frac{1}{\frac{1}{k_{ok,j}} - \frac{1}{\alpha_{B,j}}}, \quad (4.9)$$

здесь $k_{ok,j}$ – коэффициент теплопередачи окна, Вт/(м² · °С).

4.1.3. Математическая модель теплового состояния внутреннего воздуха

Воздух имеет теплообмен с внутренними поверхностями ограждений, поглощает конвективные тепловыделения внутренних источников, вентиляционного и кондиционного воздуха. В результате он находится в следующем тепловом состоянии:

$$c_{\epsilon} \cdot \rho_{\epsilon} \cdot V_n \frac{dt_{\epsilon}}{dz} = \sum_{j=1}^J \alpha_{\kappa,j} (t_j|_{x=\delta} - t_{\epsilon}) A_j + Q_{инф} + Q_{вент} + Q_{конд} + Q_{вк}, \quad (4.10)$$

где $c_{\epsilon} \cdot \rho_{\epsilon} \cdot V_n \frac{dt_{\epsilon}}{dz}$ – количество теплоты, поглощенной внутренним воздухом;

$c_v \cdot \rho_v$ – объемная теплоемкость воздуха, Дж/(м³ · °С);

$V_{\text{п}}$ – объём помещения, м³;

t_v – температура внутреннего воздуха, °С;

$\alpha_{k,j}$ – коэффициенты конвективного теплообмена между внутренними поверхностями ограждений и воздухом помещения, Вт/(м² · °С);

A_j – площади внутренних поверхностей стен, потолка, пола, окон, м²;

$Q_{\text{инф}}$, $Q_{\text{вент}}$, $Q_{\text{конд}}$, – тепловые потоки в результате фильтрации наружного воздуха, от системы вентиляции, системы кондиционирования воздуха, Вт;

$Q_{\text{вк}}$ – конвективный тепловой поток от внутренних источников, Вт.

Поток теплоты, поступающей в помещение в результате инфильтрации наружного воздуха с расходом $G_{\text{инф}}$, кг/с:

$$Q_{\text{инф}} = c_v \cdot G_{\text{инф}} (t_n - t_{yx}). \quad (4.11)$$

Тепловой поток, вносимый вентиляционным воздухом с расходом $L_{\text{вент}}$, м³/с:

$$Q_{\text{вент}} = c_v \cdot \rho_v \cdot L_{\text{вент}} \cdot (t_{\text{вент}} - t_{yx}), \quad (4.12)$$

где $t_{\text{вент}}$ – температура приточного вентиляционного, °С:

$$t_{\text{вент}} = t_n + \Delta t, \quad (4.13)$$

t_{yd} – температура удаляемого воздуха, °С:

$$t_{yd} = t_v + (H - 2) \text{grad} t, \quad (4.14)$$

здесь H – высота помещения, м;

$\text{grad} t$ – градиент температуры по высоте помещения, °С /м.

Тепловой поток, вносимый кондиционным воздухом с расходом $L_{\text{конд}}$, м³/с:

$$Q_{\text{конд}} = c_v \cdot \rho_v \cdot L_{\text{конд}} \cdot (t_{\text{конд}} - t_v), \quad (4.15)$$

где $t_{\text{конд}}$ – температура приточного кондиционного воздуха, °С;

Конвективный тепловой поток от внутренних источников:

$$Q_{\text{вк}} = Q_{\text{люд}} (1 - \eta_{\text{люд}}) + Q_{\text{осв}} (1 - \eta_{\text{осв}}) + Q_{\text{элек}} (1 - \eta_{\text{элек}}), \quad (4.16)$$

где $1 - \eta_{\text{люд}}$, $1 - \eta_{\text{осв}}$, $1 - \eta_{\text{элек}}$ – доля конвективной теплоты от тепловыделений людьми, приборами освещения, электрическим оборудованием;

$Q_{\text{люд}}$ - тепловыделения людьми, работающими в помещении, учитывающие интенсивность выполняемой работы, Вт;

$Q_{\text{осв}}$ - тепловыделения от приборов освещения, Вт;

$Q_{\text{элек}}$ - тепловыделения электрическим оборудованием, Вт, определяются с учетом мощности оборудования, коэффициента ее использования и одновременности его использования, а также доли перехода электрической энергии в тепловую.

С учетом (4.10) - (4.16) уравнение баланса теплоты воздуха в помещении записывается в виде:

$$c_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot V \frac{dt_{\text{в}}}{dz} = \sum_{j=1}^J \alpha_{k,j} \left(t_j \Big|_{x=\delta} - t_{\text{в}} \right) F_j + c_{\text{в}} \cdot G_{\text{инф}} (t_{\text{н}} - t_{\text{в}}) + c_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot L_{\text{вент}} \cdot [t_{\text{вент}} - (t_{\text{в}} + (H - 2) \text{grad} t)] + c_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{в}} \cdot L_{\text{конд}} \cdot (t_{\text{конд}} - t_{\text{в}}) + Q_{\text{вк}}, \quad (4.17)$$

При расчете температуры внутреннего воздуха уравнение (4.17) следует решать совместно с уравнением теплопроводности наружных и внутренних ограждений (4.1) и окна (4.8).

4.1.4 Математическая модель теплопередачи через стену с навесной фасадной системой (НФС)

Для стены с НФС теплообмен на поверхности конструкции обращенной в помещение и теплопередаче через толщу стены не отличаются от описанных выше случаев и могут рассчитываться с помощью формул (4.1), (4.3). Существенным отличием обладает только теплообмен на поверхности конструкции обращенной наружу. Процесс теплоотдачи происходит в воздушную прослойку и в небольшой степени по кронштейнам на облицовку вентфасада, откуда попадает снова в воздушную прослойку или напрямую наружу.

В воздушной прослойке происходят сложные процессы теплообмена и движения воздуха. Сложность этих процессов плюс сложность конструкций в их ес-

тественном виде не позволяют решать подобную задачу без упрощений. В качестве таковых принимаются:

1. Воздушная прослойка имеет форму простой плоской щели с постоянной шириной.
2. Препятствия, неровности и повороты в воздушной прослойке можно учесть коэффициентами местных сопротивлений.
3. Вся тепловая энергия, поступающая из конструкции, сначала попадает в воздушную прослойку.

При перечисленных предположениях записываются два уравнения для движения тепловой энергии и воздуха по воздушной прослойке. Предполагается, что воздух движется вдоль воздушной прослойки снизу вверх за счет своего нагрева относительно окружающего воздуха. Тепловая энергия перемещается по прослойке аналогично, вместе с воздухом плюс поперек прослойки за счет теплообменов воздуха со стенками прослойки и прямого лучистого теплообмена стенок между собой.

Так как процессы теплообмена между стенками не представляют сложности они специально не учитываются, входя дополнительным членом в основное уравнение теплопереноса в воздушной прослойке.

Теплоперенос в воздушной прослойке находится из теплового баланса элементарного объема, представляющего собой пренебрежимо малое сечение поперек прослойки.

Если скорость движения воздуха в прослойке известна и составляет v м/с, то уравнение баланса теплоты для элементарного слоя воздуха в прослойке, толщиной Δx [45] имеет вид:

$$-t_{np\ i} \cdot c_{\epsilon} \cdot v \cdot d \cdot \gamma_{\epsilon} + t_{xi-1} \cdot c_{\epsilon} \cdot v \cdot d \cdot \gamma_{\epsilon} + \frac{t_{\epsilon} - t_{np\ i}}{R_{o.контр}} \cdot \Delta x - \frac{t_{np\ i} - t_n^{ysl}}{R_{o.обл}} \cdot \Delta x = 0 \quad (4.18)$$

Первое слагаемое в уравнении (4.18) выражает количество теплоты, уносимой потоком воздуха из элементарного слоя прослойки вверх, второе слагаемое – выражает количество теплоты, поступающей в элементарный слой снизу, третье

слагаемое выражает количество теплоты, поступающий в элементарный слой через стену с утеплителем, четвертое слагаемое выражает количество теплоты, отходящей от элементарного слоя через облицовочные элементы фасада.

Преобразование (4.18), приводит к дифференциальному уравнению:

$$\frac{dt_{np}(x)}{dx} \cdot \frac{c_v \cdot v \cdot d \cdot \gamma_v}{\frac{1}{R_{o.констр}} + \frac{1}{R_{o.обл}}} + t_{np}(x) = \frac{\frac{t_v}{R_{o.констр}} + \frac{t_n^{ysl}}{R_{o.обл}}}{\frac{1}{R_{o.констр}} + \frac{1}{R_{o.обл}}} \quad (4.19)$$

В уравнении (4.19) используется скорость движения воздуха в прослойке, которую для вывода уравнения мы приняли известной. Для вентилируемого фасада с облицовкой без разрывов эту скорость можно найти по формуле [26]:

$$v = \sqrt{\frac{0,08 \cdot L \cdot (t_{cp} - t_n)}{\sum_i \xi_i}} \quad (4.20)$$

где L - разность высот от входа воздуха в прослойку до выхода из нее (высота фасада), м;

$\sum_i \xi_i$ сумма коэффициентов местных сопротивлений, определяемых по справочнику И.Е. Идельчика [38].

Как видно из (4.20) скорость движения воздуха в прослойке в свою очередь зависит от средней температуры воздуха в прослойке. Поэтому уравнения (4.19) и (4.20) должны решаться совместно.

Моделирование теплового режима здания возможно осуществить с помощью программного комплекса WUFI+ [136].

4.2 Возможности программного обеспечения WUFI+

WUFI+ - программное обеспечение, разработанное немецкими инженерами в Институте строительной физики им. Фраунгофера в Германии [112]. С помощью этой программы можно создать (моделировать) тепловой режим помещений, связанный с тепловлажностными компонентами с учетом составов ограж-

дающих конструкций и граничных условий [112] (рис.4.1). Выполняется расчет нестационарного теплового режима здания методом конечных объемов [136].

При моделировании здания посредством программного обеспечения WUFI+ с учетом работы системами поддержания микроклимата может быть рассчитана потребность в энергии на отопление и охлаждение здания [111] при задании количественных значений тепловлажностных воздействий по периметру здания.



Рисунок 4.1 – Схема решения задачи с помощью программного обеспечения WUFI+ [136]

Тепловлажностное состояние воздуха в каждом помещении определяется с учетом климатических условий местности, теплозащитных и теплоинерционных свойств оболочки здания, видом системы поддержания микроклимата. Все влияющие факторы на каждом временном шаге предварительно рассчитываются программным обеспечением WUFI+ по данным заложенных в комплекс баз данных по климату местности, внутренним условиям. При этом внутренние условия определяются с учетом задаваемой информации по количеству людей, находящихся в помещениях, роду их деятельности, работе внутренних источников теплоты

[112]. Дорогих экспериментальных исследований, требующих огромных затрат, времени и средств, можно избежать, поскольку WUFI+ позволяет легко и быстро осуществлять изменения в конструкциях здания, вводить различные граничные условия и варианты параметров [154].

Для зданий сложной формы существует возможность ввода специального файла. Сведения о многочисленных конструкциях ограждений и данные о строительных материалах загружены в соответствующие базы данных и могут быть использованы для различных зданий. В то же время базы данных расширяются произвольно [112].

На внешние условия принимаемых вариантов влияет климат и местоположение рассматриваемого объекта. WUFI+ работает с файлами по климату, содержащими почасовые данные о параметрах климата, в форматах «типового» года для многих географических условий [154].

Уточнения по нагрузкам на отопление, охлаждение и вентиляцию могут быть сделаны вручную и отрегулированы в зависимости от сезона и времени суток. По дополнительному модулю может быть дана оценка комфортных условий в здании при минимальных затратах на его отопление и охлаждение и энергоэффективность здания [111].

Результаты имитации можно вывести в виде графика или таблицы. Возможно так же представить результаты в формате ASCII, т.е. экспортировать данные в MS Excel. Для единичных компонентов результаты калькуляции могут быть представлены на формате видео [111].

В контексте проекта, представленного в виде приложения к WUFI+, было создано множество вариантных решений, проверенных на практике. Результаты приведённых имитаций, смоделированных WUFI+, сравнены с тестовыми показателями и не отличаются от натурных результатов более, чем на 2,5%. [111].

Программное обеспечение WUFI+ предназначено для проектировщиков, инженеров, архитекторов, разрабатывающих проектные решения зданий [125], отвечающие современным требованиям по энергетической эффективности, качеству среды и экологии [111].

С использованием программного обеспечения рассмотрим поставленные цели математического моделирования на варианте пятиэтажного жилого дома серии 105 до и после реконструкции и модернизации в климатических условиях города Худжанда. Моделирование теплозащиты этого жилого здания было осуществлено в Институте строительной физики им. Фраунгофера в Германии [109]. Фрагмент интерфейса моделирования с помощью программного обеспечения WUFI+ приведён на рисунке 4.2.

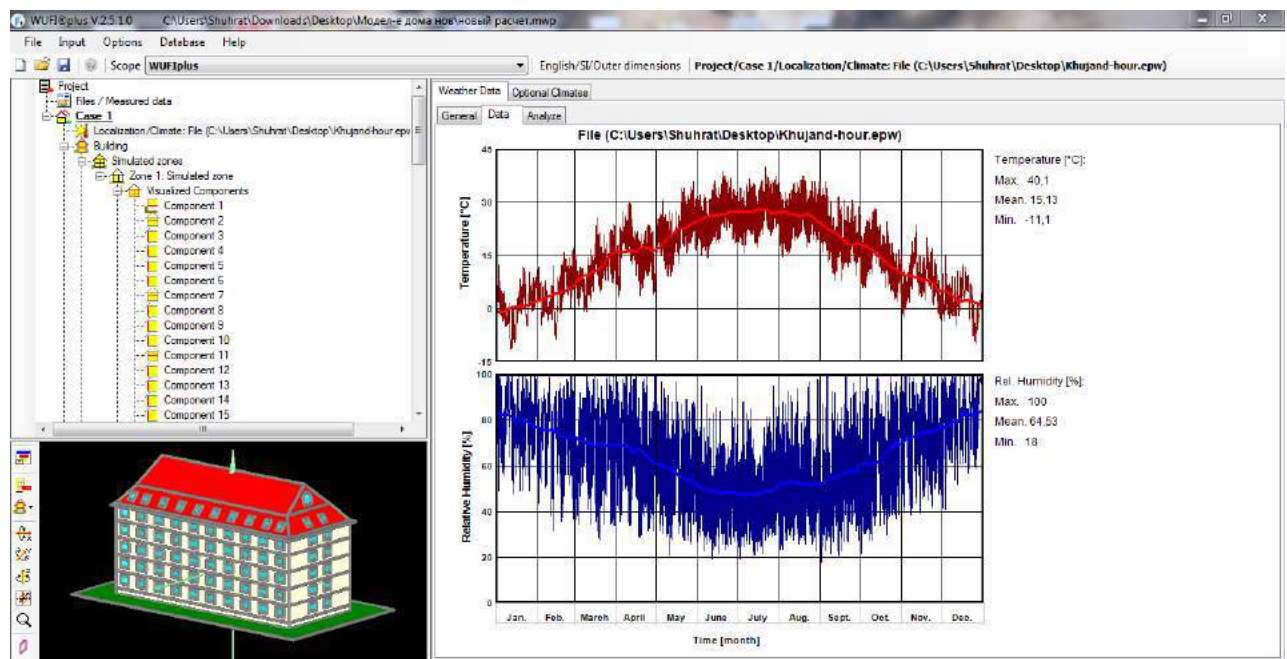


Рисунок 4.2 – Фрагмент интерфейса программного обеспечения WUFI+ с указанием изменений во времени температуры и относительной влажности в наружном воздухе при моделировании энергетических параметров жилого здания [112]

4.3 Подготовка исходных данных для математического моделирования

Для изучения 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 обследований 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 одежде в последствии по программе WUFI+ были вычислены данные о конвективной и лучистой теплоотдаче, влагоотдаче и выделении углекислого газа от людей. Эти данные средние за зимний период для домов до реконструкции приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Средние внутренние нагрузки в пятиэтажном жилом здании серии 105 (из 10-ти обследованных домов) в отопительном периоде

Часы	Конвективная теплоотдача (Вт)	Лучистая теплоотдача (Вт)	Влажность (г/ч)	Общее выделение углекислого газа (г/ч)	Количество людей	Одежда (clo.)
0 - 8	7700	4200	5300	3706	115	0,7
8 - 19	5200	2700	5340	2818	75	0,7
19 - 24	7700	4200	5300	3706	115	0,7

Для летнего периода средние внутренние нагрузки представлены в таблице 4.2:

Таблица 4.2 – Средние внутренние нагрузки в пятиэтажном жилом здании серии 105 (из 10-ти обследованных домов) в летний период.

Часы	Конвективная теплоотдача (Вт)	Лучистая теплоотдача (Вт)	Влага (г/ч)	Концентрация CO ₂ (г/ч)	Количество людей	Одежда (clo.)
0 - 8	7700	4200	5300	3706	115	0,5
8 - 19	5200	2700	5340	2818	75	0,5
19 - 20	7700	4200	5300	3706	120	0,5
20 - 22	2600	1350	2670	1490	37	0,5
22 - 24	7700	4200	5300	3706	115	0,5

После реконструкции и модернизации жилого дома серии 105 предполагаемые внутренние нагрузки приведены в таблице 4.3

Таблица 4.3 – Средние внутренние нагрузки в модернизируемом жилом доме в отопительный период

Часы	Конвективная теплоотдача (Вт)	Лучистая теплоотдача (Вт)	Влажность (г/ч)	Концентрация CO ₂ (г/ч)	Количество людей	Одежда (clo.)
0 - 8	9625	5250	6625	4632	150	0,7
8 - 19	5200	2700	5340	2818	80	0,7
19 - 24	9625	5250	6625	4632	150	0,7

Для летнего периода средние внутренние нагрузки представлены в табл. 4.4.

Таблица 4.4 – Средние внутренние нагрузки в модернизируемом жилом доме в летний период

Часы	Конвективная теплоотдача (Вт)	Лучистая теплоотдача (Вт)	Влажность (г/ч)	Концентрация CO ₂ (г/ч)	Количество людей	Одежда (clo.)
0 - 8	9625	5250	6625	4632	150	0,5
8 - 19	5200	2700	5340	2818	80	0,5
19 - 20	9625	5250	6625	4632	150	0,5
20 - 22	2600	1350	2670	1450	40	0,5
22 - 24	9625	5250	6625	4632	150	0,5

С использованием данных таблиц 4.1 – 4.4 был смоделирован тепловой режим жилого дома серии 105.

Все перечисленные внутренние тепловые нагрузки являются всегда положительными и поэтому в летний период они должны быть ассимилированы, а зимой за их счет снижается нагрузка на источники обогрева и их необходимо сохранять.

4.4 Расход энергии на отопление и охлаждение и оценка теплового комфорта в пятиэтажном жилом доме серии 105 до и после модернизации

4.4.1 Исследования жилого дома до реконструкции

Выполнено моделирование теплового режима здания и расчет энергетических параметров систем, поддерживающих микроклимат помещений, пятиэтажного жилого дома серии 105 постройки 1980 г. до реконструкции, расположенного в г. Худжанде. Для зимних условий расчет выполнялся с учетом теплоотдачи от отопительных приборов, соответствующих теплотерям дома при внутренней температуре воздуха $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для летних условий – с учетом нагрузок на систему охлаждения внутреннего воздуха, соответствующих тепlopоступлениям при температуре воздуха $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$. При этом период охлаждения считался равным традиционно принимаемому и равному трём самым жарким месяцам (июнь, июль, август). Получены изменения микроклиматических параметров помещений и значения расходов энергии. Выявлено, что на отопление расход энергии составляет 152990 кВт·ч (удельный расход тепловой энергии $102,6\text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$), а на охлаждение 123720 кВт·ч (удельный расход энергии на охлаждении $83\text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$) [111].

По полученному микроклиматическому состоянию внутренней среды был выполнен расчет теплоощущений людей по индексу PMV и уровня дискомфорта по показателю PPD. Данные таблицы 1.6 свидетельствуют о том, что по принятой в ЕС классификации зданий, рассматриваемые здания относятся ко II категории. Из таблицы 1.7 следует, что показатель теплоощущений в таком доме должен находиться в пределах $-0,5 < \text{PMV} < +0,5$, а показатель уровня дискомфорта должен быть $\text{PPD} < 10\%$. Расчет показал, что средняя за год оценка качества воздушной среды здания индексом PMV составляет $-0,5$ [111] (рис.4.3), а индексом PPD $44,32\%$ [111] (рис. 4.4), хотя локальные значения индексов PMV и PPD выходят за указанные диапазоны.

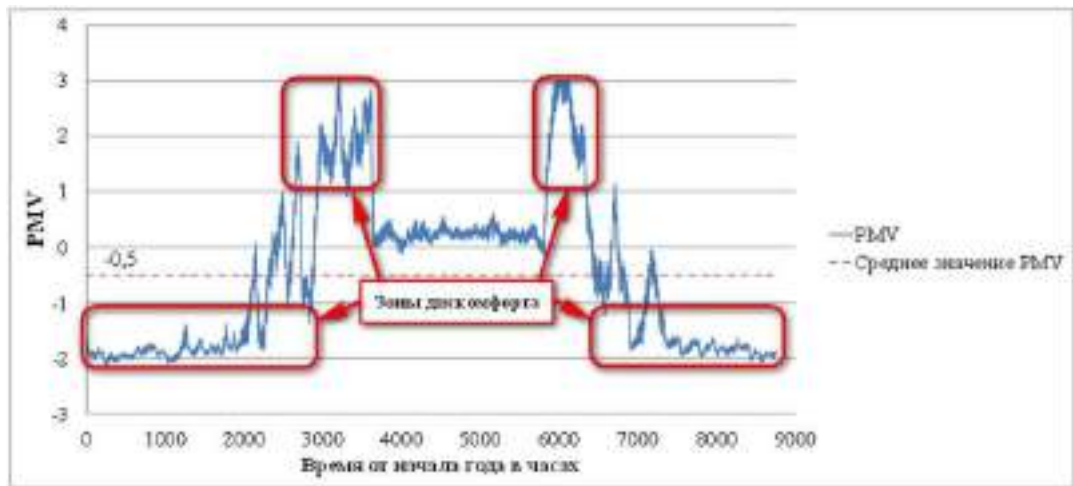


Рисунок 4.3 – Прогнозируемая средняя оценка качества воздушной среды до реконструкции и модернизации здания

Из рис. 4.3 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 [111]. По результатам опроса жителей, указанного в разделе 4.1, 95 % жителей ответили, что чувствуют, что при температуре воздуха помещения $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ им прохладно, а 5 % опрошенных - слегка прохладно. Эти данные достаточно хорошо коррелируют с результатами расчетов, показанными на модельных рисунках 4.3 и 4.4, и свидетельствуют о том, что желательно повысить расчетную температуру воздуха помещения для отопления.

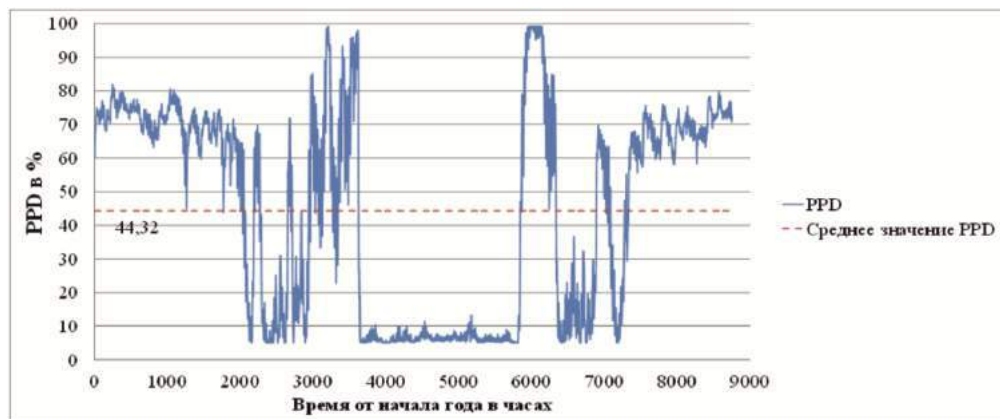


Рисунок 4.4 – Прогнозируемый процент недовольных температурной средой до реконструкции и модернизации здания

По данным рисунков 4.3 и 4.4 можно сделать вывод, что трехмесячный период охлаждения не обеспечивает тепловой комфорт в помещениях, необходим пятимесячный период охлаждения с мая по сентябрь. В период охлаждения внутреннюю температуру принимаем $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Кроме того, расчетной для отопления принята температура $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$, как самая комфортная из последовательно исследованных при моделировании значений от $+22\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$, и подтвержденная данными опроса, о котором говорилось выше.

