

ПРООН/ГЭФ
Проект №00077154

Повышения энергетической эффективности
жилых зданий в Республике Беларусь

**Анализ опыта строительства
энергоэффективных жилых многоэтажных зданий**

Исполнитель,
Эксперт по вопросам
теплоснабжения зданий

Пилипенко В.М.

Минск
ноябрь 2014 г.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1 ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МАССОВОМ ЭНЕРГО-ЭФФЕКТИВНОМ ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	5
2 ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ МАССОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.....	9
3 ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ МАССОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.....	13
4 РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	30
Список используемой литературы.....	32

ВВЕДЕНИЕ

Жилищный сектор Республики Беларусь потребляет более 35 % суммарных энергоресурсов страны – это более 12,5 млн. тонн условного топлива

В последние годы промышленно развитые страны приняли радикальные меры по повышению энергоэффективности жилых зданий, включая строительство энергоэффективных жилых домов и повышение сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций зданий, комплексную реконструкцию эксплуатируемого жилого фонда и пр. Особенно активно в этом направлении работают Скандинавские страны, ФРГ, страны Балтии, Польша, близкие по климатическим условиям с Республикой Беларусь.

В Республике Беларусь, в последнее десятилетие, также активно велись работы по переводу отрасли на строительство энергоэффективного жилья.

По заданию Минстройархитектуры Государственным предприятием «Институт жилища – НИПТИСим. Атаева С.С.» выполнен комплекс исследований и впервые в странах СНГ разработан проект экспериментального энергоэффективного жилого дома. Дом построен ОАО «МАПИД» в микрорайоне Красный Бор-1 г. Минска и сдан в эксплуатацию в 2007 году.

В энергоэффективном здании реализован принцип неоднородного утепления наружных стен. Сопротивление их теплопередаче спроектировано таким образом, чтобы уровень теплотерь квартир, расположенных в различных частях здания (торец, верхний этаж, середина часть здания), были уравнены.

В здании впервые использован подход, при котором учитывались суммарные затраты за весь жизненный цикл здания (проектирование, строительство, эксплуатация, снос), который позволяет оптимизировать эксплуатационные и потребительские качества жилых домов.

По результатам мониторинга эксплуатации экспериментального энергоэффективного жилого дома, Министерством архитектуры и строительства Республики Беларусь разработана и реализуется «Отраслевая научно-техническая программа по переходу на массовое строительство энергоэффективных жилых домов на 2009-2010 годы и на перспективу до 2020 года», в которой предусмотрен комплекс мероприятий по созданию проектов энергоэффективных зданий в различных конструктивных системах, освоению необходимых материалов и систем жизнеобеспечения.

В рамках реализации Комплексной программы запланировано решение ряда научно-технических задач:

- совершенствование нормативно-технической базы;
- разработка типовых технических решений систем жизнеобеспечения и освоение производства систем жизнеобеспечения;
- разработка методики проектирования энергоэффективных жилых домов;
- проведение мониторинга при строительстве и эксплуатации энергоэффективных жилых домов и пр.

Предусматривается освоение новых технологий и подготовка производственной базы для выпуска современных конструкций, материалов, изделий и инженерного оборудования.

При создании и освоении нового поколения систем жизнеобеспечения энергоэффективных жилых домов намечено применение таких технических решений, которые позволяют:

- утилизировать тепло удаляемого из помещений системой вентиляции воздуха;
- утилизировать тепловую энергию сточных вод;
- использовать возобновляемые источники энергии;
- применять автоматизированные системы управления энергообеспечением и энергопотреблением.

В развитие тематики энергоэффективного жилищного строительства в республике активно ведутся исследования по использованию возобновляемых источников энергии для энергоснабжения зданий: тепловой энергии бытовых стоков, солнечной энергии, энергии грунта и пр.

1 ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МАССОВОМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОМ ЖИЛИЩНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

До настоящего времени одним из решающих факторов при выборе конструкции и инженерного оборудования проектируемого здания являлась стоимость проектирования и строительства. В то же время для конечного потребителя строительной продукции, владельца построенного здания и арендаторов помещений не менее важным является стоимость затрат на эксплуатацию. Поэтому при выборе строительного проекта важно минимизировать стоимостные показатели на всех этапах жизненного цикла здания: проектирования, строительства, эксплуатации и сноса.

Значительные эксплуатационные расходы тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение здания, а также стоимость электрической энергии, использованной для освещения и обеспечения бытовой техники, включая бытовые кондиционеры.

Бытовая техника, осветительные приборы и кондиционеры, как правило, выбираются и покупаются уже после сдачи здания в эксплуатацию. Поэтому эта часть затрат, связанная с потреблением электрической энергии не может быть рассмотрена на стадии выбора проекта. В то же время, стоимость систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения, освещения, электропривода систем жизнеобеспечения здания входят в стоимость строительства и они же определяют основные затраты на стадии эксплуатации здания.