При внутренней температуре воздуха $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в отопительный период, согласно индексу PMV, проживающие будут чувствовать себя немного прохладно. Обеспечение комфортной среды наступает при внутренней температуре отопительного периода $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$.

При внутренней температуре помещения $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 5-месячном периоде охлаждения (с мая по сентябрь), по индексу PPD процент людей, неудовлетворенных температурными условиями, снижается и составит 11,18 % (рис. 4.6) вместо 44,32 %. В целом расход энергии на отопление здания составил 224110 кВт·ч (удельный расход тепловой энергии $150,3\text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$), а на охлаждение - 161770 кВт·ч (удельный расход энергии на охлаждении $108,5\text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$). При этом увеличение расхода энергии на отопление происходит на 46 %, на охлаждение - на 31 % [111]. Оценки внутренней среды с помощью индексов PMV и PPD для этого случая представлены на рисунках 4.5 и 4.6.

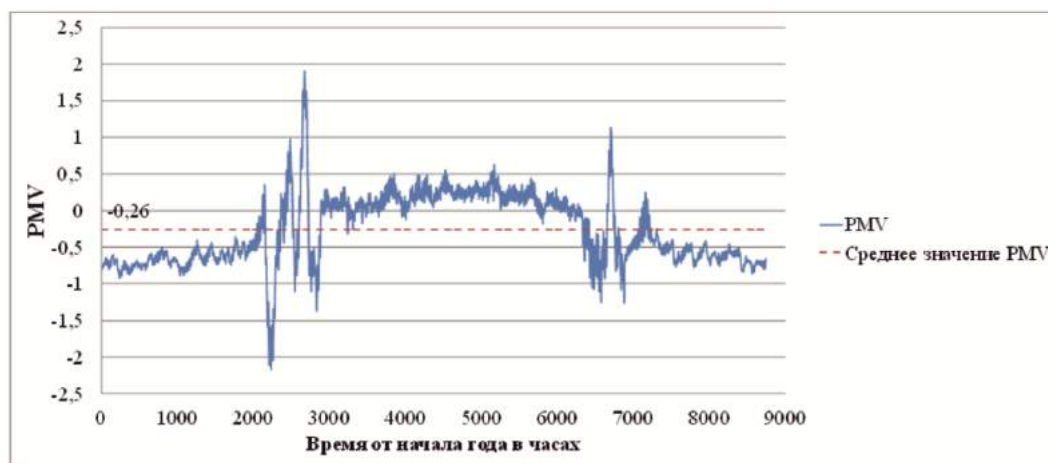


Рисунок 4.5 – Прогнозируемая средняя оценка качества воздушной среды до модернизации при обеспечении внутренней температуры $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$ в отопительный период и $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ в период охлаждения продолжительностью 5 месяцев

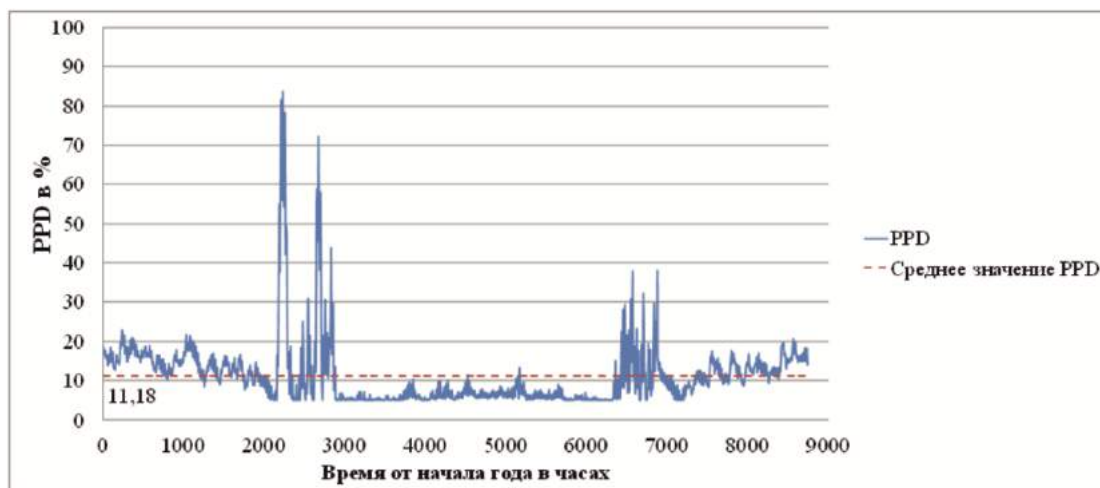


Рисунок 4.6 – Прогнозируемый процент недовольных температурной средой до модернизации здания при обеспечении внутренней температуры $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$ в отопительный период и $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ в период охлаждения

Рисунок 4.6 свидетельствует о том, что не только средний за год показатель недовольных внутренней средой более 10 % не отвечает требованиям комфортности, но главное, что и в отопительный период показатели микроклимата вызывают неудовлетворение у 20% проживающих, а изредка и у большего числа. Однако, оценки микроклимата в варианте с температурой $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ в отопительный период существенно лучше, чем при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Неудовлетворительное микроклиматическое состояние наблюдается также в межсезонье – после окончания отопительного периода и перед охлаждением.

4.4.2 Исследования жилого дома после реконструкции

После реконструкции и модернизации жилого дома с применением вентилируемого фасада и утепленных наружных стен (табл. 2.1), ограждающих конструкций мансарды (табл. 2.2), утепления пола (табл. 2.3), замены старых окон на герметичные со стеклопакетами расход энергии в отопительный период при обеспечении внутренней температуры воздуха $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$ (при существующей естественной вентиляции дома), составляет 91360 кВт·ч (удельный расход тепловой энергии $47,8\text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$). При обеспечении внутренней температуры воздуха в $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$

во время пятимесячного периода охлаждения расход энергии составляет 94410 кВт·ч [111] (удельный расход энергии на охлаждении 49,4 кВт·ч/м²).

По полученным результатам после реконструкции и модернизации экономия энергии в отопительный период при существующей вентиляции составит более 59 %, а в период охлаждения даже при пятимесячном охладительном периоде по сравнению с тремя в нереконструированном доме – почти 42 % по сравнению с периодом до реконструкции и модернизации жилого дома [111].

Следует отметить, что существенная экономия в отопительный период достигнута за счет герметичности оболочки здания и увеличения внутренних тепловыделений. Резкое снижение притока холодного воздуха через притворы современных окон делает практически неработоспособной систему естественной вытяжки в подсобных помещениях. Появляется духота, увеличивается относительная влажность воздуха, что приводит к выпадению конденсата на окнах и появлению грибков и плесени на откосах и стенах.

4.5 Оценка снижения затрат энергии при применении рекуператоров теплоты вытяжного воздуха

При отсутствии должной вентиляции в воздухе снижается содержание кислорода, возрастает концентрация углекислого газа, увеличивается содержание вредных для человека микробов и бактерий. Все это ведет к повышенной утомляемости людей, головным болям, снижению концентрации внимания, к респираторным заболеваниям и некоторым другим специфическим проявлениям недомогания [19].

При модернизации многоквартирных жилых домов с естественной вытяжкой для притока свежего воздуха рекомендуется использовать приточные клапаны, монтируемые непосредственно в переплеты герметичных окон или наружную стену. Оконные клапаны при этом могут устанавливаться не только в заводских условиях при изготовлении окон, но и уже на смонтированных окнах без замены

стеклопакетов и их демонтажа. При этом могут оставаться старые нерегулируемые вытяжные решетки.

Из-за широкого применения современных воздухонепроницаемых строительных материалов и окон со стеклопакетами все большее применение имеют приточно-вытяжные системы с механической вентиляцией жилых помещений.

Так как традиционная естественная вентиляция в герметичных домах неэффективна, использование принудительной вентиляции решает проблему воздухообмена, а так же снижает расход энергии на охлаждение [19].

Одним из самых эффективных мероприятий по снижению расходов энергии на отопление может стать внедрение вентиляционных систем с рекуперацией теплоты. Такая система позволяет обеспечить помещение свежим воздухом с комфортной температурой, уменьшая нагрузку на подогрев приточного воздуха.

Эффективность рекуператоров колеблется в пределах от 20 до 95 % и зависит напрямую от вида рекуператора. Например, энергоэффективный роторный рекуператор возвращает в помещение 84...95 % теплоты и до 80 % влаги [46]. Благодаря новейшей конструкции с тройным теплообменником мембранного типа без дренажа и нагревателей работает до температуры -35°C . Модифицированная версия способна работать до температуры -55°C .

В домах серии 105 приточно-вытяжную установку с рекуператором можно разместить на чердаке здания [111]. После реконструкции и модернизации здания и применения роторного рекуператора эффективностью 90 % при обеспечении внутренней температуры в отопительный период $+24^{\circ}\text{C}$, в охлаждающий период $+25^{\circ}\text{C}$ по индексу PMV следует, что люди, живущие в доме, имеют теплоощущения со средним значениям $\text{PMV} = -0,18$ [76] (рис. 4.7).

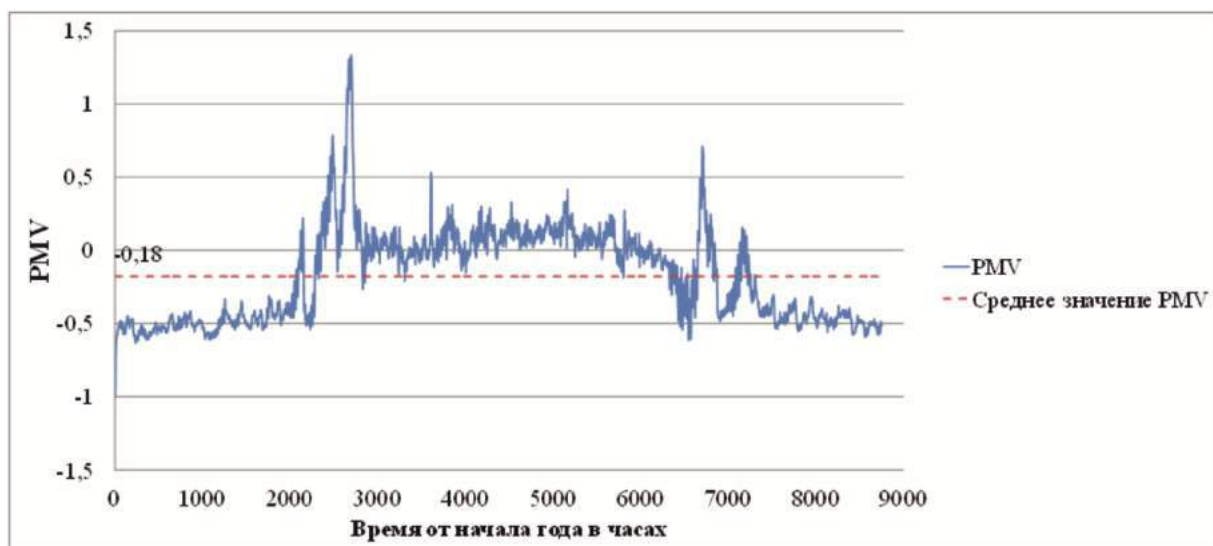


Рисунок 4.7 – Прогнозируемая средняя оценка качества воздушной среды после реконструкции и модернизации здания при применении рекуператора с эффективностью 90% и обеспечении внутренней температуры $+24^{\circ}\text{C}$ в отопительный период и $+25^{\circ}\text{C}$ в период охлаждения

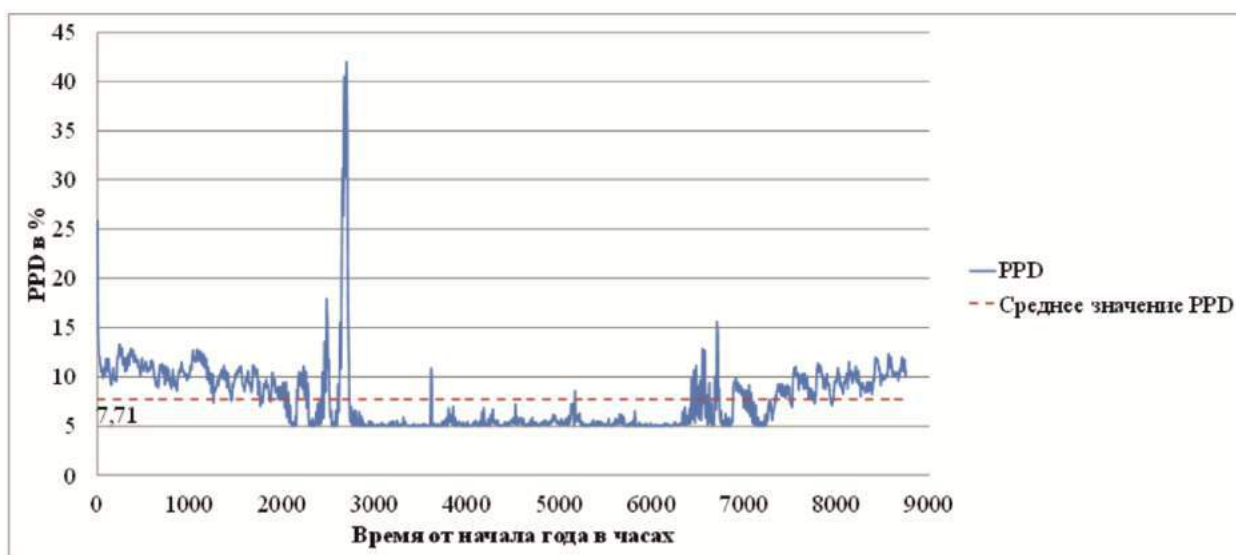


Рисунок 4.8 – Прогнозируемый процент недовольных температурной средой после реконструкции и модернизации здания при применении рекуператора с эффективностью 90%

Среднее за год значение индекса PPD равно 7,71% (рис. 4.8). После проведенных мероприятий отмеченных выше процент неудовлетворенных температурными условиями снижается более чем на 82 % [111].

После применения рекуператора с эффективностью 90 % расход энергии на отопление составит 117890 кВт·ч (удельный расход тепловой энергии $61,7 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$). Экономия энергии за отопительный период при приточно-вытяжной

механической вентиляции с рекуперацией теплоты вытяжного воздуха с эффективностью рекуператора 90% составляет 47,5% [111].

На рисунке 4.9 приведены затраты энергии на отопление с учетом подогрева приточного воздуха рекуператорами различной эффективности. Установка рекуператоров после реконструкции и модернизации жилого дома позволяет существенно снизить нагрузку на систему отопления всего здания [111]. После применения этих мер обеспечиваются комфортные условия согласно европейским нормативам для существующих зданий, которые соответствуют категории II.

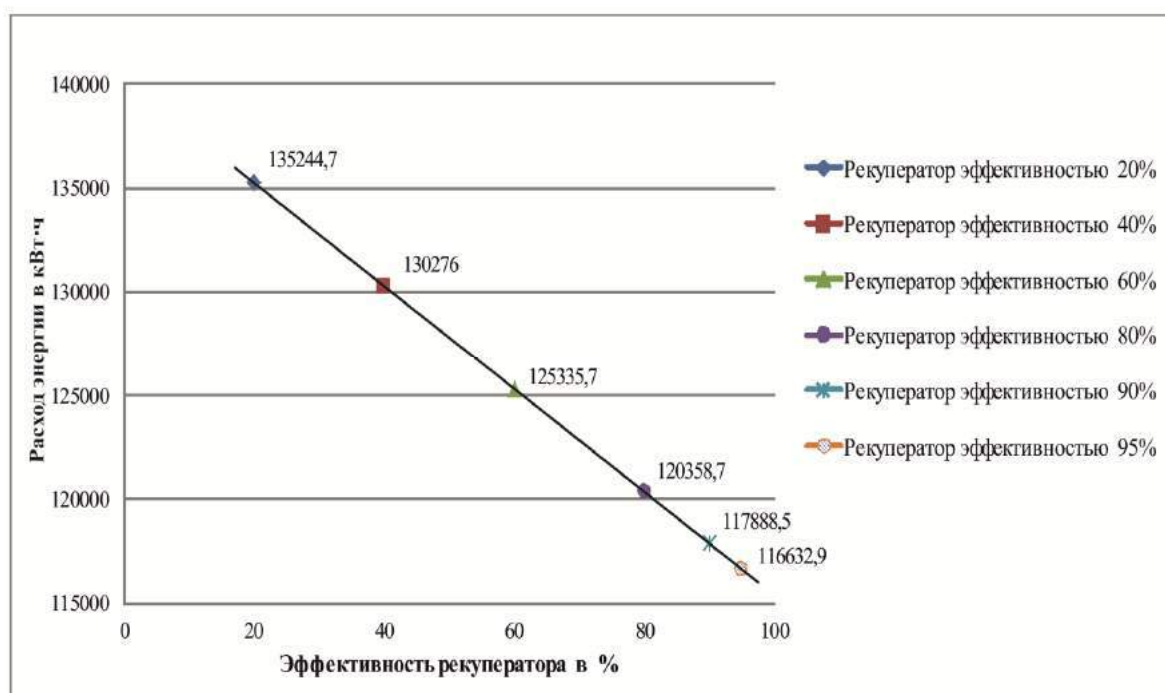


Рисунок 4.9 – Расход энергии в отопительный период при применении рекуператоров с различной эффективностью

4.6 Расчетная температура внутреннего воздуха в теплый период года

Обычно для теплотехнических расчетов на летние условия внутренняя температура в помещении принимается $+25^{\circ}\text{C}$. Наружная температура в летний период поднимается в северных регионах Таджикистана до 40°C и выше. При этом разность между внутренней и наружной температурой воздуха составит 15°C . Такие большие перепады температур, безусловно, отрицательно сказываются на организме человека. К этим резким изменениям организм не успевает адаптиро-

ваться. Наиболее чувствительными к температурным перепадам являются те люди, в организме которых протекает какой-либо патологический процесс. Они чаще других испытывают головные боли, у них меняется давление, обостряются гипертония, атеросклероз и другие болезни [110].

Резкое понижение температуры усиливает нагрузку на нервную, иммунную системы и систему кровообращения, а потому опасно для лиц, страдающих пороками сердца, склерозом сосудов, болезнями почек, разнообразными хроническими заболеваниями воспалительного характера. Физически и эмоционально переутомленные люди труднее переносят смену температуры воздуха [110].

Предпочтительны умеренные колебания температуры воздуха. Они могут рассматриваться как благоприятный фактор, обеспечивающий физиологически необходимую тренировку организма и его терморегуляторных механизмов [110].

В Европейских нормативах, ориентированных в основном на тёплые, а не жаркие летние условия, режим охлаждения внутреннего воздуха в жилых помещениях до $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ считается комфортным [110].

Расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания, принимаемая для расчета ограждающих конструкций жилых зданий, для всех регионах по ГОСТ 30494 находится в интервале $20\text{--}22\text{ }^{\circ}\text{C}$, которая не соответствует условиям сухого жаркого климата северного Таджикистана. Этот действующий межгосударственный стандарт не учитывает показатели PMV и PPD по теплоощущениям и комфортности человека.

Исходя из этого для условий северных регионов Таджикистана наиболее оптимальной расчётной температурой в жилых помещениях в период отопления следует принять $24\text{ }^{\circ}\text{C}$, а в период охлаждения $+27$ и даже $+28\text{ }^{\circ}\text{C}$. В сухом жарком климате с низким показателем влажности такие температуры люди переносят хорошо, что подтверждается опросом, о котором упомянуто ранее [110].

4.7 Оценка снижения затрат энергии при применении солнцезащитных устройств (СЗУ)

В условиях сухого жаркого климата Центральной Азии одной из важных проблем является снижение расхода энергии на охлаждение жилых зданий [110].

Довольно распространенной ошибкой в солнцезащите является применение массивных и теплоемких затеняющих экранов или лоджий, монолитно связанных с основной ограждающей конструкцией [18]. Такие экраны аккумулируют солнечную теплоту и путем теплообмена со стеклом и стеной передают его в помещение, превращаясь из затеняющего средства в дополнительный источник перегрева помещений. К сожалению, этот вид ошибок весьма распространен в практике [71].

С другой стороны, нередко случаи применения в зданиях систем кондиционирования воздуха при отсутствии солнцезащиты [69].

Другой вид ошибок встречается при заполнении светопроемов солнцезащитными изделиями из стекла, пластмасс и пленок. В таких случаях ограничивается связь с внешним пространством, а яркость заполнения при инсоляции нередко превышает допустимую [72].

Исследования показывают, что применение СЗУ рационально не только в гигиеническом, функциональном, эстетическом, но и в экономическом отношении. Единовременные затраты на эти сооружения окупаются за счет снижения расходов на вентиляцию и искусственное охлаждение воздуха [81].

Для окон можно использовать солнцезащитные устройства, широко используемые за рубежом, маркизы и алюминиевый роллет (рис. 4.10) наряду с другими СЗУ в виде жалюзи, металлических штор, экранов и теплозащитных стекол [110]. Маркизы - альтернатива жалюзи и рулонным шторам. Они устанавливаются на внешнюю сторону оконной рамы и являются наиболее эффективной защитой комнаты от солнца [57]. В жаркую погоду они предохраняют напольные покрытия и мебель от выгорания. Если использование комнатных жалюзи и рулонных штор

обеспечивает отражение до 40% светотепловой энергии солнечных лучей, то с оконными маркизами этот показатель равен 80...90% [58].

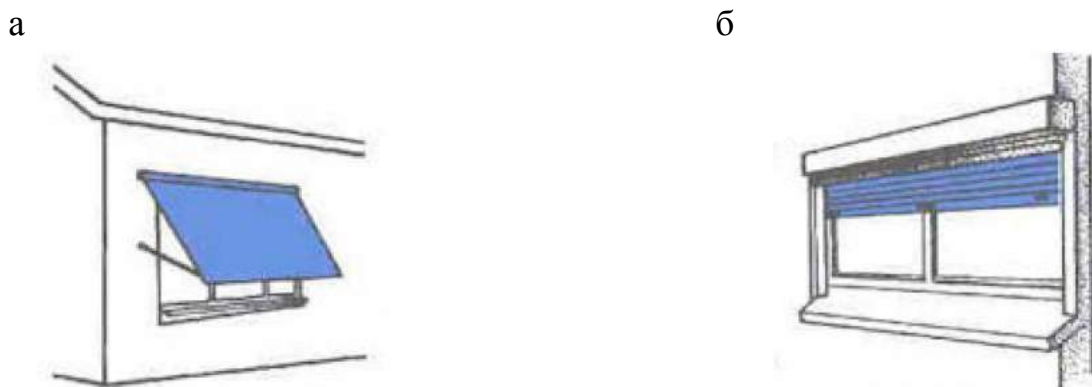


Рисунок 4.10 – Современные типы СЗУ на внешней стороне окон:

а – маркиза; б - роллет алюминиевый [110]

Полностью закрывая окна от солнечных лучей, маркизы не препятствуют проникновению воздуха в помещение. Они уже давно стали символом уюта и комфорта во всем мире. Благодаря применению специальных материалов маркизы обладают устойчивостью к нагреву, повышенным уровнем защиты от ультрафиолетовых лучей, не выгорают на солнце, не промокают, не провисают и не подвержены гниению [110].

Конструкция маркизы позволяет регулировать площадь затенения при раскладывании каркаса. Такой козырек можно опустить или откинуть, создавая тень в нужном месте. Маркизу необходимо опускать полностью если солнечная радиация превышает 500 Вт/м^2 . Монтаж конструкции маркизы производят один раз. При отсутствии надобности в ней, например, в пасмурные дни, маркизу можно сложить.

Маркизы надёжны в эксплуатации, легки в управлении, не требуют больших финансовых затрат и предоставляют огромный выбор типов конструктивных решений. Использование маркиз в построенных зданиях даже без дополнительного утепления зданий позволяет на 20,31% снизить расход энергии на охлаждение зданий.

По результатам исследований, после реконструкции и модернизации зданий с применением стеклопакетов с низким коэффициентом пропускания солнечного тепла (SHGC), СЗУ в виде маркизы на окнах западной, восточной и южной ориентации с наружной стороны расход энергии на охлаждение, при обеспечении внутренней температуры в $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$, составит 83430 кВт·ч (удельный расход энергии на охлаждении $43,7\text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$), т.е. расход энергии снижается почти на 49% по сравнению с периодом до реконструкции и модернизации здания.

При обеспечении внутренней температуры $+27\text{ }^{\circ}\text{C}$ вместо $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ расход энергии на охлаждение после модернизации и реконструкции здания с применением стеклопакетов с низким коэффициентом пропускания солнечного тепла (SHGC) и маркиз на окнах западной, восточной и южной ориентации составляет 27 030 кВт·ч (удельный расход энергии на охлаждении $14,2\text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$), т. е. в процентном отношении при существующей естественной вентиляции дома, расход на охлаждение снижается на 71,3% (по сравнению с расходом в 94410 кВт·ч) [110].

По результатам исследований на модели жилого дома солнечные теплопоступления в помещения после замены старых окон на новые герметичные окна с низким коэффициентом пропускания солнечной теплоты (SHGC) (0,4) и применения СЗУ в виде маркизы на окнах западной ориентации снижаются в жаркий период года с апреля по сентябрь на 65% (с 108290 кВт до 37920 кВт) (рис. 4.11).

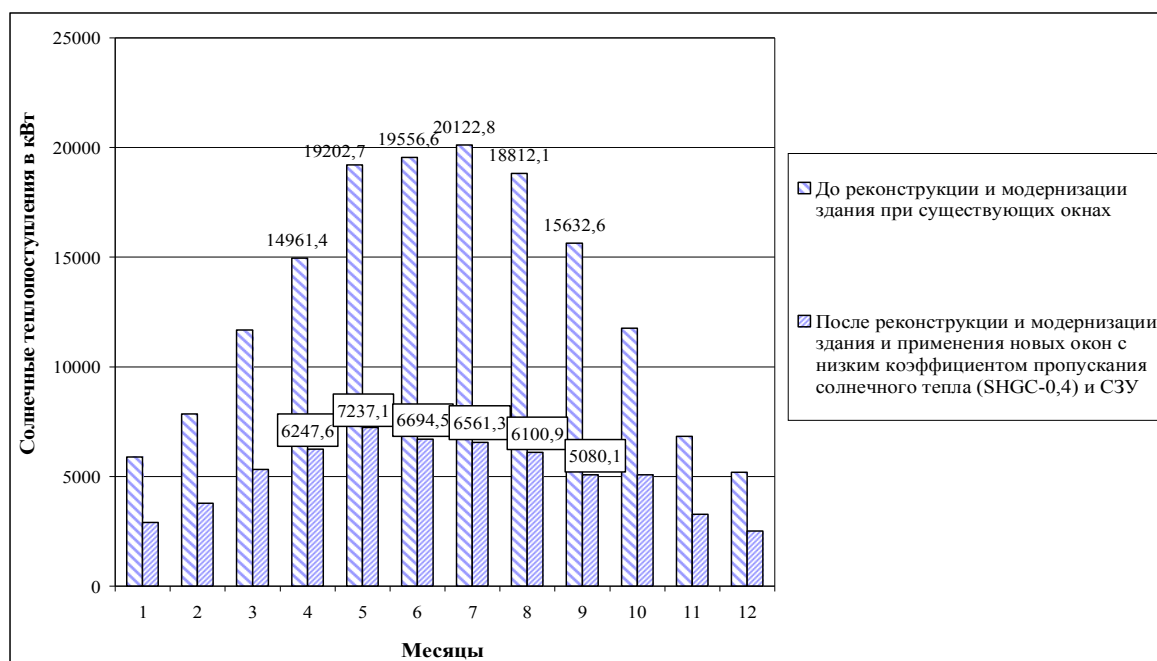


Рисунок 4.11 – Поступления солнечной теплоты через окна западной ориентации [110]

4.8 Обеспечение аккумуляции ночного холода

В климатических условиях северного Таджикистана период перегрева длится 121-122 дня (суточная амплитуда колебания температуры достигает 13,5-16,1°C). В этом регионе целесообразна аккумуляция ночного холода за счет проветривания в ночное время [110].

В жилых зданиях летом рекомендуется смешанный тип эксплуатации окон (днем - закрытый, ночью - открытый). При смешанном режиме эксплуатации принимается периодическая работа кондиционеров. Помещения должны проветриваться через фрамуги, форточки или другие устройства, которые обязательно должны предусматриваться. В зданиях, проектируемых для условий северного Таджикистана, квартиры должны быть обеспечены сквозным, угловым или вертикальным (через шахты) проветриванием.

По итогам проведённых исследований в модернизируемом жилом доме для снижения расхода энергии на охлаждение и обеспечения комфорта в помещениях летом необходимо осуществлять проветривание помещений через окна, с обеспечением кратности воздухообмена 2 ч^{-1} (в мае месяце) в прохладный период суток:

с 20 часов вечера до 8 часов утра. В июне месяце в это же время при обеспечении кратности воздухообмена 4 ч^{-1} , а с июля по август в это же время при кратности воздухообмена 8 ч^{-1} [110]. Только в этих случаях можно обеспечить тепловой комфорт в помещениях и снизить расход энергии на охлаждение [110]. К сожалению, обеспечить столь высокий воздухообмен чаще всего не удастся.

При этом показатель индекса PMV или индекса комфортности по Фангеру составит - 0,08 (рис. 4.12), а PPD, или ожидаемый процент неудовлетворенных микроклиматом - 9,73% (рис. 4.13). Эти показатели являются приемлемыми и соответствуют европейским нормам теплового комфорта для существующих зданий по категории II [110] (табл.1.7).

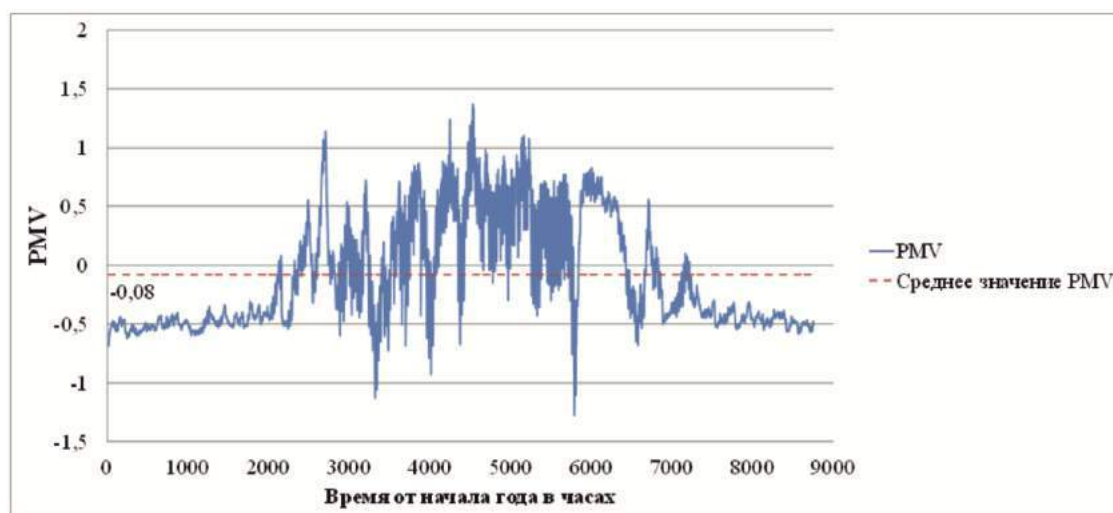


Рисунок 4.12 – Прогнозируемая средняя оценка качества воздушной среды после реконструкции и модернизации здания при применении рекуператора с эффективностью 90% и обеспечении внутренней температуры $+24 \text{ }^{\circ}\text{C}$ в отопительный период и $27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ в период охлаждения продолжительностью пять месяцев

Уменьшение расхода энергии на охлаждение при поддержании температуры воздуха $+27 \text{ }^{\circ}\text{C}$ является верхней границей оптимальных комфортных условий в помещениях [110] (табл. 4.5).

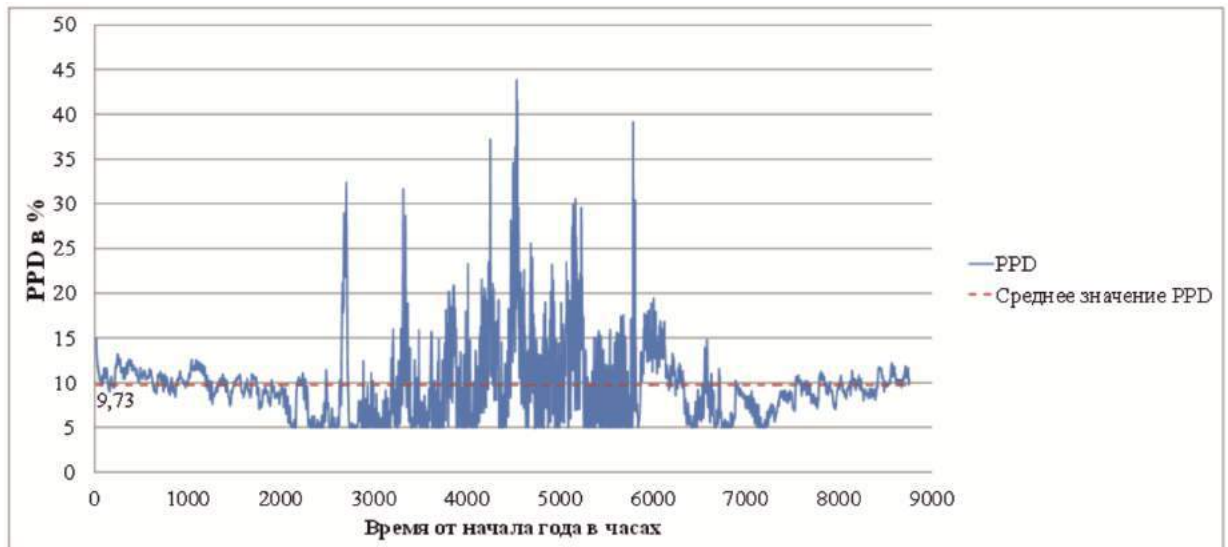


Рисунок 4.13 – Прогнозируемый процент недовольных температурной средой после реконструкции и модернизации здания при применении рекуператора с эффективностью 90% и обеспечении внутренней температуры $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$ в отопительный период и $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ в период охлаждения продолжительностью пять месяцев

Таблица 4.5 – Расход энергии на охлаждение после реконструкции и модернизации с применением маркиз на окнах западной, восточной и южной сторон фасадов [110]

Расчетная температура внутреннего воздуха, $^{\circ}\text{C}$	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

На рисунке 4.14 приведено помесечное сравнение расходов энергии на отопление и охлаждение дома до и после реконструкции и модернизации. Сравнение показывает, что снижение затрат энергии происходит каждый месяц.

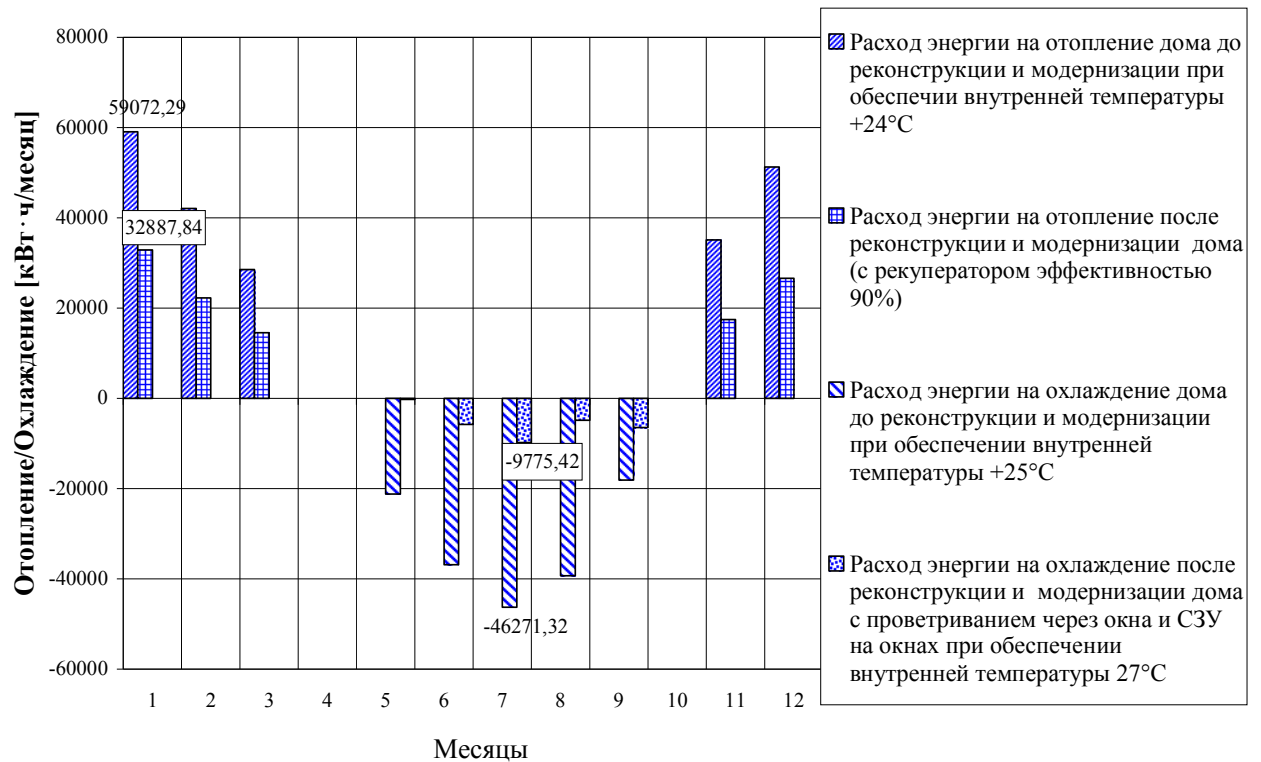


Рисунок 4.14 – Годовой расход энергии на отопление и охлаждение по месяцам при обеспечении внутренней температуры +24 °С в отопительный период и 27 °С в период охлаждения (охлаждение с мая по сентябрь)

В целом следует отметить, что после реконструкции и модернизации здания с применением рекуператора эффективностью 90% расход энергии на отопление зданий в зимний период можно снизить на 47,5 %. А в годовом исчислении можно снизить расход энергии на отопление и охлаждение до 75,9 кВт·ч/м²/год вместо 258,81 кВт·ч/м²/год, т.е в 3,4 раза. В таблице 4.6 приведены сводные результаты по рассчитанным вариантам

По результатам проведенных исследований при обеспечении внутренней температуры воздуха в отопительный период +24 °С и в период охлаждения +27 °С в существующих жилых зданиях обеспечиваются комфортные условия, соответствующие категории II (согласно европейским нормативам табл. 1.6).

4.9 Предложение расчетных значений температуры и зон комфортных сочетаний температуры и относительной влажности внутреннего воздуха

Для анализа микроклиматических параметров в зданиях следует использовать комплексную, интегральную оценку с применением индексов теплового комфорта PMV и PPD при учете теплоизоляционных свойств одежды. Для этого требуется разработка отечественных норм по микроклимату здания [111] включающих эту оценку.

4.9.1 Выявление зоны комфортных сочетаний температуры и относительной влажности в жилых помещениях Центральной Азии

Состояние людей зависит от температуры, влажности и других параметров воздушной среды. Чем выше температура воздуха и чем больше влажность, тем больший дискомфорт ощущается людьми.

Если в помещениях низкая относительная влажность воздуха, может возникнуть головная боль, раздражение глаз, боль в горле и сухость кожи. Сухой воздух снижает естественную защиту от бактерий, инфекций и делает людей уязвимыми для атаки вирусов и других микроорганизмов. Слишком высокая влажность также может вызвать проблемы.

Субъективное восприятие комфортных условий может быть разным при одной и той же температуре с различными значениями влажности воздуха в помещении. В европейских нормативах принята схема зон комфортных сочетаний температуры и относительной влажности (рис. 4.15). По аналогии с нормами РФ рисунок 4.15 можно интерпретировать как центральную зону оптимальных сочетаний и периферийную допустимых.

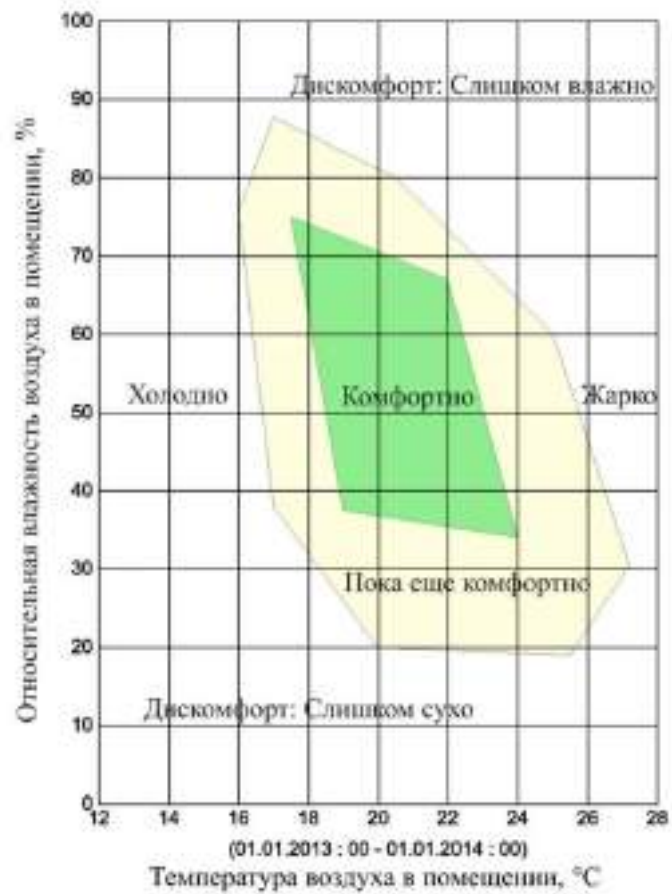


Рисунок 4.15 – Зоны тепловлажностного комфорта по европейским нормативам [136]

Таблица 4.6 – 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)

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)						
Отопление при $t_b = +20$ °С и охлаждение при $t_b = +25$ °С с периодом три месяца (июнь, июль, август)	152 990	102,6	123 720	83	276 700	185,6
Отопление при $t_b = +24$ °С и охлаждение при $t_b = +25$ °С с периодом пять месяцев (май, июнь, июль, август, сентябрь)	224 110	150,3	161 770	108,5	385 890	258,8
После реконструкции и модернизации (общая площадь 1910 м ²)						
Отопление при $t_b = +24$ °С и охлаждение при $t_b = +25$ °С с периодом пять месяцев (май, июнь, июль, август, сентябрь)	91 360	47,8	94 410	49,4	185 770	97,2
Отопление при $t_b = +24$ °С с применением утилизатора теплоты вытяжного воздуха с эффективностью 90 % и охлаждение при $t_b = +25$ °С с периодом пять месяцев (май, июнь, июль, август, сентябрь) при солнцезащите в виде маркиз на окнах западной, восточной и южной ориентации	117 890	61,7	83 430	43,7	201 320	105,4
Отопление при $t_b = +24$ °С с применением утилизатора теплоты вытяжного воздуха с эффективностью 90 % и охлаждение при $t_b = +25$ °С с периодом пять месяцев (май, июнь, июль, август, сентябрь) при солнцезащите в виде маркиз на окнах западной, восточной и южной ориентации			27 030	14,2	144 920	75,9

По результатам модельных исследований до реконструкции и модернизации пятиэтажного жилого дома серии 105, построенного в г. Худжанде Республики Таджикистан, получены показатели относительной влажности воздуха и комфорта при обеспечении внутренней температуры помещения $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в отопительный период и $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ в период охлаждения и индексов PMV (индекс комфортности по Фангеру составивший $-0,5$), и PPD (ожидаемый процент неудовлетворённых микроклиматом, составивший 42%) [115]. Полученное поле сочетаний температуры и относительной влажности внутреннего воздуха нанесено на зону комфорта (рис. 4.16). Разброс сочетаний микроклиматических параметров велик. Видно, что при оценке тепловлажностной комфортности с помощью европейского норматива, люди должны ощущать, что в помещениях слишком сухо и жарко.

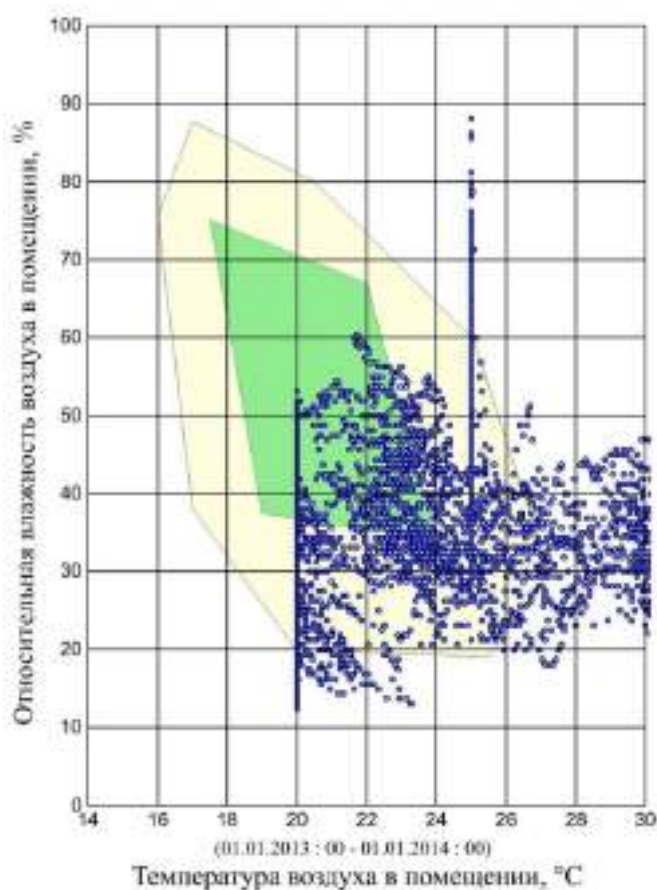


Рисунок 4.16 – Зоны комфорта и сочетаний температуры и относительной влажности воздуха в пятиэтажном жилом доме серии 105 до реконструкции и модернизации (по результатам моделирования $\text{PMV} = -0,5$, $\text{PPD} = 42\%$)

На рис. 4.17 приведены сочетания температуры и относительной влажности внутреннего воздуха, полученные после реконструкции и модернизации здания при обеспечении внутренней температуры в помещении в отопительный период $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $+27\text{ }^{\circ}\text{C}$ в период охлаждения, наложенные на зону комфорта. Поле сочетаний микроклиматических параметров после реконструкции и модернизации жилого дома значительно компактнее, чем до реконструкции. Это свидетельствует о том, что выбросы сочетаний температуры и относительной влажности внутреннего воздуха в сторону перегрева или переохлаждения, также как и в сторону переувлажнения или пересушивания воздуха значительно реже, чем до реконструкции. Сами отклонения параметров имеют более близкие к средним значения.