Энергоэффективное здание – развивающаяся энергетическая система с оптимальным для существующих технико-экономических условий уровнем потребления тепловой энергии и возможностью подключения энергоэффективных модулей.

Это развивающееся с точки зрения уровня потребления энергии здание, энергетические характеристики которого изменяются по мере развития энергоэффективных технологий, оставаясь оптимальными по соотношению затрат с получаемой экономией энергии все время жизненного цикла здания после его строительства.

В настоящее время в республике реализуются следующие технические решения, обеспечивающие снижение потребления тепловой энергии при эксплуатации зданий:

- снижение потерь тепловой энергии через ограждающие конструкции зданий за счет оптимизации архитектурных решений, минимизирующих площадь ограждающих конструкций, при сохранении строительного объема здания;
- снижение потерь тепловой энергии через непрозрачные ограждающие конструкции здания, увеличивая тепловое сопротивление теплопередачи;
- снижение потерь тепловой энергии в системе вентиляции, используя системы управляемой приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением и рекуперацией тепла вентиляционных выбросов;
- снижение затрат тепловой энергии на горячее водоснабжение, используя системы утилизации тепла сточных вод;
- снижение затрат тепловой энергии, получаемой сжиганием ископаемого топлива, на отопление и горячее водоснабжение, используя возобновляемые источники энергии (энергию грунта, солнца).

При проектировании и строительстве энергоэффективных зданий в Республике Беларусь учитывается тот факт, что совместное использование нескольких мероприятий, повышающих энергоэффективность зданий, обладает кумулятивным эффектом: совместное использование дает результат, превышающий сумму результатов, полученных от независимого использования каждого из них. Снижение потребления энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение уменьшает одновременно потери энергии при ее транспортировке до здания, а также снижает требования к мощности источника энергии. Наличие системы утилизации сточных вод при одновременном использовании солнечных коллекторов уменьшает их необходимое количество. Высокая степень утепления ограждающих конструкций и использование систем приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла вентиляционных выбросов повышает энергоэффективность зданий и одновременно – степень комфорта проживания в нем.

В предшествующий период задача повышения энергоэффективности жилых зданий решалась в основном за счет повышения сопротивления теплопередаче их ограждающих конструкций.

При современных нормативах наиболее перспективный путь к снижению затрат тепловой энергии на отопление – уменьшение потерь теплоты с воздухообменом зданий, на который приходится более 60% теплопотерь. К этому следует добавить, что ограждающие конструкции современных зданий обладают малой воздухопроницаемостью, что при естественной системе вентиляции приводит к определенным проблемам при эксплуатации современных зданий:

- низкое качество воздуха;

- холодные сквозняки при проветривании;
- высокая влажность;
- в сочетании с наличием мостиков холода в наружных ограждающих конструкциях – конденсация влаги на наружных ограждениях, что в отдельных случаях приводит к появлению плесени, грибков, отставанию от стен обоев и пр.

Задача экономии энергии не может решаться «любой ценой», а должна быть экономически оправданной. При этом следует различать задачи, решаемые при выполнении экспериментальных проектов, когда важно определить направление развития энергосберегающих технологий, и при подготовке новых нормативных документов, определяющих развитие строительной отрасли на несколько лет и массовое строительство жилья. Во втором случае определяющим фактором при выборе энергосберегающих решений является их экономическая целесообразность.

С учетом требований массового жилищного строительства энергоэффективное здание необходимо рассматривать как открытую энергетическую систему с оптимальным для существующих технико-экономических условий уровнем потребления тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение и интерфейсом для подключения энергоэффективных модулей.

Такое определение энергоэффективного здания открывает возможность их массового строительства, используя в каждом конкретном случае экономически оправданные решения.

На рис.1.1 представлены составляющие теплового баланса зданий современной постройки (первый столбец) и энергоэффективных зданий трех поколений: соответствующие современным возможностям строительства (строящиеся в рамках программы энергоэффективного строительства в Республике Беларусь), а так же прогнозные показатели для энергоэффективных зданий 2015 – 2020 гг. и 2020 – 2030 гг. постройки. Средние затраты тепла на отопление и по прогнозу затраты на отопление и горячее водоснабжение снизятся для энергоэффективных зданий от 67 кВтч/м^2 в год до 12 кВтч/м^2 в год для энергоэффективных зданий 2020 – 2030 гг. строительства. Прогноз строился на предположении, что с течением времени изменяются как составляющие теплового баланса жилых зданий, так и экономически оправданные энергоэффективные технические средства для снижения тепловых потерь.