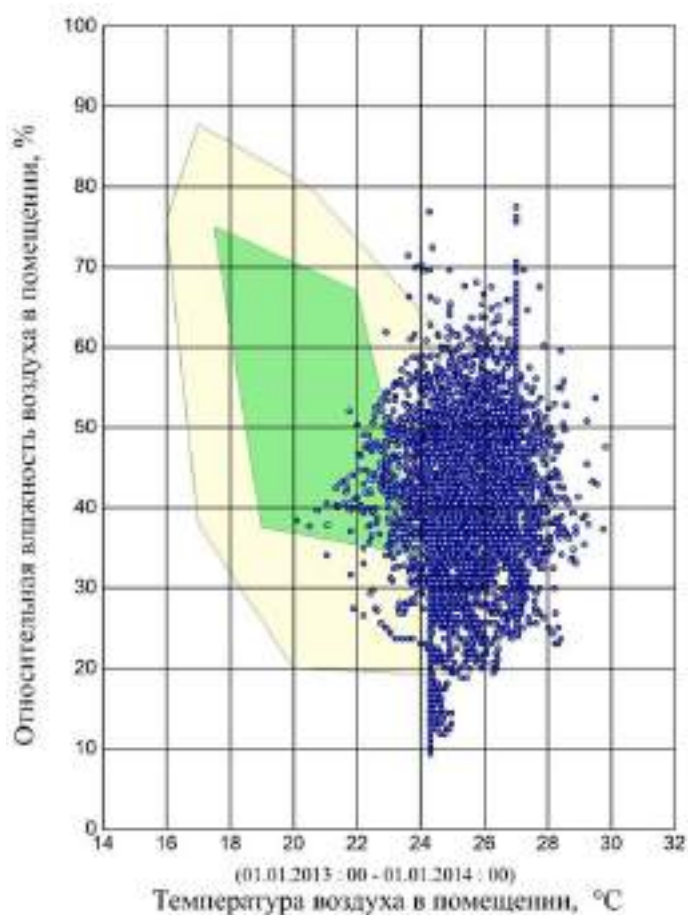


Рисунок 4.17 – Зоны комфорта и сочетаний температуры и относительной влажности воздуха в пятиэтажном жилом доме серии 105 после реконструкции и модернизации (по результатам моделирования $PMV = -0,08$, $PPD = 9,73\%$)

Известно, что люди, привыкшие к сухой жаркой погоде, значительно легче переносят сухость и теплоту, чем влажность и холод. Ранее на основании опроса

было выявлено, что комфортной для отопительного периода года следует считать температуру внутреннего воздуха, равную $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$, а для охлаждающего $+27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Эти значения температуры хорошо согласуются с полученным моделированием полей сочетаний температуры и относительной влажности внутреннего воздуха. Поэтому предлагается изменить зону комфорта сочетаний температуры и относительной влажности внутреннего воздуха смещением в сторону низкой влажности и высокой температуры (рис.4.18) [115]:

Для условий сухого жаркого климата предлагается следующая тепловлажностная зона комфорта, по которой оптимальные уровни влажности воздуха и температуры в помещении в значительной мере содействуют ощущению комфорта для человека в условиях сухого жаркого климата Центральной Азии (рис. 4.19) [115].

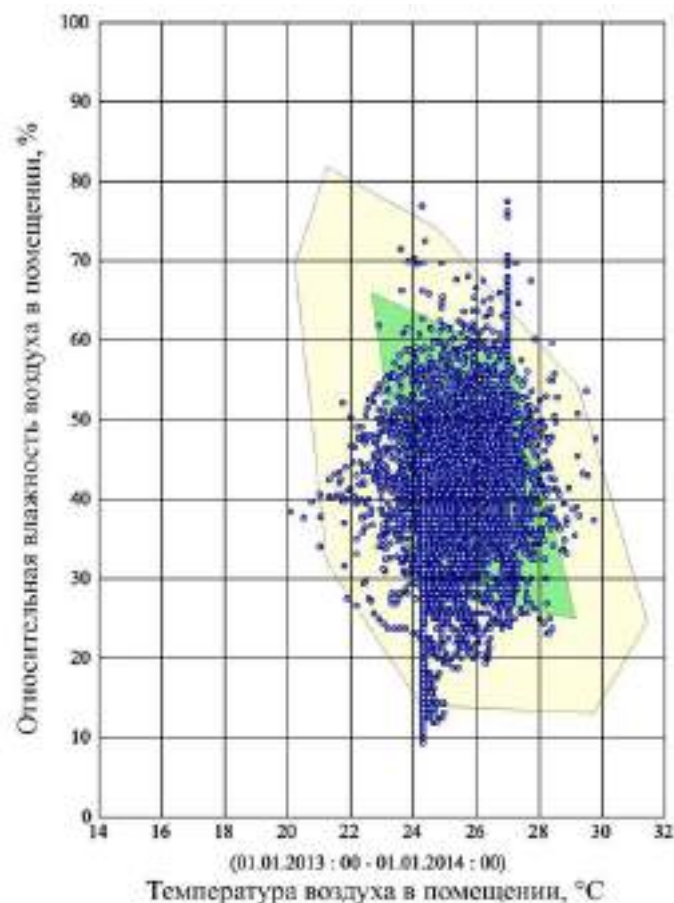


Рисунок 4.18 – Зоны предлагаемых комфортных и полученных моделированием сочетаний температуры и относительной влажности воздуха в пятиэтажном жилом доме серии 105 после реконструкции и модернизации

В зону комфорта на рисунке 4.19 объединены параметры холодного периода года: в диапазоне температуры от 23 °С при влажности 30 % – 65 % до 25 °С при влажности 28 % – 60 %, и теплого периода года: в диапазоне температуры от 26 °С при влажности 28 % – 60 % до 29 °С при влажности 25 % – 30 %.

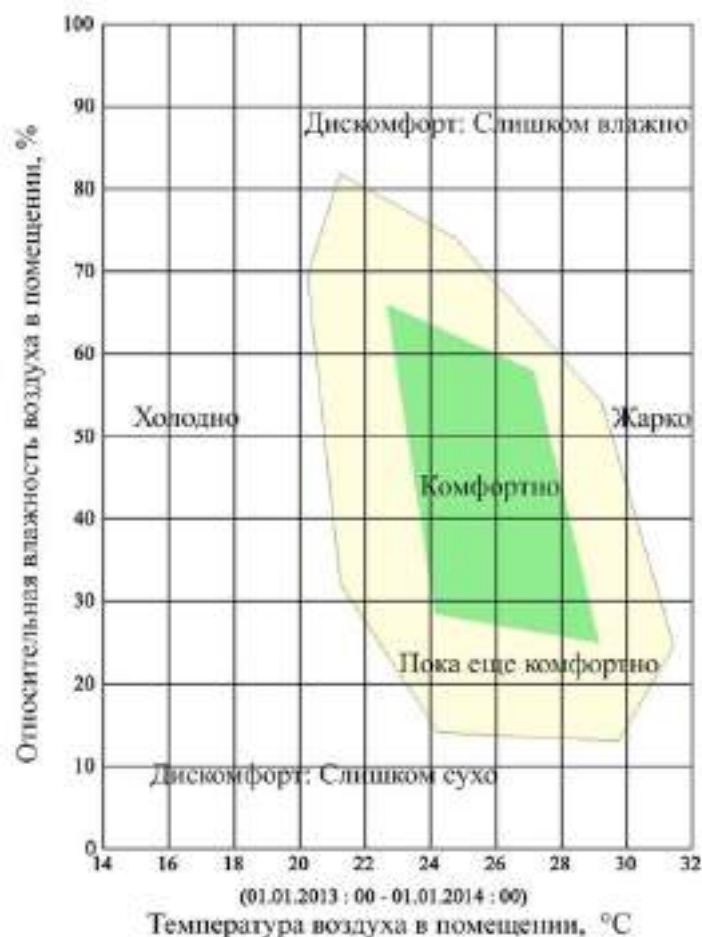


Рисунок 4.19 – Зоны тепловлажностного комфорта, предлагаемые для условий сухого жаркого климата Центральной Азии [115]

4.10 Влияние толщины воздушной прослойки вентилируемого фасада на нагрузку на отопление и охлаждение

Целесообразность применения в сухом жарком климате наружных стен с вентилируемой наружным воздухом воздушной прослойкой говорилось еще в работе П.Н.Умнякова [106], исследовавшего в условиях Средней Азии эффект от использования экранов в виде металлических панелей на целый этаж с вентилируемым зазором.

Об изменении скорости воздуха в воздушной прослойке говорится в [100]. Ю.А. Табунщиков считает, что на некоторой высоте воздух в вентилируемой воздушной прослойке может замедлиться до полной остановки. В рассматриваемых реконструируемых зданиях делаются поэтажные расчески воздушной прослойки, так что их высота не превышает 3 м. На такой высоте поток воздуха не успевает затормозиться.

Модельные исследования, проведенные на основе математической модели теплопередачи через стену с навесной фасадной системой (НФС), изложенной в разделе 4.1.4, показали, что в условиях сухого жаркого климата при увеличении толщины воздушной прослойки в вентилируемом фасаде расход энергии на охлаждение в здании существенно не изменяется, а на отопление значительно увеличивается. На расход энергии в здании больше влияет кратность воздухообмена, происходящего в воздушной прослойке. При увеличении кратности воздухообмена в воздушной прослойке расход энергии на отопление в жилом доме увеличивается, а на охлаждение уменьшается незначительно. Для условий северных регионов Таджикистана рекомендуется оптимальную толщину воздушной прослойки с утепленным экраном принимать 60 мм [108] (рис. 4.20, 4.21).

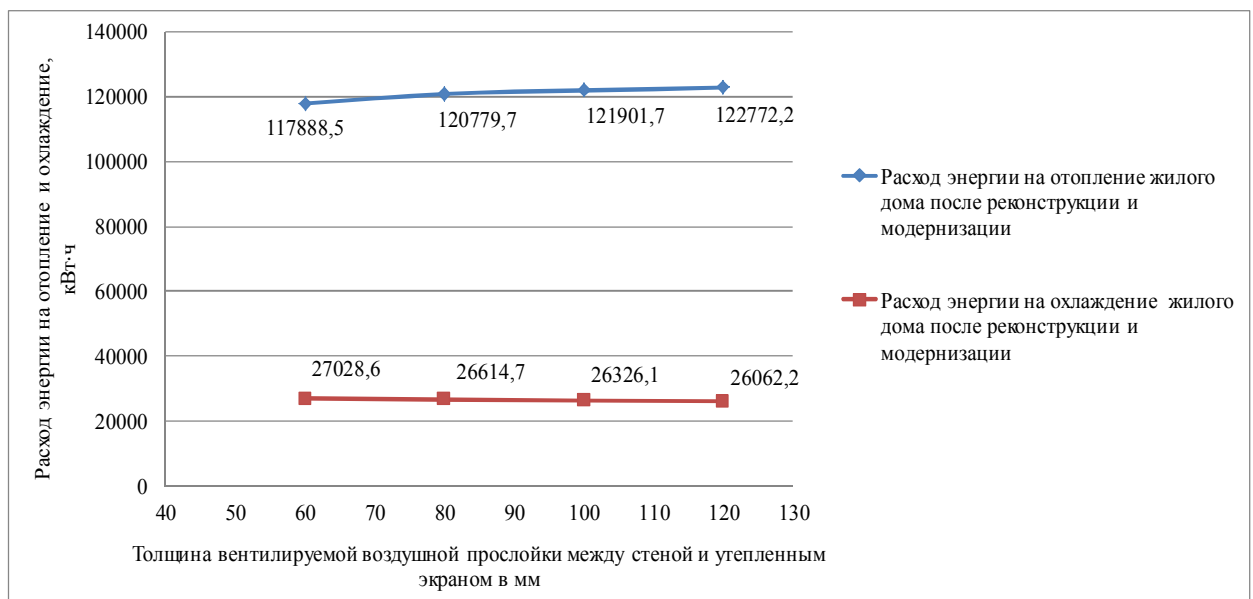


Рисунок 4.20 – Расход энергии на отопление и охлаждение после модернизации и реконструкции здания с воздушным зазором различной толщины [108]

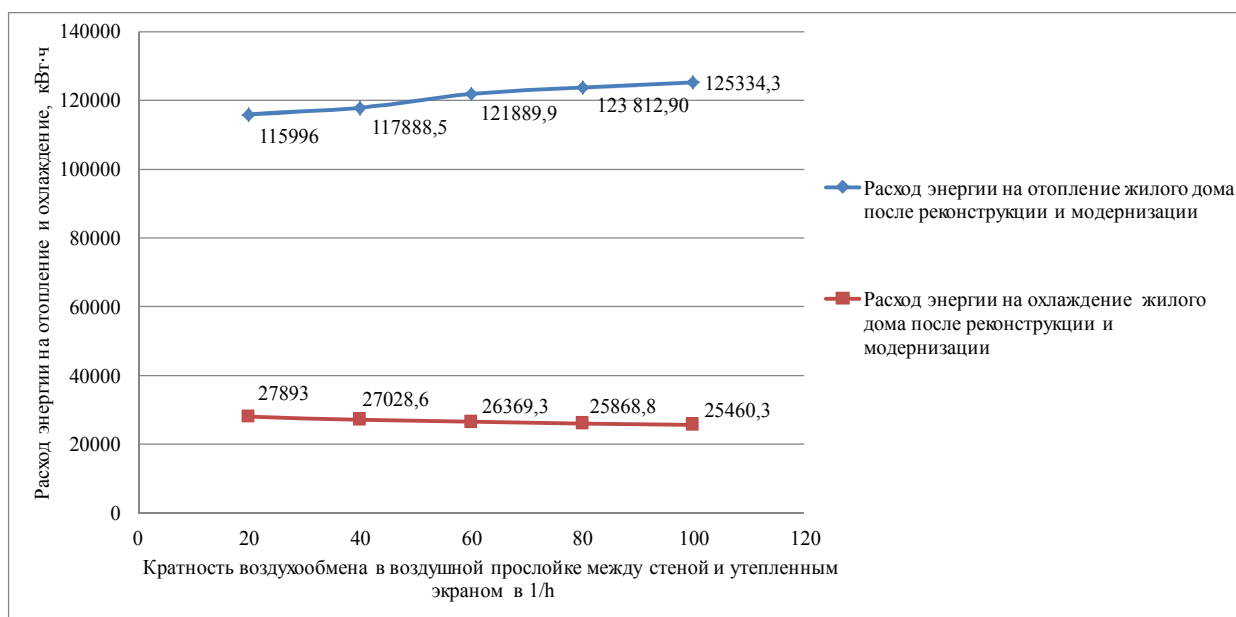


Рисунок 4.21 – Расход энергии на отопление и охлаждение после реконструкции и модернизации здания с воздушным зазором толщиной 60 мм при различной кратности воздухообмена [108]

4.11 Технико-экономическая оценка эффективности реконструкции жилых зданий

Условный (оценочный) экономический эффект - $\mathcal{E}_y$ определяется как разность доходов, которые могли бы быть получены от реализации квартир на рынке жилья по их рыночной стоимости за минусом затрат на реконструкцию или новое строительство жилых домов после сноса существующих. При этом рыночная цена 1 м² общей площади квартир ($C_{жс}$) для нового строительства и реконструкции принимается одинаковой, так как для выполнения условия сопоставимости необходимо, чтобы категория сравниваемых домов была одинаковой при равнозначных экономическом и социальном эффектах [62].

Условно принимается, что все затраты осуществлены в течение года и совпадают по времени с полученными результатами. Сроки строительства нового дома и реконструкции совпадают. Тогда условный (оценочный) экономический эффект, получаемый в результате реконструкции - D_p , или, получаемый в результате нового строительства жилого дома - D_n , рассчитывается как прибыль от вложенного капитала, полученная в результате реализации квартир реконструиро-

ванного или нового дома по единой рыночной цене кв. м общей площади жилья, (считаем, что при реконструкции потребительские качества жилья доведены до уровня нового строительства [62]).

$$\Delta_y = D_p - D_n \quad (4.21)$$

Запасы несущей способности существующих пятиэтажных домов позволяют увеличить их этажность на 1-2 этажа без усиления существующих конструкций стен и фундаментов и получить за счет этого прирост общей площади до 35 %.

В качестве анализируемых объектов реконструкции приняты 3 пятиэтажных жилых дома, построенных по типовому проекту серии 105.

Реконструкция домов включает в себя следующие мероприятия:

- увеличение ширины корпуса, утепление наружных стен минераловатной плитой по ячеистобетонным блоком с применением экрана с вентилируемым воздушным зазором;
- надстройку мансардного этажа;
- замену существующих окон балконных дверей изделиями, обладающими повышенными теплозащитными свойствами;
- замену существующих систем отопления, холодного и горячего водоснабжения и частично газового оборудования.

На месте трех домов можно построить 6-ти секционный девятиэтажный дом для переселения в него жильцов старых домов, а также для коммерческой продажи квартир.

Сравнительная эффективность нового строительства и реконструкции на месте сносимых жилых домов рассчитана исходя из следующих данных:

- фактическая площадь земельного участка, занимаемого домами - 1166,4 м²;
- общая площадь квартир жилых домов, подлежащих реконструкции - 5451 м²;
- прирост общей площади квартир в результате реконструкции - 1257 м².

Капитальные вложения на 1 м² общей площади нового жилья (по сметной стоимости с НДС):

- в реконструкцию, включающую мансардные этажи, капитальный ремонт,

- утепление фасадов (в среднем по трем домам) - 430 долларов США;
- в реконструкцию городских коммуникаций - 90 долларов США;
- в новое жилищное строительство - 360 долларов США;
- в строительство городских сетей, коммуникаций и инфраструктуру - 180 долларов США.

Затраты на снос, переработку и утилизацию старых домов составят 125 долларов США на 1 м². Процент увеличения площади жилья для переселения жильцов старых домов (исходя из нормативов) составят 55 % по сравнению с существующими домами.

Общая площадь квартир вновь построенного дома на месте сноса старых домов составит 9811,8 м².

При строительстве нового 9-тиэтажного дома на месте сносимых домов для переселения их жильцов потребуется 4320 м² общей площади (с учетом действующих норм заселения).

Для нового строительства принят проект 9-ти этажного 6-ти секционного дома общей площадью квартир на этаже 1090,2 м² и общей площадью 9811,8 м². Сметная стоимость 1 м² общей площади по этому проекту составляет 360 долларов США, стоимость реконструкции коммуникаций 90 долларов США в расчете на 1 м² площади. Возможны два варианта нового строительства: новое строительство на месте сносимых домов с переселением жильцов в новый микрорайон и временное их отселение (метод волнового переселения).

Затраты на снос старых домов, исходя из стоимости сноса 1 м² в размере 125 долларов США, составят $125 \times 5451 = 681375$ долларов США.

Затраты на переселение жильцов в новый микрорайон определяются исходя из необходимости ввода дополнительных 4320 м² жилья $360 \times 4320 = 1555200$ долларов США, а так же затрат на сооружение инженерных сетей, коммуникаций и социальной инфраструктуры: $180 \times 4320 = 777600$ долларов США. (50 % от стоимости строительства дома).

Общие затраты на 1 м² нового дома, построенного на месте сносимых, с переселением жильцов в новый микрорайон составят: 3532248 (строительство до-

ма) + 681375 (снос) + 883062 (реконструкция коммуникации) + 2332800 (переселение)) / 9811,8 = 757,2 долл./м².

Удельные капитальные вложения на 1 м² общей площади квартир при реконструкции составляет 448,4 долл.

Условный (оценочный) экономический эффект на 1 м² общей площади в результате реконструкции домов без переселения жильцов в сравнении со строительством нового дома на месте сносимых домов с переселением жильцов в новый микрорайон при принятых параметрах освоения составит, долларов США/ м²:

$$\mathcal{E}_y = 757,2 - 448,4 = 308,8.$$

Без учета фактора времени определяется оценочный или упрощенный показатель срока окупаемости инвестиционных затрат. Он рассчитывается как отношение общего размера инвестиционных затрат на реконструкцию жилого дома к величине условного экономического эффекта от реконструкции дома в сравнении с новым строительством по формуле [62]:

$$n_y = K_p / \mathcal{E}_y, \quad (4.22)$$

где n_y - упрощенный (оценочный) показатель срока окупаемости инвестиционных затрат;

K_p - размер инвестиционных затрат на реконструкцию;

$\mathcal{E}_y$ - условный экономический эффект от реконструкции дома в сравнении с новым строительством.

Условный эффект от реконструкции по сравнению с новым строительством на единицу общей площади составит 308,8 долл./м². А срок окупаемости составит $n_y = 448,4 : 308,8 = 1,5$ года.

4.12 Выводы по главе 4

1. В помещениях жилых зданий летом рекомендуется смешанный тип эксплуатации окна (днем - закрытый, ночью - открытый). При смешанном режиме эксплуатации может использоваться периодическая работа кондиционеров.

2. По показателям микроклимата и теплового комфорта в построенных ранее зданиях согласно полученным результатам после их модернизации и реконструкции в отопительный период показатель реакции человека на тепловой комфорт PMV будет равен - 0,08, а дискомфорта PPD 9,73%, что соответствует по Европейским нормам EN 15251 зданиям II-ой категории комфортности.

3. Автором предлагается зоны оптимальных и допустимых комфортных сочетаний температуры и относительной влажности внутреннего воздуха и для условий сухого жаркого климата Центральной Азии.

4. Согласно полученным результатам при обеспечении внутренней температуры воздуха в помещениях +24 °C после реконструкции и модернизации жилого дома и применения рекуператоров с эффективностью 90% в зданиях можно в отопительный период сэкономить 47,5 % тепловой энергии.

5. На основе полученных данных по результатам модельных исследований для климатических условий северных регионов Таджикистана с наличием холодного и жаркого периодов года предлагается в отопительный период за оптимальную температуру внутреннего воздуха в жилых помещениях принять в нормах +24 °C, а в период охлаждения – +27 – +28 °C. За период охлаждения принять пять самых жарких месяцев (с мая по сентябрь).

6. При обеспечении температуры воздуха помещений на уровне +27 °C после реконструкции и модернизации в существующих зданиях можно снизить расход энергии в период охлаждения на 83%.

7. В условиях сухого жаркого климата при увеличении толщины воздушной прослойки в вентилируемом фасаде расход энергии на охлаждение в здании существенно не изменяется, а на отопление в холодный существенно увеличивается. Расход энергии в здании зависит в большей мере от кратности воздухообмена в воздушной прослойке. При увеличении кратности воздухообмена в воздушной прослойке расход энергии на отопление в жилом доме увеличивается, а на охлаждение частично уменьшается.

8. После реконструкции и модернизации жилого дома серии 105 удельный расход теплоснабжения снижается в отопительный период почти в 2,6 раза.

9. Оценочный срок окупаемости инвестиционных затрат при реконструкции и модернизации зданий в условиях северного Таджикистана составляет 1,5 года по сравнению с вариантом сноса существующих домов и строительства на их месте нового жилья.

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 теплотопотребления 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 °С 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 – $+27 - +28\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 % – 65 % до $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ при влажности 28 % – 60 %, и теплого периода года: в диапазоне температуры от $26\text{ }^{\circ}\text{C}$ при влажности 28 % – 60 % до $29\text{ }^{\circ}\text{C}$ при влажности 25 % – 30 %
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. 4.19).

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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананьев, А. И. Теплозащитные свойства и долговечность непрозрачных фасадных систем зданий / А. И. Ананьев, А. А. Ананьев // Вестник МГСУ. — 2011. — № 3. Т.1. — С. 146–151.
2. Ананьев, А. И. Экономия тепловых ресурсов в жилых зданиях / А. И. Ананьев, В. М. Комов // Теплоэнергоэффективные технологии. ИБ. — 2001. — С. 74–80.
3. Ананьев, А. И. К вопросу нормирования теплопроводности материалов и теплозащитных свойств наружных ограждающих конструкций зданий / А. И. Ананьев, Н. Л. Гаврилов-Кремичев // Сб. "Труды Всероссийской науч.-техн. конф." СПб.: СПбЗНИиПИ. — 2008. — С. 3–13.
4. Афанасьев, А.А. Реконструкция жилых зданий. Часть I. Технологии восстановления эксплуатационной надежности жилых зданий: учебное пособие / А.А. Афанасьев, Е.П. Матвеев: Москва, 2008.
5. Беляев, В. С. Проектирование энергоэкономичных и энергоэффективных зданий / В. С. Беляев, Л. П. Хохлова. — М.: Высшая школа, 1992. — 255 с.
6. Беляев, В. С. Энергоэффективность и теплозащита зданий / В. С. Беляев, Ю. Граник, Ю. Матросов. — М.: АСВ, 2012. — 400 с.
7. Беляев, В. С. Децентрализованная приточно-вытяжная система вентиляции с рекуперацией тепла / В. С. Беляев, В. Лобанов Т. Ахмяров // Жилищное строительство. — 2011. — №3. — С. 73–77.
8. Блази, В. Строительная физика / В. Блази. — М.: ТЕХНОСФЕРА, 2005. — 536 с.
9. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика / В. Н. Богословский. — М.: Высшая школа, 1982. — 415 с.
10. Богословский, В. Н. Тепловой режим зданий / В. Н. Богословский. — М.: Стройиздат, 1979. — 248 с.
11. Булгаков, С. Н. Быстрореализуемый вариант самокупаемой реконструкции двух-пятиэтажных типовых домов / С. Н. Булгаков // Архитектура, градо-

- строительство и жилищно-гражданское строительство: Экспресс-информ. — 1999. — Вып. 1. — С. 16–28.
12. Булгаков, С. Н. Концепция реконструкции 5-этажной застройки 60-70-х гг. / С. Н. Булгаков // Журнал «Промышленное и гражданское строительство». — 1995. — № 7. — С. 21–24.
 13. Булгаков, С. Н. Новые технологии системного решения критических проблем городов / С. Н. Булгаков. — М.: РААСН, 1997.
 14. Булгаков, С. Н. Энергоэффективные строительные системы и технологии / С. Н. Булгаков // АВОК. — 1999. — № 2. — С. 6–13.
 15. Булгаков, С.Н. Энергоэкономичные ширококорпусные жилые дома XXI века: монография / С.Н. Булгаков, А.И. Виноградов, В.В. Леонтьев. — М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006 – 296 с.
 16. Булгаков, С. Н. Окупаемая реконструкция пятиэтажной жилой застройки / С. Н. Булгаков, И. В. Рыбалко // Промышленное и гражданское строительство. — 2006. — № 2. — С. 45 – 46
 17. Бязне, В. Олсен. Показатели микроклимата помещений для проектирования зданий и расчета их энергетической эффективности –EN 15251 / Бязне В. Олсен // АВОК. — 2008. — №6. — С. 62.
 18. Васильев Б.Ф. Натурные исследования температурно-влажностного режима жилых зданий в жарком климате / Б.Ф. Васильев. — М.: Стройиздат, 1968. — 117 с.
 19. Ватин, Н. И. Системы вентиляции жилых помещений многоквартирных домов / Н. И. Ватин, Т. В. Самопляс. — Санкт-Петербург: Изд-во Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, 2004. — 66 с.
 20. Внутренние санитарно-технические устройства. В 3 ч. Ч. 3 Отопление / В. Н. Богословский, Б. А. Крупнов, А. Н. Сканапи и др., под ред. И. Г. Старовойтова, Ю. И. Шиллера. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Стройиздат, 1990. — 344 с.

21. ВСН 61—89 (р). Реконструкция и капитальный ремонт жилых домов. Нормы проектирования // SnipHelp.ru. Режим доступа: http://sniphelp.ru/constructing/002.001.004/VSN_61-89r_1878.
22. Гагарин, В. Г. Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий / В. Г. Гагарин // Строительные материалы. — 2008. — № 8. — С. 41–47.
23. Гагарин, В. Г. Нормирование теплозащиты и расхода энергии на отопление и вентиляцию в проекте актуализированной редакции СНиП Тепловая защита зданий / В. Г. Гагарин, В. Козлов // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. Тамбов – Воронеж. Выпуск 11. — 2012. — С. 279–286.
24. Гагарин, В. Г. О реальной цене энергосбережения / В. Г. Гагарин // Строительный эксперт. — 2003. — № 8. — С. 10.
25. Гагарин, В. Г. Перспективы повышения энергетической эффективности жилых зданий в России / В. Г. Гагарин, В. Козлов // Энергия, экономика, техника, экология. — 2012. — № 5. — С. 25–32.
26. Гагарин, В. Г. Скорость движения воздуха в прослойке навесной фасадной системы, при естественной вентиляции / В. Г. Гагарин, В.В. Козлов, К.И. Лушин // Жилищное строительство. — 2013. — № 10. — С. 14–17.
27. Гагарин, В. Г. Теплотехнические ошибки при проектировании вентилируемых фасадов / В. Г. Гагарин // Стройпрофиль. — 2005. — №3. — С. 10–13.
28. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. Межгосударственный стандарт здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011>
29. ГОСТ Р ИСО 7730–2009 Эргономика термальной среды. Аналитическое определение и интерпретация комфортности теплового режима с использованием расчета показателей PMV и PPD и критериев локального теплового комфорта, 2011. — 43 с.

30. Граник, Ю. Г. Теплоэффективные стены зданий / Ю. Г. Граник // АВОК: Энергосбережение. — 2001. — №2. — С. 22–24.
31. Друзь, Н. Положение дел по использованию возобновляемых источников энергии в Центральной Азии. Перспективы их использования и потребности в подготовке кадров [Электронный ресурс] / Н. Друзь, Н. Борисова, А. Асанкулова, И. Раджабов, Р. Захидов, У. Таджиев // ОБЗОР, © ЮНЕСКО. — 2010. — Режим доступа:
<http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001882/188236R.pdf>
32. Гусев, Н. М. Основы строительной физики / Н. М. Гусев. — М.: Стройиздат, 1975. — 440 с.
33. Дунаев, Б. А. Инсоляция жилища / Б. А. Дунаев. — М.: Стройиздат, 1979. — 104 с.
34. Ершов, А. В. Планировочная структура и микроклимат / А. В. Ершов, А. Садиков // Жилищное строительство. — 1970. — №6.
35. Заварина, М. В. Строительная климатология / М. В. Заварина. — Л.: Гидрометеиздат, 1976. — 312 с.
36. Зильберова, И. Ю. Проблемы реконструкции жилых зданий различных периодов постройки [Электронный ресурс] / И.Ю. Зильберова, К.С. Петров // Инженерный вестник Дона. — 2012. — №4(1). — Режим доступа:
<http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1119>
37. Зоколей, С. В. Солнечная энергия и строительство / С. В. Зоколей. — М.: Стройиздат, 1979. — 208 с.
38. Идельчик, И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям/ Под ред. М.О. Штейнберга. -3-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1992. — 672 с.
39. Ильинский, В. М. Строительная теплофизика: Ограждающие конструкции и микроклимат зданий / В. М. Ильинский. — М.: Высшая школа, 1974. — 320 с.

40. Карамышев, В. А. Жилища для районов с жарким сухим климатом и сильными ветрами / В. А. Карамышев // Жилищное строительство. — 1982. — №1. — С. 19–20.
41. Кувшинов, Ю. Я. Основы обеспечения микроклимата зданий: учебник для вузов / Ю. Я. Кувшинов, О. Д. Самарин. — М.: АСВ, 2012. — 200 с.
42. Кувшинов, Ю. Я. Теоретические основы обеспечения микроклимата помещения // Ю. Я. Кувшинов. — М.: АСВ, 2007. — 182 с.
43. Коваль, С. П. Реконструкция и модернизация (санация) жилых домов в Восточной Германии. Полезный опыт для России [Электронный ресурс] / С. П. Коваль // Энергосервисная компания «Экологические системы». — 2011. — №10. — Режим доступа: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/121>
44. Ковальногов, Н. Н. Энергетические системы обеспечения жизнедеятельности человека: пособие для практических занятий / Н. Н. Ковальногов, Л. В. Хахалева. — Ульяновск: УлГТУ, 2006. — 52 с.
45. Козлов, В.В. Аналитический метод расчета движения воздуха в воздушном зазоре вентилируемого фасада с облицовкой, содержащей периодические разрывы / В.В. Козлов // Строительная физика в XXI веке – М. НИИСФ РААСН, 2006. – С. 65-73.
46. Компания АИРКОН ГРУПП. Воздушный рекуператор тепла и влаги EcoLuxe ЕС-3400НЗ для систем приточно-вытяжной вентиляции [Электронный ресурс] Режим доступа:
<http://www.climatexpo.ru/main/members/novelty/1216/>
47. Круглова, А. И. Климат и ограждающие конструкции / А. И. Круглова. — М.: Стройиздат, 1970. — 167 с.
48. Куприянов, В.Н. Количественные характеристики воздухообмена жилых помещений и их зависимость от объемно – планировочных и конструктивных решений зданий / В. Н. Куприянов, А. М. Сайфутдинова // Известия Казанского ГАСУ. — 2014 — №1(27).— С.113–118.
49. Куприянов, В.Н. Исследование возможностей приточно-вытяжных устройств для обеспечения нормативного воздухообмена жилых помещений /

- В. Н. Куприянов, А.М. Сайфутдинова А. М. Зиганьшин // Вестник Волжского регионального отделения РААСН, вып. 16. — 2013 — С. 245–254.
50. Липсмайер, Г. Строительство в условиях жаркого климата (Перевод с английского) / Г. Липсмайер. — М.: Стройиздат, 1984. — 192 с.
 51. Лицкевич, В. К. Жилище и климат / В. К Лицкевич. — М.: Стройиздат, 1990. — 288 с.
 52. Лицкевич, В. К. Учет климатических условий при проектировании жилых зданий в различных районах СССР / В. К Лицкевич. — М.: Стройиздат, 1975. — 116 с.
 53. Лицкевич, В. К. Основы климатической типологии жилища: автореф. дис. доктора архитектуры: 18.00.02 / Лицкевич Владимир Константинович. — М., 1988. — 56 с.
 54. Львовский, И. Б. Расчет поступление теплоты солнечной радиации в помещения. Пособие 2.91 к СНиП 2.04.05-91 / И. Б. Львовский, Б. В. Баркалов. М.: Промстройпроект, 1993. — 32 с.
 55. Малявина, Е. Г. Теплопотери здания / Е.Г. Малявина. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2007. — 144 с.
 56. Малявина, Е. Г. Метод расчета суточных сумм тепла прямой солнечной радиации, поступающей в помещение / Е.Г. Малявина, Ю. Я. Кувшинов // Гелиотехника. — 1973. — №4. — С. 66–70.
 57. Маркизы на окна / Маркизы и шторы Комфорт спейс [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://comfortspace.ru/catalog/markizy/markizy-na-okna>
 58. Маркизы / Ripo international [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ripo.lv/ru/products/Protective_shutters/colours/.
 59. Матросов, Ю. А. Законодательство и стандартизация Европейского Союза по энергоэффективности зданий / Ю. А. Матросов // АВОК. — 2003. — №8. — С. 68–71.
 60. Матросов, Ю. А. Региональное нормирование - стимул повышения энергоэффективности зданий / Ю. А. Матросов, И. Н. Бутовский, Д. Гольдштейн // АВОК. — 1997. — №5. — С. 24–29.

61. Матросов, Ю. А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения / Ю.А. Матросов. — М.:НИИСФ, 2008. — 496 с.
62. Методические рекомендации по технико-экономической оценке эффективности реконструкции жилых зданий и оценке сроков окупаемости затрат. Государственный комитет РФ по строительной, архитектурной и жилищной политике (Госстрой России). — М.:ЦНИИЭП жилища, 1998.
63. Методические рекомендации по разработке и реализации проектов реконструкции жилых домов с надстройкой и обстройкой здания без отселения жителей с привлечением средств собственников и других источников внебюджетного финансирования. — М.: Департамент градостроительной политики города Москвы, 2013. —136 с.
64. Мягков, М. С. Губернский Ю. Д. Кононова Л. И. Лицкевич В. К. Город, архитектура, человек и климат / М.С. Мягков, Ю.Д. Губернский, Л. И. Кононова, В. К. Лицкевич. — М.: Архитектура–С, 2007. — 344 с.
65. Наумов, А. Л. Энергоэффективный жилой дом в Москве / А. Л. Наумов // АВОК. — 1999. — № 4. — С. 4–11.
66. Нигматов, И. И. Особенности архитектурно-строительного проектирования зданий в условиях Центральной Азии / И. И. Нигматов. — Душанбе: Таджик НИИНТИ, 1993. — 216 с.
67. Нигматов, И. И. Проектирование зданий в регионах с жарким климатом с учётом энергосбережений, микроклимата и экологии / И. И. Нигматов. — Душанбе: Ирфон, 2007. — 307 с.
68. Нигматов, И. И. Микроклиматические параметры в энергоэффективных зданиях / И.И. Нигматов, Ш. З. Усмонов // Известия Академия наук Республики Таджикистан. — 2011. — №3 — С. 84–85.
69. Оболенский, Н. В. Архитектура и Солнце / Н. В. Оболенский. — М.: Стройиздат, 1988. — 207 с.
70. Оболенский, Н. В. Проектирование и расчет солнцезащитных устройств / Н. В. Оболенский // Архитектура СССР. — 1964. — №12. — С. 39–44.

71. Оболенский, Н. В. Архитектурная физика / Н. В. Оболенский. — М.: Архитектура-С, 2007. — 448 с.
72. Оболенский, Н. В. Учет прямого, солнечного света при проектировании зданий в южных районах / Н. В. Оболенский // Промышленное строительство. — 1965. — № 1. — С. 12–14.
73. Перехоженцев, А. Г. Анализ СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» / А. Г. Перехоженцев // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. — 2013. — № 34 (53). — С. 48–56.
74. Перехоженцев, А. Г. Нормирование параметров микроклимата в жилых и общественных зданиях / А. Г. Перехоженцев // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. — 2013. — № 30. — С. 139–143.
75. Перехоженцев, А. Г. О необходимости корректировки СНиП 23 02-2003 «Тепловая защита зданий» / А. Г. Перехоженцев // Жилищное строительство. — 2009. — № 11. — С. 2–6.
76. Перехоженцев, А. Г. О нормировании параметров микроклимата в жилых и общественных зданиях / А. Г. Перехоженцев // В сборнике: Качество внутреннего воздуха и окружающей среды материалы VII Международной научной конференции. Составитель А. Н. Гвоздков. — 2009. — С. 304–309.
77. Перехоженцев, А. Г. Проектирование энергоэффективных наружных ограждающих конструкций зданий / А. Г. Перехоженцев // В сборнике: Качество внутреннего воздуха и окружающей среды Материалы X Международной научной конференции. Министерство образования и науки РФ, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, Будапештский университет технологий и экономики, Российская академия архитектуры и строительных наук (РААСН). — 2012. — С. 431–438.
78. Предпроектное предложение по обстройке жилого дома. Адрес: г. Москва, ул. Климашкина, д.22. — Москва, 2015.

79. Проектирование и строительство жилых домов в условиях жаркого сухого климата (особенности объемно-планировочных решений): обзор / Госстрой СССР, Центр. ин-т науч. информ. по стр-ву и архитектуре; [И. Н. Филиппович]. — М.: [Б. и.], 1974. — 77 с.
80. Постановление от 19 ноября 1997 г. № 2 «Об основных направлениях в архитектуре и градостроительстве при реализации государственной целевой программы "ЖИЛИЩЕ"» Межведомственного совета по вопросам строительства, архитектуры и жилищно - коммунального хозяйства.
81. Роджерс, Т. С. Проектирование теплозащиты зданий / Т. С. Роджерс. — М.: Изд-во литературы по строительству, 1966. — С. 62–70.
82. Руководство АВОК–8–2007. Руководство по расчету теплопотребления эксплуатируемых жилых зданий — М.: АВОК–ПРЕСС, 2007.
83. Рубаненко, Б. Р. Жилищное строительство в СССР / Б. Р. Рубаненко. — М.: Стройиздат: ЦНИИЭП жилища, 1976. — 12 с.
84. Савин, В. К. Строительная физика. Энергоэкономика / В. К. Савин. — М.: «Лазурь», 2011. — 418 с.
85. Савин, В. К. Строительная физика: аэродинамика и теплообмен при взаимодействии потоков и струй со зданиями / В. К. Савин. — М.: «Лазурь», 2008. — 480 с.
86. Савин, В. К. Строительная физика. Энергоперенос. Энергоэффективность. Энергосбережение / В. К. Савин. — М.: «Лазурь», 2005. — 432 с.
87. Савин, В. К. Строительная климатология. Справочное пособие к СН и П 23-01-99*/ В. К. Савин. — М.: НИИСФ РААСН, 2006. — 258 с.
88. Савин, В. К. Энергоэффективность наружных конструкций зданий / В. К. Савин // Энергосбережение. — 2002. — №6. — С. 63–65
89. Саини, Б. Строительство и окружающая среда / Б. Саини. — М.: Стройиздат, 1980. — 174 с.
90. Сканапи, А. Н. Отопление: учебное пособие / А. Н. Сканапи, Л. М. Махов. — М.: Изд-во АСВ, 2008. — 576 с.

91. Соловьев, А. К. Физика среды: учебник / А. К. Соловьев. — М.: Изд-во АСВ, 2008. — 344 с.
92. СНиП РТ (МКС ЧТ) 23-01-2007 Строительная климатология / Агентство по строительству и архитектуре при Правительстве Республики Таджикистан. — Душанбе: Изд-во ООО «Хирад», 2010. — 31 с.
93. СНиП РТ (МКС ЧТ) 23-02-2009 Тепловая защита зданий / Агентство по строительству и архитектуре при Правительстве Республики Таджикистан. — Душанбе: Изд-во ООО «Хирад», 2011. — 50 с.
94. СНиП РТ (МКС ЧТ) 41-01-2009 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха / Агентство по строительству и архитектуре при Правительстве Республики Таджикистан. — Душанбе: Изд-во ООО «Хирад», 2011. — 52 с.
95. СНиП РТ (МКС ЧТ) 31-01-2005 Здания жилые многоквартирные / Агентство по строительству и архитектуре при Правительстве Республики Таджикистан. — Душанбе: Изд-во ООО «Хирад», 2011. — 50 с.
96. СНиП РТ (МКС ЧТ) 31-07-2008 Общественные здания и сооружения / Агентство по строительству и архитектуре при Правительстве Республики Таджикистан. — Душанбе: Изд-во ООО «Хирад», 2009. — 24 с.
97. СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляция, кондиционирование. — М.: Стройиздат, 1999. — 71 с.
98. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. — М.: Госстрой России, 2004. — 145 с.
99. СТО РААСН 01-2007. Реконструкция и модернизация жилищного фонда: метод. пособие. — М: РААСН, 2008. — 76 с.
100. Табунщиков, Ю. А. Математическое моделирование и оптимизация тепловой эффективности зданий / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач. — М.: Авок-Пресс, 2002. — 194 с.
101. Табунщиков, Ю.А. Основы математического моделирования теплового режима здания как единой теплоэнергетической системы. Докторская диссертация. - М.: НИИСФ, 1983.

102. Табунщиков, Ю. А. Тепловая защита ограждающих конструкций зданий и сооружений / Ю. А. Табунщиков, Д. Ю. Хромец, Ю. А. Матросов. — М.: Стройиздат, 1986. — 380 с.
103. Табунщиков, Ю. А. Энергоэффективное высотное здание / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач, Н. В. Шилкин // АВОК. — 2002. — № 3. — С. 8.
104. Табунщиков, Ю. А. Энергоэффективные здания / Ю. А. Табунщиков, М. М. Бродач, Н. В. Шилкин. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2003. — 200 с.
105. Улучшение гидрометеорологического обеспечения в Республике Таджикистан. Отчет всемирного банка. Всемирный банк, 2009. 113 с.
106. Умняков, П.Н. Теплотехнические свойства легких панельных стеновых конструкций. Тезисы доклада на совещании «Совершенствование строительства крупнопанельных зданий / П.Н. Умняков. — М.: Стройиздат, 1967. — 62 с.
107. Умнякова, Н.П. Как сделать дом теплым. Справочное пособие / Н. П. Умнякова. — М.: Стройиздат, 2-е изд. 1996. — 368 с.
108. 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.
109. Усмонов, Ш. З. Методика определения удельного теплopotребления 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.
110. 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.
111. 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.
112. Усмонов, Ш. З. Моделирование энергетических параметров зданий посредством программного обеспечения WUFI@plus / Ш. З. Усмонов // Вестник МГСУ. — 2013. — № 7. — С. 176–180.
 113. 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.
 114. 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.
 115. 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.
 116. 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.
 117. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К. Ф. Фокин. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. — 258 с.
 118. Шевцов, К. К. Проектирование зданий для районов с особыми природно-климатическими условиями / К. К. Шевцов. — М.: Высшая школа, 1986. — 232 с.
 119. Шилкин, Н. В. Повышение энергетической эффективности зданий в странах Прибалтики и Восточной Европы / Н. В. Шилкин // Энергосбережение. — 2011. — № 7 — С. 17–25.

120. Шкловер А.М. Теплотехнические расчеты жилых и гражданских зданий для летних условий в южных районах / А.М. Шкловер. — М.: Госстройиздат, 1952. — 154 с.
121. Штоль, Т. М., Строительство зданий и сооружений в условиях жаркого климата / Т. М. Штоль, Г. Н. Евстратов. — М.: Стройиздат, 1984. — 349 с.
122. Якубов, Н. Х. Основы проектирования бесчердачных крыш в условиях жаркого климата: учебное пособие / Н. Х. Якубов. — Душанбе: ТТУ, 1993. — 136 с.
123. Якубов, Н. Х. Тепловая защита зданий / Н. Х. Якубов. — Душанбе: Изд-во ООО «Контраст», 2014. — 159 с.
124. ANSI/ASHRAE Standard 55-2004 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
125. Building Energy Software Tools Directory.
Режим доступа: <http://apps1.ere.energy.gov>.
126. Competences, Fraunhofer Institute for Buildings Physics, Februar 2008.
127. DIN V 18599-2 Energy efficiency of buildings - Calculation of the energy needs, delivered energy and primary energy for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting - Part 2: Energy needs for heating and cooling of building zones, 2007 February.
128. DIN V 18599-3 Energy efficiency of buildings - Calculation of the energy needs, delivered energy and primary energy for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting - Part 3: Energy need for air conditioning, 2007 February.
129. DIN V 18599-6 Energy efficiency of buildings - Calculation of the energy needs, delivered energy and primary energy for heating, cooling, ventilation, domestic hot water and lighting - Part 6: Delivered energy for ventilation systems and air heating systems for residential buildings, 2007 February.
130. DIN V 4108-6:2003-06, Thermal protection and energy economy in buildings, Part 6: Calculation of annual heat and annual energy use.

131. Diffie, L. A. and Beckman W.A. Solar energy thermal Processes, Wiley and Sons, 1974.
132. EN 15251, Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics, May, 2007
133. Energy conservation in new building construction Texas Energy Management, Series 200, oct. 1980, — 48 p.
134. Fanger, P. O. Thermal comfort analysis and applications in environmental engineering / P. O. Fanger. — New York: McGraw-Hill, 1970. — 244 p.
135. Fanger, P. O. Thermal comfort / P. O. Fanger. Robert E. Criegee. —Florida: Malabar, 1982.
136. Fundamentals of WUFI plus, Simultaneous Calculations of Transient Hygrothermal Conditions of Indoor Spaces and Building Envelopes. — Holzkirchen: Fraunhofer Institute Bauphysik, 2008. — 68 p.
137. Hauser, G. Univ.-Prof. Dr.-Ing., Innovations in the field of energy efficiency of buildings, Fraunhofer-Institute for Building Physics.
138. Hauser, G: „Energieeffizienz – der wesentliche Lösungsansatz!“. wksb. 2007. 52(58). Pp. 31–35.
139. Hauser, G: “From the energy Evaluation to the assessment of the whole building performance”. Proceedings of the World Sustainable Building Conference, SB08, Melbourne, 2008; Vol. 2.
140. Hens, H., Parys, W., Deurinck, M. (2010). Energy consumption for heating and rebound effects. Energy and Buildings, 42 (1). Pp. 105-110.
141. Hens, H., Verbeeck, G., Verdonck, B. (2001). Impact of energy efficiency measures on the CO₂ emissions in the residential sector, a large scale analysis. Energy and buildings, 33 (3). Pp. 275-281.
142. Hens, H. (2006). Thirty years of action for energy efficient building in Flanders: results?. In: , In honor of Prof. K. Gertis, Universität Stuttgart, emeritus. Stuttgart.

143. Hens, H. (2006). Thermische isolatie en ventilatie bij monumentale gebouwen,. In: , Handboek Onderhoud, Renovatie en Restauratie,, Chapt. Aflevering 27 Kluwer.
144. Hens, H. (2009). Indoor climate and building envelope performance in swimming pools. Proceedings of 4th International Building Physics Conference. International Building Physics Conference. Istanbul, Turkey, 15-18 June 2009.
145. Hens, H., Parys, W., Deurinck, M. (2008). Energy consumption and rebound effects. COBEE 2008. Dalian, China, 13-16 July 2008.
146. Helmut Künzel, Hartwig M. Künzel and Klaus Sedlbauer, Long-term Performance of External Thermal Insulation Systems, 32 (2005) New research results in brief, IBP Report 461, Fraunhofer Institute Bauphysik.
147. Mary Myla Andamon, “Thermal Comfort and Building Energy Consumption in the Philippine Context”, School of Architecture, Landscape Architecture and Urban Design The University of Adelaide, Adelaide, South Australia, Australia. PLEA2006 - The 23 rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September 2006.
148. Olesen B. W. and G.S. Brager, 2004. A Better Way to Predict Comfort: The New ASHRAE Standard 55-2004. ASHRAE Journal, August.
149. Olesen B. W., Technical University of Denmark, Information paper on EN 15251 Indoor environmental input parameters for design and assessment of Energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics, Energy Performance of Buildings, 15 – 02 - 2010, P114.
150. Rainer Schmidt, Torben Nicolaysen, Precision or comfort air conditioning?, [STULZ GmbH], Hamburg, 2006, 6 p.
151. Sedlbauer K, Holm A, Leistner P, Breuer K: „Der Mensch in Aufenthaltsräumen - Risiko oder Behaglichkeit?“. Gesundheits-Ingenieur GI. 2006; 127(4): 175-188.
152. Sedlbauer K: „Vorhersage von Schimmelpilzbildung auf und in Bauteilen“. Dissertation Universität Stuttgart 2001.

153. Verbeeck, G., Hens, H. (2005). Energy savings in retrofitted dwellings: economically viable?. *Energy and buildings*, 37 (7). Pp. 747-754.
154. WUFI®plus: general information (October 10, 2010). Retrieved: February 19, 2011, from WUFI-Wiki.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Проверка влияния увеличения ширины корпуса жилого дома серии 105 на естественное освещение

Расчет выполняется в соответствии с нормативным требованием Российской Федерации СП 23-102-2003 «Естественное освещение жилых и общественных зданий», СП 52.13330.2011. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение», СанПиН 2.2.1-2.1.1.1278-03 и СанПиН 2.2.1-2.1.1.2585-10 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий».

Из схемы генплана квартала реконструируемых пятиэтажных домов для определения помещения(й), подлежащих проверочному расчету КЕО (рис. П-2, П-4), видно, что наиболее близко находящиеся здания больше всего затеяют квартиру, окна которой выходят на северную сторону. Проверим, как повлияет на естественную освещенность уширение корпуса на 3,6 м с каждой стороны дома. Проверим КЕО в указанной квартире (с наименьшим попаданием прямых солнечных лучей).

Расчетная точка в жилой комнате расположена на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и плоскости пола на расстоянии 1 м от стены, наиболее удаленной от светового проема. (СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение" п. 5.4; а).

Нормируемое значение КЕО e_n определяем по формуле (СНиП 23-05-95* «Естественное и искусственное освещение» п.5.3),

где n - номер группы административного района (группа 5 административного района для Республики Таджикистан (СНиП П-4-79, карта светового климата СССР);

$e_n = 0,4$ - значение КЕО по СП 23-102-2003 (таблица 4);

$m_n=0,8$ - коэффициент светового климата по СП 23-102-2003 (таблица 2);

$e_n=0,4*0,8=0,32$ (нормативное значения КЕО).

Расчет коэффициента естественной освещенности КЕО следует выполнять (при боковом освещении) по формуле (П1.1):

$$e_p^{\bar{e}} = \left(\sum_{i=1}^L \varepsilon_{\bar{e}i} q_i + \sum_{j=1}^M \varepsilon_{\bar{e}dj} b_{\bar{e}i} k_{\bar{e}dj} \right) r_0 \frac{\tau_0}{K_3} \quad (\text{П1.1})$$

Где L - количество участков небосвода видимых через световой проем из расчетной точки;

$\varepsilon_{\bar{e}i}$ - геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий прямой свет от i -того участка неба, определяемый по формуле (П1.2)

$$\varepsilon_{\bar{e}i} = 0,01(n_1 \cdot n_2), \quad (\text{П1.2})$$

где n_1 - число лучей по графику I проходящих от неба через световые проемы в расчетную точку на поперечном разрезе помещения;

n_2 - число лучей по графику II проходящих от неба через световые проемы в расчетную точку на плане помещения.

$$\varepsilon_{\bar{e}i} = 0,01(n_1 \cdot n_2) = 0,01*(0,72*16)=0,12; \text{ при } n_1=0,72; n_2=16$$

$\varepsilon_{\bar{e}dj}$ - геометрический КЕО в расчетной точке при боковом освещении, учитывающий свет, отраженный от j -того участка фасадов зданий противостоящей застройки, определяемый по формуле (П1.3)

$$\varepsilon_{\bar{e}dj} = 0,01(n_1' \cdot n_2'), \quad (\text{П1.3})$$

где n_1' - число лучей по графику I проходящих от противостоящего здания через световые проемы в расчетную точку на поперечном разрезе помещения;

где n_2' - число лучей по графику II проходящих от противостоящего здания через световой проем в расчетную точку на плане помещения.

$$\varepsilon_{\bar{e}dj} = 0,01(n_1' \cdot n_2') = 0,01(0,9*16)=0,14; \text{ при } n_1'=0,9; n_2'=16;$$

q_i - коэффициент, учитывающий неравномерную яркость i -того участка облачного неба МКО (таблица Б.1, СП 23-102-2003);

$q_i=0,6$ (при 11° - угловая высота среднего луча участка небосвода, видимого из расчетной точки через световой проем в разрезе помещения);

M - количество фасадов зданий противостоящей застройки, видимых через световой проем из расчетной точки;

b_{fi} – средняя относительная яркость участка противостоящего (экранирующего) здания, расположенного параллельно исследуемому зданию (помещению), определяемая по таблице Б.2- для фасадов противостоящих зданий без оконных проемов по таб. Б.3-с учетом оконных проемов, (по СП 23-102-2003);

Для вычисления b_{fi} необходимо определить p_{ϕ} - средневзвешенный коэффициент отражения противостоящего фасада (по таблице 21, СНиП 23-05-95*) $p_{\phi}=0,6$.

Также необходимо рассчитать отношение расстояния между зданиями к длине противостоящего здания равное 0,81 (при 20,23/25м) и отношение длины противостоящего здания к его расчетной высоте равное 3,88 (при 25/6,45).

$b_{fi} = 0,35$ (таблица Б.2 по СП 23-102-2003);

r_0 - коэффициент, учитывающий повышение КЕО при боковом освещении благодаря свету, отраженному от поверхностей помещения и подстилающего слоя, прилегающего к зданию, принимаемый по таблице Б.4 - для условной рабочей поверхности или Б.5-на уровне пола (СП 23-102-2003).

В данном случае принимаем по таблице Б.5.

Для вычисления r_0 , необходимо найти:

1) Средневзвешенный коэффициент отражения пола, стен и потолка $\rho_{\text{ср}} = 0,5$ (согласно примечанию таблицы Б.5);

2) Отношение ширины помещения b_n к его глубине, d_n , $b_n/d_n = 3,1/9=0,34$ (рисунок П-2)

3) Отношение глубины помещения d_n к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна $d_n/h_{01} = 9/1,6=5,6$ (рисунок П-1);

4) Отношение расстояния расчетной точки от внутренней поверхности наружной стены L_T к глубине помещения $L_T/d_n = 8/9=0,89$ (рисунок П-1).

Исходя из выше перечисленных значений согласно таблице Б.5 посредством интерполяции находим $r_0 = 6,06$;

τ_0 - общий коэффициент пропускания света, определяемый по формуле (П1.4);

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5, \quad (\text{П1.4})$$

где

$\tau_1=0,4$ (коэффициент светопропускания материала, определяемый по результатам испытаний) - стекло оконное листовое двойное;

$\tau_2=0,85$ (коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопрома, определяемый по таблице Б.7) - переплеты деревянные одинарные;

$\tau_3=1$ (коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях, определяемый по таблице Б.8 при боковом освещении $\tau_3 = 1$);

$\tau_4=1$ (коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, определяемый в соответствии с таблицей Б.8 при глубине балкона до 1,2 м;

τ_5 - не принимаем, т.к. этот коэффициент учитывает потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями. В данном случае не используется.

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 = 0,4 * 0,85 * 1 * 1 = 0,34;$$

K_3 - коэффициент запаса (расчетный коэффициент, учитывающий снижение КЕО и освещенности в процессе эксплуатации вследствие загрязнения и старения светопрозрачных ограждений, а также снижение отражающих свойств поверхностей помещения, определяемый по таблице 3. Согласно СНиП 23-05-95* (при условии, что угол наклона светопропускающего материала к горизонту 90°).

$$K_3 = 1,2$$

$K_{зди}$ - коэффициент, учитывающий изменения внутренней отраженной составляющей КЕО в помещении при наличии противостоящих зданий, определяемый по формуле (П1.5):

$$k_{\text{зди}} = 1 + (k_{\text{здо}} - 1) \cdot \frac{\sum_{i=1}^M \varepsilon_{\text{зДи}}}{\sum_{i=1}^N \varepsilon_{\text{би}} + \sum_{j=1}^M \varepsilon_{\text{зДи}}}, \quad (\text{П1.5})$$

где $K_{\text{здо}}$ - коэффициент, учитывающий изменения внутренней отраженной составляющей КЕО в помещении при полном закрытии небосвода зданиями, видимыми из расчетной точки (определяемый по таблице Б.6 СП 23-102-2003).

Для вычисления $K_{\text{здо}}$, необходимо найти:

1) z_1 - индекс экранирующего здания вычисляемого по формуле П1.6 и графика А.М. Данилюка в плане.

$$z_1 = \frac{a_3(l_T + \Delta_{\text{ст}})}{(l_3 + l_T + \Delta_{\text{ст}})b_o}, \quad (\text{П1.6})$$

$$z_1 = 25 \cdot (8 + 0,3) / (20,23 + 8 + 0,3) \cdot 2,1 = 3,46.$$

2) z_2 - индекс экранирующего здания вычисляемый по формуле П1.7 и графика А.М. Данилюка в разрезе.

$$z_2 = \frac{H_p(l_T + \Delta_{\text{ст}})}{(l_3 + l_T + \Delta_{\text{ст}})(h_o + h_{\text{пл}})}; \quad (\text{П1.7})$$

$$z_2 = 6,45 \cdot (8 + 0,3) / (20,23 + 8 + 0,3) \cdot (1,6 + 0,8) = 0,78.$$

3) $p_{\phi} = 0,6$ - средневзвешенный коэффициент отражения противостоящего фасада;

4) $\rho_{\text{ср}} = 0,5$ - средневзвешенный коэффициент отражения пола, стен и потолка.

Методом интерполяции определяем значение $K_{\text{здо}} = 1,46$ по таблице Б.6 СП 23-102-2003.

$$k_{\text{зди}} = 1 + (k_{\text{здо}} - 1) \cdot \frac{\sum_{i=1}^M \varepsilon_{\text{зДи}}}{\sum_{i=1}^N \varepsilon_{\text{би}} + \sum_{j=1}^M \varepsilon_{\text{зДи}}}, \quad (\text{П1.8})$$

$$K_{\text{зди}} = 1 + (1,46 - 1) \cdot 0,14 / (0,12 + 0,14) = 1 + 0,25 = 1,25;$$

$$e_p^{\bar{6}} = \left(\sum_{i=1}^L \varepsilon_{\bar{6}i} q_i + \sum_{j=1}^M \varepsilon_{\bar{3}dj} b_{\bar{6}j} k_{\bar{3}dj} \right) r_0 \frac{\tau_0}{K_3}; \quad (\text{П1.9})$$

$$e_p^{\bar{6}} = (0,12 * 0,6 + 0,14 * 0,35 * 1,25) * 6,06 * 0,34 / 1,2 = (0,072 + 0,061) * 6,06 * 0,28 = 0,23;$$

$$e_p^{\bar{6}} = 0,23 < e_n = 0,32.$$

Вывод: Расчетный коэффициент КЕО меньше нормативного значения естественной освещенности. Следовательно, когда глубина помещения квартиры превышает 8 м, на малоинсолируемых участках целесообразно располагать встроенные шкафы, гардеробные или кладовые.

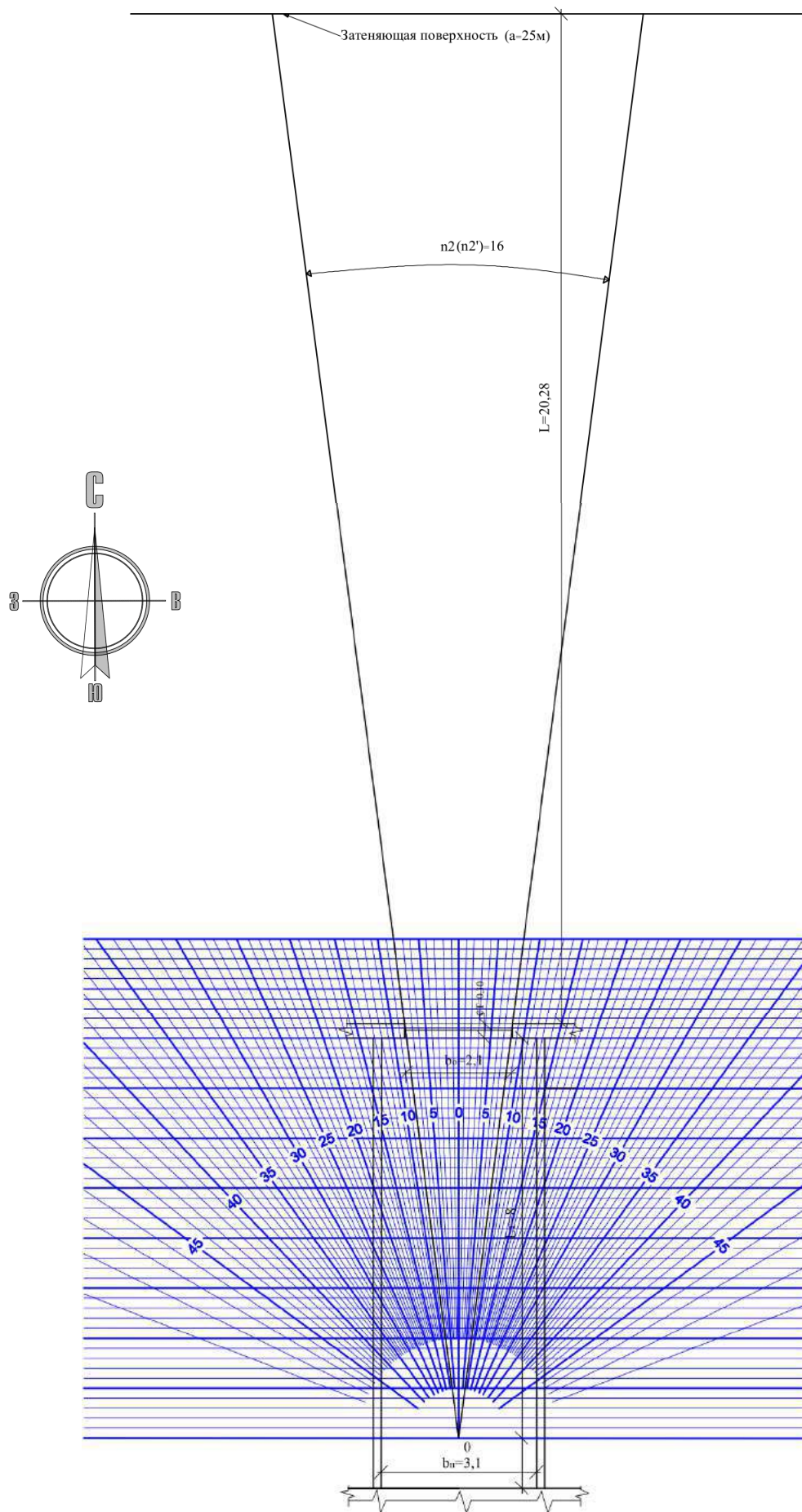


Рисунок П-2 График П А. М. Данилюка (план комнаты)

Проведем расчет естественной освещенности при глубине помещения квартиры равной 8 м, с учетом расположения в зоне А встроенных шкафов и гардеробных, при глубине помещения 9 метров.

$$\varepsilon_{\delta i} = 0,01(n_1 \cdot n_2) = 0,01 \cdot (0,72 \cdot 16) = 0,12; \text{ при } n_1 = 0,72; n_2 = 16;$$

$$\varepsilon_{\text{зdi}} = 0,01(n_1' \cdot n_2') = 0,01(0,9 \cdot 16) = 0,14; \text{ при } n_1' = 0,9; n_2' = 16;$$

$q_i = 0,63$ (при 13° - угловая высота среднего луча участка небосвода, видимого из расчетной точки через световой проем в разрезе помещения).

Для вычисления $b_{\phi i}$, необходимо определить p_ϕ - средневзвешенный коэффициент отражения противостоящего фасада по таблице 21 СНиП 23-05-95*, $p_\phi = 0,6$.

Рассчитываем отношение расстояния между зданиями к длине противостоящего здания равное 0,81 (при 20,23/25м) и отношение длины противостоящего здания к его расчетной высоте, равное 3,88 (при 25/6,45);

$b_{\phi i} = 0,35$ (таблица Б.2 по СП 23-102-2003).

Для вычисления r_0 , находим средневзвешенный коэффициент отражения пола, стен и потолка $\rho_{\text{ср}} = 0,5$ (согласно примечания таблицы Б.5);

Отношение ширины помещения b_n к его глубине, d_n , $b_n/d_n = 3,1/8 = 0,39$ (рисунок П-4);

Отношение глубины помещения d_n к высоте от уровня условной рабочей поверхности до верха окна h_{01} , $d_n/h_{01} = 8/1,6 = 5$ (рисунок П-3);

Отношение расстояния расчетной точки от внутренней поверхности наружной стены L_T к глубине помещения d_n , $L_T/d_n = 7/8 = 0,87$ (рисунок П-3).

Исходя из выше перечисленных значений, согласно таблице Б.5 посредством интерполяции находим

$$r_0 = 7,26;$$

τ_0 - общий коэффициент пропускания света, определяемый, по формуле П1.4;

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5,$$

где

$\tau_1=0,4$ - коэффициент светопропускания материала, определяемый по результатам испытаний для двойного остекления при одном с низкоэмиссионным покрытием;

$\tau_2=0,85$ - коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема, определяемый по таблице Б.7 - переплеты деревянные одинарные.

Размеры светопроема принимаются равными размерам коробки переплета;

$\tau_3=1$ - коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях, определяемый по таблице Б.8 при боковом освещении ($\tau_3=1$);

$\tau_4=1$ - коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах, определяемый в соответствии с таблицей Б.8, при глубине балкона до 1,2 м;

τ_5 - не принимаем, т.к. этот коэффициент, учитывает потери света в защитной сетке, устанавливаемой под фонарями;

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 = 0,4 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 1 = 0,34;$$

$$K_3 = 1,2 ;$$

Для вычисления $K_{здо}$ находим:

1) z_1 - индекс экранирующего здания вычисляемый по формуле П1.6 и графика А.М. Данилюка в плане.

$$z_1 = 25 \cdot (7 + 0,3) / (20,23 + 7 + 0,3) \cdot 2,1 = 3,16.$$

2) z_2 - индекс экранирующего здания вычисляемый по формуле П1.7 и графика А.М. Данилюка в разрезе.

$$z_2 = 6,45 \cdot (7 + 0,3) / (20,23 + 7 + 0,3) \cdot (1,6 + 0,8) = 0,71.$$

3) $p_\phi=0,6$ - средневзвешенный коэффициент отражения противостоящего фасада.

4) $\rho_{ср}=0,5$ - средневзвешенный коэффициент отражения пола, стен и потолка.

Посредством интерполяции определяем значение $K_{здо}=1,45;;$

$$K_{зди} = 1 + (1,45 - 1) \cdot 0,13 / (0,29 + 0,13) = 1 + 0,25 = 1,14;$$

$$e_p^6 = (0,29 * 0,63 + 0,13 * 0,35 * 1,14) * 7,26 * 0,34 / 1,2 = 0,23 * 2,06 = 0,47;$$

$$e_p^6 = 0,47 > e_n = 0,32.$$

Вывод: Расчетный коэффициент КЕО в точке 0 больше нормативного значения. Следовательно, с учетом размещения в зоне А встроенных шкафов, или гардеробных, глубина помещения в 9 метров не нарушает норм естественной освещенности в жилой комнате.

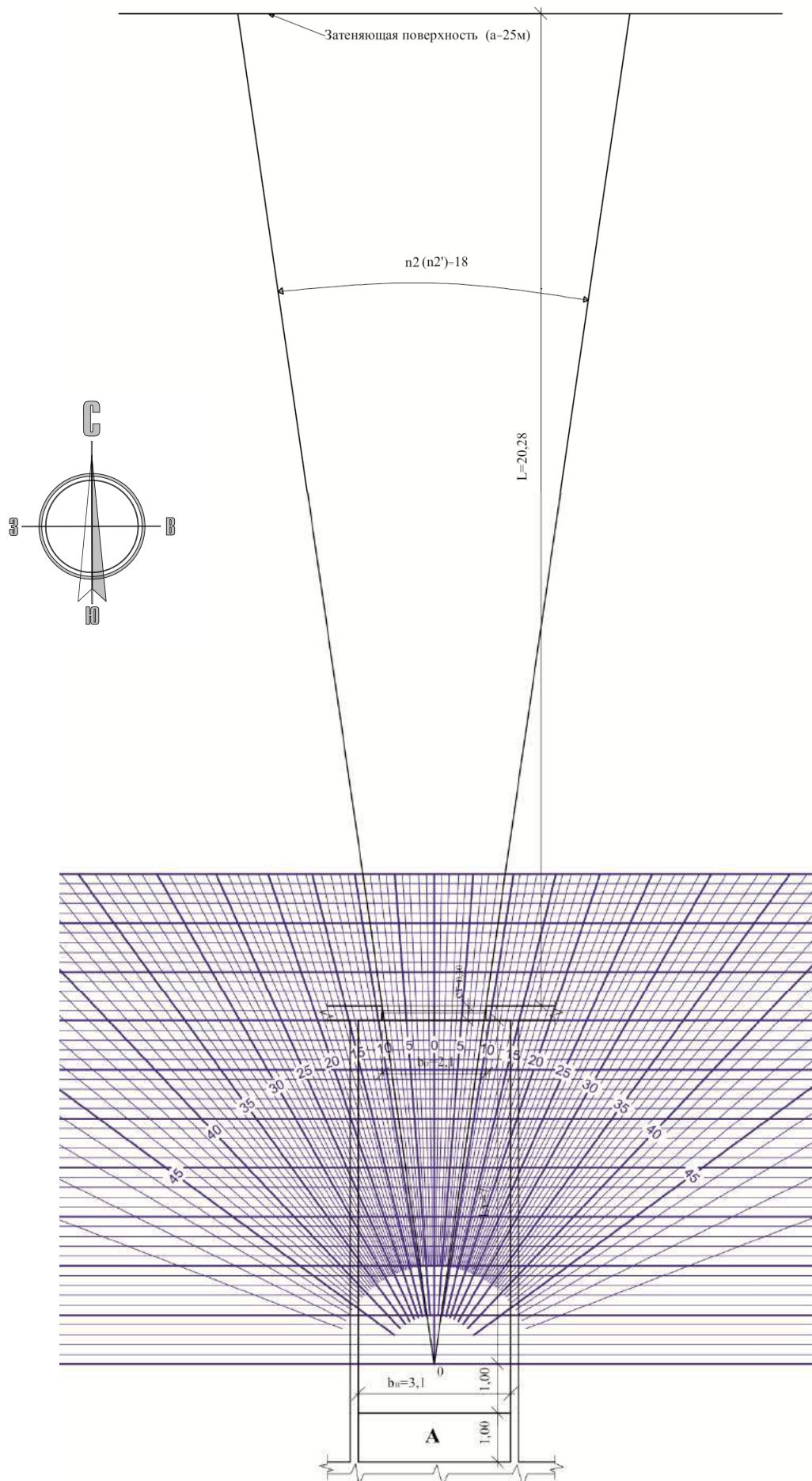


Рисунок П-4 График П А. М. Данилюка (план комнаты)

Теплотехнические расчеты наружных ограждающих конструкций на зимние условия

Наружные ограждающие конструкции зданий должны соответствовать требованиям, предъявляемым СНиП РТ 23-02-2009 Тепловая защита зданий.

Расчет на зимние условия

Градусо-сутки отопительного периода (ГСОП, °С·сут) определяются по формуле $ГСОП = (t_b - t_{от}) \cdot z_{от} = (20 - 3,74) \cdot 122 = 1984 \text{ °С} \cdot \text{сут}$.

Нормируемые значения сопротивления теплопередаче для города Худжанда составляет:

- для наружных стен $R_o^{тр} = 0,00035 \cdot 1984 + 1,0 = 1,69 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$;
- для покрытия $R_o^{тр} = 0,0005 \cdot 1984 + 1,3 = 2,29 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$;
- для перекрытий над неотапливаемым подвалом и чердачного перекрытия:
 $R_o^{тр} = 0,00045 \cdot 1984 + 1,2 = 2,09 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$;
- для окон и балконных дверей $R_o^{тр} = 0,00015 \cdot 1984 + 0,15 = 0,45 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Приведенное сопротивление теплопередаче R_o^{np} , $\text{м}^2 \text{ °C/Вт}$, фрагмента теплозащитной оболочки здания по СП 50.13330.2012:

$$R_o^{np} = \frac{1}{\frac{1}{R_o^{усл}} + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k}; \quad (\text{П2.1})$$

- где $R_o^{тр}$ –требуемое сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания либо выделенной ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \text{ °C/Вт}$;
- l_j – протяженность линейной неоднородности j -го вида, приходящаяся на 1 м^2 фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, м/м^2 ;
- Ψ_j – удельные потери теплоты через линейную неоднородность j -ого вида, $\text{Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$, по СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей»;

n_k – количество точечных неоднородностей k -го вида, приходящихся на 1 м^2 фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, шт/ м^2 ;

χ_k – удельные потери теплоты через точечную неоднородность k -го вида, Вт/ $^\circ\text{C}$, по СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей»;

$\alpha_{\text{в}}$ – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, Вт/($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$), по таблице 4 СП 50.13330.2012;

$\alpha_{\text{н}}$ – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции, Вт/($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$), по таблице 6 СП 50.13330.2012;

$\delta_1, \delta_2, \dots$ – толщины всех слоев в ограждающей конструкции, кроме слоя утеплителя, м;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots$ – теплопроводности всех слоев в ограждающей конструкции, кроме слоя утеплителя, Вт/($\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$), принимаемая в зависимости от тепловлажностных условий эксплуатации ограждающей конструкции А по таблице Т.1 СП 50.13330.2012;

$R_o^{\text{усл}}$ – условное сопротивление теплопередаче однородной части фрагмента теплозащитной оболочки здания i -го вида, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$, которое определяется либо экспериментально либо расчетом по формуле

$$R_o^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}, \quad (\text{П2.2})$$

здесь $\delta_1, \delta_2, \dots$ – толщины всех слоев в ограждающей конструкции, м;

$\lambda_1, \lambda_2, \dots$ – теплопроводности всех слоев в ограждающей конструкции, Вт/($\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$),

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче существующих стен в зданиях, возведенных по серии 464:

Состав наружных стен (таблица 1.2 №1):

1. Керамзитобетон $\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$; $\lambda_A = 0,56 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$, $\delta_1 = 0,28 \text{ м}$. $S_1 = 7,75 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$
2. Цементно-песчаная штукатурка $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\lambda_A = 0,76 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$, $\delta_2 = 0,02 \text{ м}$, $S_1 = 9,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$.

Условное сопротивление теплопередаче стены по (П2.2):

$$R_0^{\text{усл}} = 1/8,7 + 0,28/0,56 + 0,02/0,76 + 1/23 = 0,68 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

Дальнейший расчет представлен в таблице П2.1.

Таблица П2.1–Потери теплоты в существующей стене по отдельным ее элементам

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Гладь стены	$1 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$1/R_0^{\text{усл}} = 1,470 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$	$1,47 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$	88,1
Примыкание к цоколю	$l = 135,2 \text{ м}$	$\psi = 0,205 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ таблица Г.39	$27,7/1374 = 0,020 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$	1,2
Откосы	$l = 866,1 \text{ м}$	$\psi = 0,088 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ таблица Г.31	$76,2/1374 = 0,055 \text{ Вт/(°C} \cdot \text{м}^2)$	3,3
Углы	$l_{\text{нар}} = 60 \text{ м}$	$\psi = 0,210 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ таблица Г.27	$12,6/1374 = 0,007 \text{ Вт/(°C} \cdot \text{м}^2)$	0,4
Сопряжение стены с перекрытием или балконной плитой	$l = 405,6 \text{ м}$	$\psi = 0,295 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ таблица Г.5	$119,6/1374 = 0,087 \text{ Вт/(°C} \cdot \text{м}^2)$	5,2
Сопряжение стены с совмещенным покрытием	$l = 135,2 \text{ м}$	$\psi = 0,3 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ таблица Г.41	$40,6/1374 = 0,029 \text{ Вт/(°C} \cdot \text{м}^2)$	1,8
Итого			$1,668 \text{ Вт/(°C} \cdot \text{м}^2)$	100

Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции $R_0^{\text{пр}} = 1/1,668 = 0,60 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт} < R_0^{\text{тр}} = 1,69 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Теплозащитные качества наружных стен не соответствуют современным требованиям.

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче продольных стеновых ограждений в реконструированных зданиях серии 464.

Состав продольных наружных стен (таблица 2.1 №1):

1. Внутренняя штукатурка: $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,01 \text{ м}$; $\lambda_B = 0,76 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$; $S = 9,6 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$;
2. Кладка из ячеистобетонных блоков на клеевом растворе $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,3 \text{ м}$; для блока $\lambda_A = 0,33 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$; для раствора $\lambda_A = 0,7 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$; $S = 3,36 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$; площадь ячеистобетонных стен $1209,1 \text{ м}^2$; длина сквозных швов в кладке: горизонтальных 2937 м , вертикальных 1400 м ;
3. Плиты из минеральной ваты $\rho = 90 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,06 \text{ м}$; $\lambda_A = 0,041 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$; $S = 0,53 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$;
4. Вентилируемая воздушная прослойка 60 мм ;
5. Фасадная плитка экрана вентилируемого фасада;

Площадь стен (за вычетом оконных и дверных проемов) из блоков равна $1209,1 \text{ м}^2$. Длина оконных откосов (суммарный периметр окон и дверей в кладке из ячеистобетонных блоков) $866,1 \text{ м}$. Длина примыкания стены из ячеистобетонных блоков к цокольной стене $129,1 \text{ м}$.

Эквивалентный коэффициент теплопроводности шва определяется по формуле (Е.1) СП 230.1325800.2015

$$\lambda_{\text{раств}}^{\text{экв}} = \frac{\lambda_{\text{св}} s_{\text{св}} + \lambda_{\text{раств}} (d_{\text{шва}} - s_{\text{св}})}{d_{\text{шва}}} = \frac{58 \cdot 0,0000471 + 0,76(0,005 - 0,0000471)}{0,005} = 1,47 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$$

Удельные потери теплоты стен состоящих из ячеистобетонной кладки, оштукатуренной с одной стороны по таблицам Е.1 и Е.2 при шве толщиной 5 мм

равны $\psi=0,0115$ Вт/(м°С). Длина швов 4337 м. На 1 м² кладки приходится 4337/1209,1=3,58 м/м² шва. Потери теплоты в швах $l \cdot \psi=3,58 \cdot 0,0115=0,0412$ Вт/(м²°С).

Условное сопротивление теплопередаче стены по (П1.3):

$$R_o^{\text{усл}} = 1/8,7 + 0,01/0,76 + 0,3/0,33 + 0,06/0,041 + 1/10,8 = 2,59 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С) / Вт.}$$

Длина откосов окон в ячеистобетонных стенах составляет 866,1 м, откосов дверей 132,3 м. Всего периметр откосов 998,4 м. На 1 м² кладки приходится 998,4/1209,1=0,826 м/м² откоса. При толщине рам 60 мм и длине зуба 60 мм, толщине кладки 300 мм с $\lambda_{\text{кл}} = 0,33$ Вт/м°С по таблице Г.29 $\psi=0,088$ Вт/(м°С). Всего $\psi = 0,826 \cdot 0,088 = 0,0726$ Вт/(°С·м²).

Дальнейший расчет представлен в таблице П2.2.

Таблица П2-2–Потери теплоты в продольной стене по отдельным ее элементам

Элемент конструкции	Удельный гео-метрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Гладь стены	1 м ² /м ²	$1/R_o^{\text{усл}}=0,386$ Вт/(м ² °С)	0,386 Вт/(м ² °С)	66,2
Примыкание к цоколю	$l=129,1$ м	$\psi=0,150$ Вт/(м°С) таблица Г.40	$19,4/1209,1=$ $=0,016$ Вт/(м ² °С)	2,7
Откосы	$l=866,1$ м	$\psi=0,060$ Вт/(м°С) таблица Г.35	$52,0/1209,1=$ $0,043$ Вт/(°С·м ²)	7,4
Углы	$l_{\text{нар}} = 60$ м	$\psi=0,095$ Вт/(м°С) таблица Г.28	$5,7/1209,1=$ $=0,004$ Вт/(°С·м ²)	0,7
Сопряжение стены с балконной плитой	$l=130,2$ м	$\psi=0,585$ Вт/(м°С) таблица Г.5	$76,2/1209,1=$ $=0,062$ Вт/(°С·м ²)	10,6
Тарельчатые дюбели крепления вентфасада	$n=12$ шт/ м ²	$\chi=0,006$ Вт/°С таблица Г.4	$12 \cdot 0,006=$ $0,072$ Вт/(°С·м ²)	12,4

(продолжение таблицы)

Итого			0,583 Вт/(°С·м ²)	100
-------	--	--	----------------------------------	-----

Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции по данным таблицы П2.2 равно $R_0^{пр} = 1/0,583 = 1,72 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт} > R_0^{тр} = 1,69 \text{ м}^2 \cdot \text{°С/Вт}$. Теплозащитные качества наружных стены соответствуют современным требованиям.

Расчет приведенного сопротивления теплопередаче торцевых стен в реконструированных зданиях серии 464

Состав торцевых наружных стен (таблица 2.1 №2):

1. Керамзитобетонная панель $\rho=1400 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,28 \text{ м}$; $\lambda_A = 0,56 \text{ Вт/м} \cdot \text{°С}$;
2. Цементно-песчаная штукатурка $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,02 \text{ м}$; $\lambda_A = 0,76 \text{ Вт/м} \cdot \text{°С}$;
3. Плиты из минеральной ваты $\rho = 90 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,06 \text{ м}$; $\lambda_A = 0,041 \text{ Вт/м} \cdot \text{°С}$;
4. Вентилируемая воздушная прослойка 60 мм;
5. Фасадная плитка экрана вентилируемого фасада.

Площадь торцевых стен (оконных и дверных проемов нет) равна $276,6 \text{ м}^2$.

Условное сопротивление теплопередаче стены по (П1.3):

$$R_0^{усл} = 1/8,7 + 0,28/0,56 + 0,02/0,76 + 0,06/0,041 + 1/10,8 = 2,197 (\text{м}^2 \cdot \text{°С}) / \text{Вт}.$$

Дальнейший расчет представлен в таблице П2.3.

Таблица П2-3–Потери теплоты в торцевой стене по отдельным ее элементам

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Гладь стены	$1 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$1/R_0^{усл} = 0,455$ Вт/ (м ² ·°С)	0,455 Вт/ (м ² ·°С)	84,6

(продолжение таблицы)

примыкание к цоколю	$l=20,8$ м	$\psi=0,150$ Вт/(м·°С) таблица Г.40	$3,1/276,6=$ $=0,011$ Вт/(м ² ·°С)	2,0
Тарельчатые дюбели крепления вентфасада	$n=12$ шт/ м ²	$\chi=0,006$ Вт/°С таблица Г.4	$12 \cdot 0,006=$ $0,072$ Вт/(°С·м ²)	13,4
Итого			0,538 Вт/(°С·м ²)	100

Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции по данным таблицы П2.3 равно $R_0^{\text{пр}} = 1/0,538 = 1,858$ м²·°С/Вт $> R_0^{\text{тр}} = 1,69$ м²·°С/Вт. Теплозащитные качества наружных стены соответствуют современным требованиям.

*Приведенное сопротивление теплопередаче покрытия мансарды
реконструированного здания*

В мансардном покрытии площадью 306,4 м² есть окна с периметром откосов 134,4 м:

Состав мансардного покрытия (таблица 2.2):

1. Двойная обшивка (листы гипсокартона) $\rho=1150$ кг/м³; $\delta = 0,025$ м; $\lambda_A = 0,34$ Вт/м·°С.
2. Настил деревянный $\rho=400$ кг/м³; $\delta = 0,04$ м; $\lambda_A = 0,14$ Вт/м·°С;
3. Пароизоляция.
4. Плиты из минеральной ваты $\rho = 90$ кг/м³; $\delta = 0,1$ м; $\lambda_A = 0,041$ Вт/м·°С с шагом 650 мм перерезаны брусом 50х160, $\rho = 500$ кг/м³; $\delta = 0,05$ м; $\lambda_A = 0,18$ Вт/м·°С;
5. Вентилируемая воздушная прослойка 60 мм;
6. Обрешетка деревянная; $\rho=400$ кг/м³; $\delta = 0,04$ м; $\lambda_A = 0,14$ Вт/м·°С;
7. Металлочерепица.

Эквивалентное сопротивление теплопередаче слоя минеральной ваты, перерезанного брусом:

$$R=0,650/[0,05/(0,1/0,18)+0,6/(0,1/0,041)]=1,934 \text{ м}^2\cdot\text{°C} / \text{Вт}.$$

Условное сопротивление теплопередаче конструкции без учета окон:

$$R_o^{ysl} = 1/8,7 + 0,025/0,34 + 0,04/0,14 + 1,934 + 1/10,8 = 2,501 \text{ м}^2\cdot\text{°C} / \text{Вт}.$$

Фактор $U=1/ R_o^{ysl}=1/2,501=0,400 \text{ Вт}/ (\text{м}^2\cdot\text{°C})$.

Дальнейший расчет представлен в таблице П2.4.

Таблица П2-4–Потери теплоты через мансардное покрытие по отдельным его элементам

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Гладь стены	$1 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$1/ R_o^{ysl}=0,40 \text{ Вт}/ (\text{м}^2\cdot\text{°C})$	$0,40 \text{ Вт}/ (\text{м}^2\cdot\text{°C})$	99,5
Откосы	$l=134,4 \text{ м}$	$\psi=0,005 \text{ Вт}/ (\text{м}^2\cdot\text{°C})$ таблица Г.36	$0,672/306,4=0,002 \text{ Вт}/ (\text{°C}\cdot\text{м}^2)$	0,5
Итого			$0,402 \text{ Вт}/ (\text{°C}\cdot\text{м}^2)$	100

Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции по данным таблицы П2.4 равно $R_o^{np} = 1/0,402 = 2,487 \text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт} > R_o^{tr} = 2,29 \text{ м}^2\cdot\text{°C}/\text{Вт}$. Теплозащитные качества мансардного покрытия соответствуют современным требованиям.

*Приведенное сопротивление теплопередаче чердачного перекрытия
реконструированного здания*

Состав чердачного перекрытия (таблица 2.3). В чердачном перекрытии площадью $355,9 \text{ м}^2$ над мансардой есть вентиляционные шахты с периметром 46 м:

1. Двойная обшивка (листы гипсокартона) $\rho=1150 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,025 \text{ м}$; $\lambda_A = 0,29 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$.
2. Настил деревянный $\rho=400 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,04 \text{ м}$; $\lambda_A = 0,14 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;
3. Пароизоляция;
4. Плиты из минеральной ваты $\rho=90 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,07 \text{ м}$; $\lambda_A = 0,041 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;
5. Обрешетка деревянная; $\rho=400 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,04 \text{ м}$; $\lambda_A = 0,14 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;
6. Вентилируемая воздушная прослойка 60 мм (в чердак);
7. Настил деревянный $\rho=400 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,04 \text{ м}$; $\lambda_A = 0,14 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;

Условное сопротивление теплопередаче конструкции без учета шахт:

$$R_o^{\text{усл}} = 1/10,8 + 0,04/0,14 + 0,07/0,041 + 0,04/0,14 + 0,025/0,34 + 1/8,7 = 2,560 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С /Вт}.$$

$$\text{Фактор } U = 1/R_o^{\text{усл}} = 1/2,560 = 0,391 \text{ Вт/ (м}^2\cdot^\circ\text{С)}.$$

Дальнейший расчет представлен в таблице П2.5.

Таблица П2-5–Потери теплоты через чердачное перекрытие по отдельным его элементам

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Гладь стены	$1 \text{ м}^2/\text{м}^2$	$1/R_o^{\text{усл}} = 0,391 \text{ Вт/ (м}^2\cdot^\circ\text{С)}$	$0,391 \text{ Вт/ (м}^2\cdot^\circ\text{С)}$	90,5
Проходка шахт	$l = 49 \text{ м}$	$\psi = 0,3 \text{ Вт/ (м}^\circ\text{С)}$ таблица Г.52	$14,7/355,9 = 0,041 \text{ Вт/ (}^\circ\text{С}\cdot\text{м}^2)$	9,5
Итого			$0,432 \text{ Вт/ (}^\circ\text{С}\cdot\text{м}^2)$	100

Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции по данным таблицы П2.5 равно $R_o^{\text{пр}} = 1/0,432 = 2,320 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С/Вт} > R_o^{\text{тр}} = 2,09 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С/Вт}$. Теплозащитные качества чердачные перекрытие соответствуют современным требованиям.

Приведенное сопротивление теплопередаче перекрытия над неотапливаемым подвалом реконструированного здания

Состав пола 1-го этажа над подвалом (таблица 2.4). В подвале проходят теплоизолированные трубы теплоснабжения, отопления и горячего водоснабжения, поэтому даже в холодный расчетный период в подвале температура воздуха не опускается ниже +5 °С.

1. Линолеум на теплоизолирующей подоснове $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,015 \text{ м}$; $\lambda_A = 0,38 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;
2. Сборная стяжка из ГВЛВ $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,025 \text{ м}$; $\lambda_A = 0,34 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;
3. Полиэтиленовая пленка – 1 слой;
4. Утеплитель – плиты из минеральной ваты $\rho = 160 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,04 \text{ м}$; $\lambda_A = 0,046 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$;
5. Железобетонное перекрытие $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 0,16 \text{ м}$; $\lambda_A = 2,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$.

Условное сопротивление теплопередаче конструкции:

$$R_o^{\text{усл}} = 1/8,7 + 0,015/0,38 + 0,025/0,34 + 0,04/0,046 + 0,16/2,04 + 1/12 = 1,26 \text{ м}^2\text{°С/Вт}.$$

Коэффициент теплотехнической однородности проходов перегородок через утеплитель $r = 0,85$. Приведенное сопротивление теплопередаче конструкции:

$$R_o^{\text{пр}} = 1,26 \cdot 0,85 = 1,071 \text{ м}^2\text{°С/Вт}.$$

Эквивалентное сопротивление теплопередаче перекрытия над отапливаемым до 5 °С подвалом при коэффициенте положения ограждения относительно наружного воздуха $n = (20-5)/(20+13,3) = 0,45$ равно $R_o^{\text{экв}} = 1,071/0,45 = 2,38 \text{ м}^2\text{°С/Вт} > R_o^{\text{мп}} = 2,09 \text{ м}^2\text{°С/Вт}$.

Теплозащитные качества полов соответствуют современным требованиям.

Проверка норм теплоустойчивости для продольной стены домов серий 105 и 464 с вентилируемым фасадом на летние условия

Теплоустойчивость ограждающей конструкции здания должна соответствовать требованиям СНиП РТ 23-02-2009 Тепловая защита зданий; для этого определяют нормируемую амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции $A_{\tau}^{\text{тр}}$, °С, по формуле (ПЗ.1)

$$A_{\tau}^{\text{тр}} = 2,5 - 0,1 \cdot (t_n - 21), \quad (\text{ПЗ.1})$$

где t_n - средняя месячная температура наружного воздуха за июль, °С, принимаемая согласно СНиП РТ 23-01-2007 Строительная климатология

Величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха ν в ограждающей конструкции, состоящей из однородных слоев, рассчитывают по формуле

$$\nu = 0,9 \cdot e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{(S_1 + \alpha_6) \cdot (S_2 + Y_1) \cdot \dots \cdot (S_n + Y_{n-1}) \cdot (\alpha_n + Y_n)}{(S_1 + Y_1) \cdot (S_2 + Y_2) \cdot \dots \cdot (S_n + Y_n) \cdot \alpha_n} \quad (\text{ПЗ.2})$$

где D - тепловая инерция ограждающей конструкции, определяемая по формуле 20 СНиП РТ 23-02-2009 Тепловая защита зданий;

$S_1, S_2, \dots, S_n$ - расчетные коэффициенты теплоусвоения материала отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С), принимаемые по приложению Д или по результатам теплотехнических испытаний;

$Y_1, Y_2, \dots, Y_{i-1}, Y_i$ - коэффициент теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции, Вт/(м²·°С), определяемые согласно формулам 21 и 22 СНиП РТ 23-02-2009 Тепловая защита зданий;

$\alpha_{\text{в}}$ - коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, Вт/(м²·°C);

$\alpha_{\text{н}}$ - коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям, Вт/(м²·°C), определяемый по формуле

$$\alpha_{\text{н}} = 1,16 \cdot (5 + 10\sqrt{v}), \quad (\text{ПЗ.3})$$

где v - минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которых составляет 16% и более, принимаемая согласно СНиП РТ 23-01-2007 Строительная климатология, но не менее 1 м/с.

Величину v для многослойной неоднородной ограждающей конструкции с теплопроводными включениями в виде обрамляющих ребер принимают в соответствии с ГОСТ 26253.

Расчетную амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции $A_{\tau_{\text{в}}}$, °C, рассчитывают по формуле (ПЗ.4).

$$A_{\tau_{\text{в}}} = \frac{A_{t_{\text{н}}}^{\text{расч}}}{\nu}, \quad (\text{ПЗ.4})$$

где $A_{t_{\text{н}}}^{\text{расч}}$ - расчетная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха, °C;

ν - величина затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха $A_{t_{\text{н}}}^{\text{расч}}$, в ограждающей конструкции.

Для определения коэффициентов теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции следует предварительно вычислить тепловую инерцию D каждого слоя.

Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя Y , Вт/(м²·°C), с тепловой инерцией $D \geq I$ следует принимать равным расчетному коэффициенту теплоусвоения S материала этого слоя конструкции по приложению 26 СНиП РТ 23-02-2009 Тепловая защита зданий.

Коэффициент теплоусвоения наружной поверхности слоя Y с тепловой инерцией $D < I$ следует определять расчетом, начиная с первого слоя (считая от внутренней поверхности ограждающей конструкции) следующим образом:

а) для первого слоя - по формуле

$$Y_1 = \frac{R_1 \cdot S_1^2 + \alpha_n}{1 + R_1 \cdot \alpha_n}; \quad (\text{ПЗ.5})$$

б) для i -го слоя - по формуле

где R_1, R_i - термические сопротивления соответственно первого и i -го слоев ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$, определяемые по формуле 5 СНиП РТ 23-02-2009 Тепловая защита зданий;

S_1, S_i - расчетные коэффициенты теплоусвоения материала соответственно первого и i -го слоев, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

α_n - то же, что и в формуле (ПЗ.3);

Y_1, Y_i, Y_{i-1} - коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности соответственно первого, i -го и $(i-1)$ -го слоев ограждающей конструкции, $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Если $A_{\tau_B} \leq A_{\tau}^{\text{тп}}$, то ограждающая конструкция удовлетворяет требованиям норм по теплоустойчивости.

Фасадная плитка вентилируемого фасада полностью затеняет наружную поверхность основной стены. При этом, несмотря на утепленный экран, температура воздуха в воздушной прослойке нагревается по мере прохождения воздуха вверх. Так как это увеличение температуры трудно учесть, при расчете примем его равным 3°C . Скорость воздуха в воздушной прослойке примем равной 1 м/с .

Решение:

1. Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции по летним условиям

$$\alpha_n = 1,16 \cdot (5 + 10\sqrt{v}) = 1,16 \cdot (5 + 10\sqrt{1}) = 17,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

2. Определяем нормируемую амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции

$$A_{\tau}^{\text{тр}} = 2,5 - 0,1 \cdot (t_n - 21) = 2,5 - 0,1 \cdot (28,6 - 21) = 1,74 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

3. Расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха $A_{t_n}^{\text{расч}}$, $^\circ\text{C}$, увеличиваем на 3 $^\circ\text{C}$ за счет нагрева от утепленного экрана вентфасада:

$$A_{t_n}^{\text{расч}} = 23,8/2 + 3 = 14,9 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

4. Тепловая инерция: $D_1 < 1$; $D_2 > 1$; $D_3 < 1$;

$$D_1 = R_1 \cdot S_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} \cdot S_1 = \frac{0,01}{0,76} \cdot 9,6 = 0,13;$$

$$D_2 = R_2 \cdot S_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} \cdot S_2 = \frac{0,3}{0,22} \cdot 3,36 = 4,58;$$

$$D_3 = R_3 \cdot S_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} \cdot S_3 = \frac{0,05}{0,041} \cdot 0,53 = 0,65;$$

$$\Sigma D = D_1 + D_2 + D_3 = 0,13 + 4,58 + 0,65 = 5,36.$$

6. Коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции:

$$Y_1 = \frac{R_1 \cdot S_1^2 + \alpha_n}{1 + R_1 \cdot \alpha_n} = \frac{0,013 \cdot 9,6^2 + 8,7}{1 + 0,013 \cdot 8,7} = 9 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

$$Y_2 = S_2 = 3,36 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

$$Y_3 = \frac{R_3 \cdot S_3^2 + Y_2}{1 + R_3 \cdot Y_2} = \frac{1,22 \cdot 0,53^2 + 3,36}{1 + 1,22 \cdot 3,36} = 0,73 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

7. Величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции, состоящей из однородных слоев, рассчитывают по формуле:

$$\nu = 0,9 \cdot e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{(S_1 + \alpha_{\epsilon}) \cdot (S_2 + Y_1) \cdot \dots \cdot (S_n + Y_{n-1}) \cdot (\alpha_n + Y_n)}{(S_1 + Y_1) \cdot (S_2 + Y_2) \cdot \dots \cdot (S_n + Y_n) \cdot \alpha_n} =$$

$$= 0,9 \cdot e^{\frac{5,49}{\sqrt{2}}} \cdot \left[\frac{(9,6 + 8,7) \cdot (3,36 + 9) \cdot (0,53 + 3,36) \cdot (17,4 + 0,73)}{(9,6 + 9) \cdot (3,36 + 3,36) \cdot (0,53 + 0,73) \cdot 17,4} \right] = 256.$$

8. Амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции A_{τ_B} , °C

$$A_{\tau_B} = \frac{14,9}{256} = 0,058 \text{ °C} < 1,74 \text{ °C} \quad A_{\tau_B} \leq A_{\tau}^{\text{TP}}$$

Рассматриваемая конструкция имеет теплоустойчивость, удовлетворяющую требованиям СНиП по летним условиям.

*Расчет покрытия мансарды с вентилируемым фасадом на летние условия
(таблица 2.2)*

Решение:

1. Расчетную амплитуду колебаний температуры наружного воздуха $A_{t_n}^{\text{расч}}$, °C, рассчитываем по формуле:

$$A_{t_n}^{\text{расч}} = 23,8/2 + 3 = 14,9 \text{ °C}.$$

2. Тепловая инерция: $D_1 < I$; $D_2 > I$; $D_3 > I$;

$$D_1 = R_1 \cdot S_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} \cdot S_1 = \frac{0,025}{0,34} \cdot 5,12 = 0,38;$$

$$D_2 = R_2 \cdot S_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} \cdot S_2 = \frac{0,04}{0,14} \cdot 3,87 = 1,11;$$

$$D_3 = R_3 \cdot S_3 = \frac{\delta_3}{\lambda_3} \cdot S_3 = \frac{0,1}{0,041} \cdot 0,53 = 1,29;$$

$$\Sigma D = D_1 + D_2 + D_3 = 0,38 + 1,11 + 1,29 = 2,78.$$

3. Коэффициенты теплоусвоения наружной поверхности отдельных слоев ограждающей конструкции:

$$Y_1 = \frac{R_1 \cdot S_1^2 + \alpha_n}{1 + R_1 \cdot \alpha_n} = \frac{0,074 \cdot 5,12^2 + 8,7}{1 + 0,074 \cdot 8,7} = 6,49 \text{ Bm} / (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

$$Y_2 = S_2 = 3,87 \text{ Bm} / (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C});$$

$$Y_3 = S_3 = 0,53 \text{ Bm} / (\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

4. Величину затухания расчетной амплитуды колебаний температуры наружного воздуха в ограждающей конструкции, состоящей из однородных слоев, рассчитывают по формуле:

$$\nu = 0,9 \cdot e^{\frac{D}{\sqrt{2}}} \cdot \frac{(S_1 + \alpha_n) \cdot (S_2 + Y_1) \cdot \dots \cdot (S_n + Y_{n-1}) \cdot (\alpha_n + Y_n)}{(S_1 + Y_1) \cdot (S_2 + Y_2) \cdot \dots \cdot (S_n + Y_n) \cdot \alpha_n} =$$

$$= 0,9 \cdot e^{\frac{2,78}{\sqrt{2}}} \cdot \left[\frac{(5,12 + 8,7) \cdot (3,87 + 6,49) \cdot (0,53 + 3,87) \cdot (17,4 + 0,53)}{(5,12 + 6,49) \cdot (3,87 + 3,87) \cdot (0,53 + 0,53) \cdot 17,4} \right] = 44,01.$$

5. Амплитуду колебаний температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции A_{τ_B} , $^\circ\text{C}$

$$A_{\tau_B} = \frac{14,9}{44,01} = 0,34 \text{ } ^\circ\text{C} < 1,74 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad A_{\tau}^{des} \leq A_{\tau}^{req}$$

Рассматриваемая конструкция имеет теплоустойчивость, удовлетворяющую требованиям СНиП по летним условиям.

Расчет амплитуды колебаний температуры помещения

Ниже выполнен расчет амплитуды колебаний температуры помещений реконструируемого здания 30 - квартирного жилого дома серии 464 ТТЖ-1-464. В качестве расчетного помещения принимаем наименьшее рядовое. Такое помещение имеет меньшую внутреннюю теплоустойчивость по сравнению с угловым, поэтому в нем может быть большая амплитуда колебаний температуры помещения при равных колебаниях теплопоступлений. Помещение имеет следующие размеры: 3,2х6 м в плане при высоте этажа 3 м. Окно в помещении имеет размеры 1,6х2,1 м. Таким образом площадь наружной стены $3,2 \times 3 - 1,6 \times 2,1 = 6,24 \text{ м}^2$. Площадь перегородок $(3,2 + 2 \times 6) \times 3 = 45,6 \text{ м}^2$. Площадь пола и потолка равна $3,2 \times 6 = 19,2 \text{ м}^2$.

Здание находится в городе Худжанд, расположенном на географической широте 40 град 28 мин с.ш. Суммарная солнечная радиация на вертикальную поверхность, ориентированную на запад

- среднее суточное количество 169 Вт/м^2 ,
- максимальная интенсивность в 16 часов составляет (прямая + рассеянная) $561 + 179 = 740 \text{ Вт/м}^2$.

Амплитуда солнечной радиации составляет $A_q = 740 - 169 = 571 \text{ Вт/м}^2$. Максимальная амплитуда колебаний температуры наружного воздуха равна половине полного суточного размаха: $A_{t_n}^{\text{расч}} = 23,8 / 2 = 11,9 \text{ }^\circ\text{C}$.

Расчетная скорость ветра летом – минимальная из средних скоростей ветра по румбам за июль, повторяемость которой составляет 16% и более, равна 0 м/с, но согласно СНиП РТ 23-01-2007 Строительная климатология [92] принимается равной 1 м/с.

1. Расчет амплитуды колебания теплопоступлений через окно

Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности окна по летним условиям $\alpha_n = 1,16 \cdot (5 + 10\sqrt{v}) = 1,16 \cdot (5 + 10\sqrt{1}) = 17,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$.

Условная температура наружной среды для окна рассчитывается при условии, что максимумы солнечной радиации и температуры наружного воздуха наблюдаются с разбежкой во времени в 1 час. Поэтому амплитуды колебаний температуры можно складывать без учета несовпадения во времени:

$$A_{t_{\text{усл}}} = 11,9 + \frac{571 \cdot 0,4}{17,4} = 25,0 \text{ } ^\circ\text{С}.$$

Окна приняты со стеклопакетами с низким коэффициентом пропускания солнечной теплоты - SHGC (Solar Heat Gain Coefficient). Одно стекло оконное листовое, второе стекло с низкоэмиссионным покрытием. Коэффициент теплопропускания прозрачной части окна – $\tau_l = 0,54$. Переплеты деревянные одинарные. Коэффициент, учитывающий затенение переплетами светопроема – $\tau_2 = 0,8$. Сопротивление теплопередаче окна $R = 0,54 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{С}/\text{Вт}$. Коэффициент поглощения теплоты солнечной радиации наружной поверхностью стекла 0,4. Коэффициент пропускания солнечной радиации маркизой 0,15.

Амплитуда колебаний теплового потока солнечной радиации, прошедшей через прозрачную часть окна и от нагревания окна:

$$A_Q = 1,6 \times 2,1 (571 \cdot 0,54 \cdot 0,8 \cdot 0,15 + 25,0 / 0,54) = 279,9 \text{ Вт}.$$

2. Определение показателя теплоусвоения жилой комнаты

В отличие от расчетов коэффициентов теплоусвоения на наружных поверхностях слоев ограждающих конструкций для расчета затухания тепловой волны, при расчете показателя теплоусвоения помещения следует определять коэффициенты теплоусвоения на внутренних поверхностях ограждений. Нумерацию слоев оставим такой же, как в Приложении 3: начиная с внутреннего слоя.

Для наружной стены (см. Приложение 3). Коэффициенты теплоусвоения внутренней поверхности ограждающей конструкции следует начать со 2-го ячеистобетонного слоя, т.к. его массивность $D > 1$:

$$Y_2 = S_2 = 3,36 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С});$$

$$Y_1 = \frac{R_1 \cdot S_1^2 + S_2}{1 + R_1 \cdot S_2} = \frac{0,013 \cdot 9,6^2 + 3,36}{1 + 0,013 \cdot 3,36} = 4,37 \text{ Вт/(м}^2\text{·°C)}.$$

Для внутренних стен, состоящих из керамзитобетонных панелей толщиной 120 мм, плотностью 1000 кг/м³, теплопроводностью $\lambda_a=0,33$ Вт/(м·°C), коэффициентом теплоусвоения $S=4,87$ Вт/(м²·°C). Так как половина толщины перегородки имеет массивность $D < 1$, то

$$Y_{\text{пер}} = (R/2) \cdot S^2 = (0,12/2) \cdot 4,87^2 = 1,42 \text{ Вт/(м}^2\text{·°C)}.$$

Для потолка, обращенного к помещению железобетонной плитой толщиной 160 мм, плотностью 2500 кг/м³, теплопроводностью $\lambda_a=1,92$ Вт/(м·°C), коэффициентом теплоусвоения $S=17,98$ Вт/(м²·°C). Так как железобетонная плита имеет массивность $D > 1$, то

$$Y_{\text{пт}} = S_{\text{ж/б}} = 17,98 \text{ Вт/(м}^2\text{·°C)}.$$

Для пола, обращенного в помещение слоем линолеума (таблица 2.3) расчет коэффициента теплоусвоения следует начать со слоя железобетонной плиты, для которого массивность $D > 1$. $Y_{\text{пт5}} = S_{\text{ж/б}} = 17,98 \text{ Вт/(м}^2\text{·°C)}.$

Для внутренней поверхности слоя утеплителя:

$$Y_4 = \frac{R_4 \cdot S_4^2 + S_5}{1 + R_4 \cdot S_5} = \frac{0,870 \cdot 0,74^2 + 17,98}{1 + 0,87 \cdot 17,98} = 1,11 \text{ Вт/(м}^2\text{·°C)}.$$

Слой 3 – полиэтиленовая пленка – не учитываем.

Для внутренней поверхности сборной стяжки из ГВЛВ

$$Y_2 = \frac{R_2 \cdot S_2^2 + S_4}{1 + R_2 \cdot S_4} = \frac{0,073 \cdot 5,12^2 + 1,11}{1 + 0,073 \cdot 1,11} = 2,80 \text{ Вт/(м}^2\text{·°C)}.$$

Для внутреннего слоя линолеума

$$Y_1 = \frac{R_1 \cdot S_1^2 + S_2}{1 + R_1 \cdot S_2} = \frac{0,039 \cdot 7,52^2 + 2,80}{1 + 0,039 \cdot 2,80} = 4,51 \text{ Вт/(м}^2\text{·°C)}.$$

Для окна, коэффициент теплоусвоения внутренней поверхности равен:

$$Y_{\text{ок}} = 1/(R_{\text{ок}} - 1/\alpha_v) = 1/(0,54 - 1/8,7) = 2,35 \text{ Вт/(м}^2\text{·°C)}.$$

Показатель теплопоглощения помещения определяется по формуле:

$$Y_{\text{п}} = \sum Y_i A_i = 6,24 \cdot 4,37 + 45,6 \cdot 1,42 + 19,2 \cdot 17,98 + 19,2 \cdot 4,51 + 3,36 \cdot 2,35 = 531,5 \text{ Вт/°C}.$$

Амплитуда колебаний температуры помещения:

$$A_t = A_Q / U_{\pi} = 279,9 / 531,5 = 0,53 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Таким образом, амплитуда колебаний температуры помещения меньше допускаемой $A_t = 1,41 < 2,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Если бы не было солнцезащиты и стекла с низкоэмиссионным покрытием в окне, то $A_Q = 1,6 \times 2,1 (571 \cdot 0,76 \cdot 0,8 + 25,0 / 0,54) = 1322 \text{ Вт}$.

$$A_t = A_Q / U_{\pi} = 1322 / 531,5 = 2,49 \text{ }^{\circ}\text{C} < 2,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Из расчета следует, что в больших помещениях (в данном случае глубиной 6 м), имеющих вследствие этого большую теплоустойчивость, амплитуда температуры помещения может находиться в пределах нормируемой величины даже в случае отсутствия солнцезащиты и с обычными стеклами в окнах.

Поэтому следует проверить помещение с двумя окнами, в котором большие тепlopоступления. В этом помещении (рисунок 3.3) площадь наружных стен $(3+5,8) \times 3 - 3,36 \times 2 = 13,68 \text{ м}^2$. Площадь окон равна $3,36 \times 2 = 6,72 \text{ м}^2$. Площадь перегородок $56,4 \text{ м}^2$, площадь пола и потолка $33,4 \text{ м}^2$.

Показатель тепlopоглощения помещения определяется по формуле:

$$U_{\pi} = \sum U_i A_i = 13,68 \cdot 4,37 + 56,4 \cdot 1,42 + 33,4 \cdot 17,98 + 33,4 \cdot 4,5 + 6,72 \cdot 2,35 = 906,4 \text{ Вт/}^{\circ}\text{C}.$$

Амплитуда колебаний теплового потока солнечной радиации, прошедшей через прозрачную часть окна и от нагревания окна при наличии солнцезащиты и мягкого селективного покрытия на стекле окна:

$$A_Q = 6,72 (571 \cdot 0,54 \cdot 0,8 \cdot 0,15 + 25,0 / 0,54) = 476,8 \text{ Вт}.$$

$$A_t = A_Q / U_{\pi} = 476,8 / 906,4 = 0,53 \text{ }^{\circ}\text{C} < 2,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Если бы не было солнцезащиты и стекла с низкоэмиссионным покрытием в окне, то $A_Q = 6,72 (571 \cdot 0,76 \cdot 0,8 + 25,0 / 0,54) = 2644 \text{ Вт}$.

$$A_t = A_Q / U_{\pi} = 2644 / 906,4 = 2,92 \text{ }^{\circ}\text{C} > 2,5 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Расчет показал, что при наличии двух окон, не оснащенных солнцезащитой и с обычным оконным стеклом в окнах, даже в больших помещениях не удастся выдержать амплитуду температуры помещения в пределах $2,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, то есть с суточным размахом температуры в $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Далее в таблице П4-1 приведены результаты расчетов амплитуды колебаний температуры помещений меньшей глубины и при наличии или отсутствии мероприятий по солнцезащите.

Из таблицы П4-1 следует, что с уменьшением глубины помещения (графа 3), то есть его размера, падает показатель теплоусвоения помещения (графа 6), и при одинаковых условиях по солнцезащите амплитуда колебаний температуры помещения возрастает. Например, при отсутствии солнцезащиты амплитуда возросла от 2,49 °С при глубине помещения 6 м до 4,55 °С при глубине помещения 3 м.

Кроме того, только в помещении глубиной 6 м внутренней теплоустойчивости достаточно, чтобы сохранять амплитуду колебаний температуры помещения не выше предлагаемой величины 2,5 °С без устройства солнцезащиты и не выше 1,5 °С без стационарной наружной солнцезащиты, а только с внутренней светлой шторой.

Из представленной таблицы П4-1 видно, что жесткое требование иметь в жилье обязательную наружную стационарную солнцезащиту с коэффициентом пропускания солнечной радиации 0,2 удовлетворяется при ограничении амплитуды колебаний температуры помещения величиной 1,5 °С при глубине помещения не менее 4 м. В более глубоких помещениях для достижения той же величины амплитуды достаточно светлой внутренней шторы.

Если же ориентироваться на величину амплитуды температуры помещения 2,5 °С, то стационарную солнцезащиту обязательно устраивать при глубине помещения менее 3 м.

Таблица П4-1 – Амплитуда колебаний температуры помещения при различных вариантах солнцезащиты

№ п/п	Вариант солнцезащиты*	Глубина помещения, м	Площадь перегородок м ²	Площадь пола (потолка), м ²	Показатель теплопоглощения помещения, Вт/°С	Коэффициент пропускания солнечной радиации стеклопакетом	Коэффициент пропускания солнечной радиации солнцезащитой	Амплитуда теплового потока, Вт	Амплитуда температуры помещения, °С
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	маркиза+ покрытие	6	45,6	19,2	531,5	0,54	0,15	279,9	0,53
2	маркиза+ стекло	6	45,6	19,2	531,5	0,76	0,15	330,5	0,62
3	светлая внутр. штора	6	45,6	19,2	531,5	0,76	0,4	622,2	1,17
4	светлые внутр. жалюзи	6	45,6	19,2	531,5	0,76	0,6	855,4	1,61
5	селективн. покрытие	6	45,6	19,2	531,5	0,54	1	984,4	1,85
6	обычное стекло	6	45,6	19,2	531,5	0,76	1	1322	2,49
7	маркиза+ покрытие	5	39,6	16	451,1	0,54	0,15	279,9	0,62
8	маркиза+ стекло	5	39,6	16	451,1	0,76	0,15	330,5	0,89
9	светлая внутр. штора	5	39,6	16	451,1	0,76	0,4	622,2	1,38
10	светлые внутр. жалюзи	5	39,6	16	451,1	0,76	0,6	855,4	1,90
11	селективн. покрытие	5	39,6	16	451,1	0,54	1	984,4	2,18
12	обычное стекло	5	39,6	16	451,1	0,76	1	1322	2,93
13	маркиза+покрытие	4	33,6	12,8	370,6	0,54	0,15	279,9	0,76
14	маркиза+ стекло	4	33,6	12,8	370,6	0,76	0,15	330,5	0,89
15	светлая внутр. штора	4	33,6	12,8	370,6	0,76	0,4	622,2	1,69
16	светлые внутр. жалюзи	4	33,6	12,8	370,6	0,76	0,6	855,4	2,31
17	селективн. покрытие	4	33,6	12,8	370,6	0,54	1	984,4	2,66
18	обычное стекло	4	33,6	12,8	370,6	0,76	1	1322	3,57

(продолжение таблицы)

19	маркиза+покрытие	3	27,6	9,6	290,2	0,54	0,15	279,9	0,96
20	маркиза+ стекло	3	27,6	9,6	290,2	0,76	0,15	330,5	1,14
21	светлая внутр. штора	3	27,6	9,6	290,2	0,76	0,4	622,2	2,14
22	светлые внутр. жалюзи	3	27,6	9,6	290,2	0,76	0,6	855,4	2,95
23	селективн. покрытие	3	27,6	9,6	290,2	0,54	1	984,4	3,39
24	обычное стекло	3	27,6	9,6	290,2	0,76	1	1322	4,55

*В графе 2 приняты следующие обозначения: «покрытие» – применено 1 стекло с низкоэмиссионным покрытием; стекло – принято окно с обычным стеклом; «селективн. покрытие» - применено одно стекло с низкоэмиссионным покрытием.



**КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА ПРИ
ПРАВИТЕЛЬСТВЕ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН**

**ДОЧЕРНЕЕ ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ «ЛОИХАКАШ» в городе Худжанде**

735700 г. Худжанд, проспект Р. Набиева 39 Тел. 4-33-52, 92-707-76-50

№ 17 от « 31 » 10 2014 г.

**Акт
о внедрении результатов научно-исследовательской работы
Усмонова Ш.З.**

Предложения соискателя Усмонова Шухрата Зауровича по итогам проведенных им исследований по энергосбережению и разработанным объемно-планировочным решениям зданий на основе существующих панельных домов, с учетом проведения в них реконструкции, являются очень актуальными.

Учитывая вышеизложенное, все предложения по энергосбережению в строительном комплексе города Худжанда были одобрены исполнительным органом власти.

При проведении реконструкции и модернизации 5-ти этажных крупнопанельных жилых домов серии 105 и 464 расположенных в 12 и 34 мкр. г. Худжанда использованы конструктивные и объемно-планировочные решения разработанные соискателем Усмоновым Ш. З.

Директор ДП ГУП «Лоихакаш»
в г. Худжанде



Хайдаров О.



**ВАЗОРАТИ МАОРИФ ВА ИЛМИ ҶУМҲУРИИ ТОҶИКИСТОН
ДОНИШКАДАИ ПОЛИТЕХНИКИИ ДОНИШГОҶИ ТЕХНИКИИ
ТОҶИКИСТОН**

ба номи академик М.С. Осимӣ

735700 Ҷумҳурии Тоҷикистон, ш. Хучанд, кӯчаи Ленин 226

тел.: (+992 3422) 60454, факс: (9923422)60454

e-mail: director@kbtut.tj www.kbtut.tj

Сод. № 524

аз «01» 09 с. 2016

Настоящим удостоверяю, что результаты диссертационной работы соискателя Ш.З. Усмонова «Учет климатических и демографических условий Таджикистана при реконструкции жилых зданий для повышения их энергетических показателей» применяется в учебном процессе Худжандского политехнического института Таджикского технического университета имени академика М. С. Осими для студентов, обучающихся по магистерской программе «Возобновляемые источники энергии и энергоэффективность в зданиях»:

– в составе дисциплины «Реконструкция зданий в целях экономии энергии»: 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;

– в составе дисциплины «Основы проектирования энергоэффективных зданий»: расчетные значения температуры внутреннего воздуха жилых помещений в отопительный зимний период и охлаждения летом, расчетная продолжительность периода охлаждения зданий в пять месяцев, а также зоны оптимальных и допустимых сочетаний температуры и относительной влажности воздуха, обеспечивающие комфортное проживание в условиях сухого жаркого климата.

Директор Худжандского политехнического
института Таджикского технического
университета имени академика М. С. Осими




к.т.н. Сангинова Д. А.