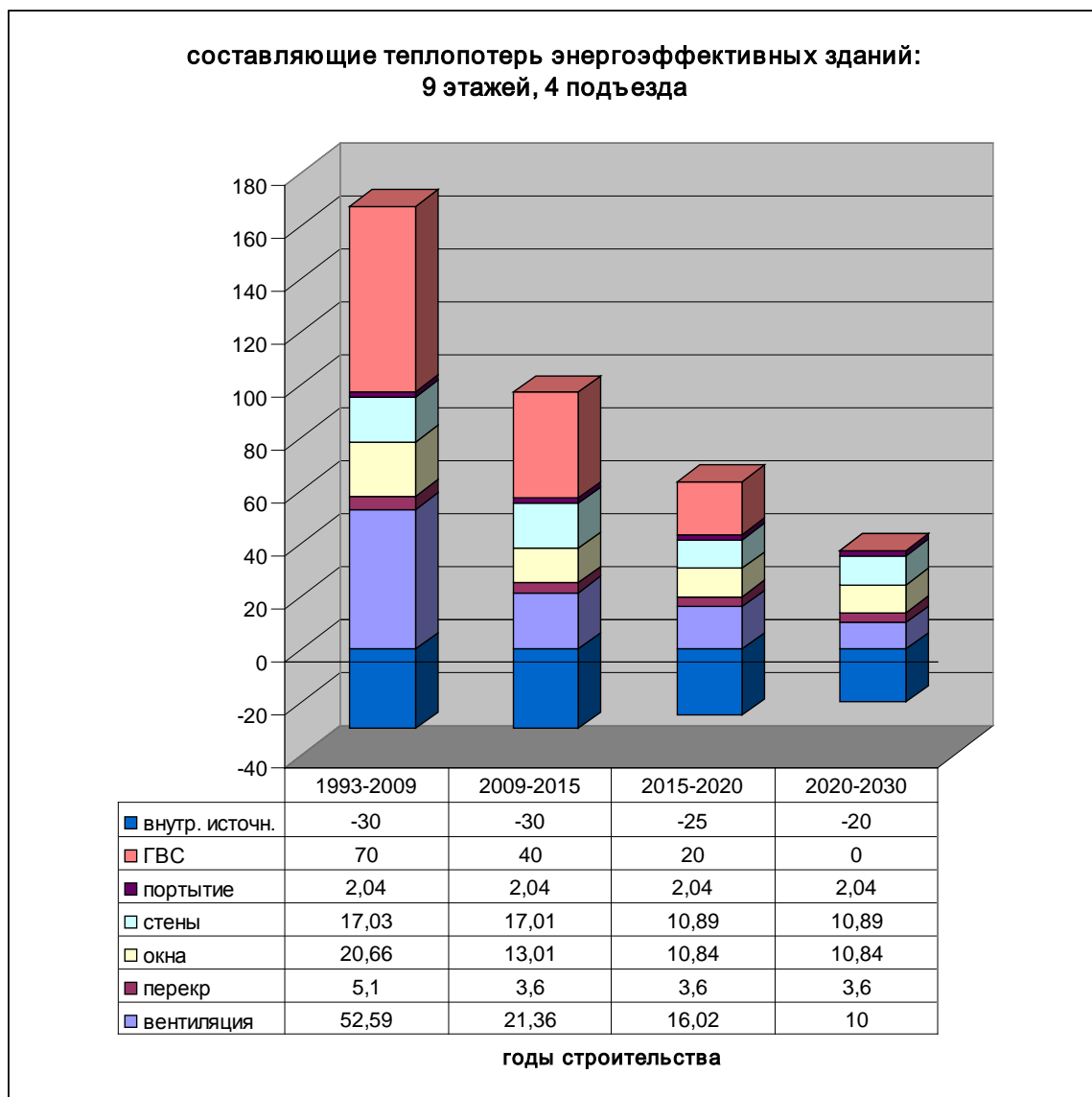


Рис.1.1 – Составляющие теплового баланса энергоэффективных зданий в развитии.

Дальнейшее развитие практики строительства энергоэффективного жилья требует также соответствующего нормативного правового обеспечения, разработки новых и внесения изменений в действующие нормативные технические акты, регламентирующие вопросы проектирования и строительства энергоэффективных жилых зданий.

2 ХАРАКТЕРИСТИКИ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ МАССОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА.

Современные тенденции в области энерго- и ресурсосбережения, создание комфортной среды обитания требуют постоянного совершенствования конструктивных решений зданий, разработки современных организационно-технических направлений развития строительной отрасли, базирующихся на прогрессивных достижениях строительной науки и техники, внедрении в производство современных эффективных материалов, энергосберегающего оборудования и технологий.

Новые требования предъявляются и к современному жилью - это целый спектр потребительских качеств, обеспечить которые необходимо в процессе проектирования, строительства и последующей его эксплуатации, это:

- приемлемая для данного периода социально экономического развития общества цена, позволяющая основной массе, нуждающихся строить собственные квартиры, используя собственные доходы и различные формы государственной поддержки;

- ресурс- и энергосбережение на всех стадиях жизненного цикла жилья, оснащённость современными экономичными системами жизнеобеспечения, создающими комфортные условия проживания граждан;

- продолжительный срок службы (более 150 - 200 лет) и низкие эксплуатационные затраты;

- ремонтпригодность и возможность модернизации жилых домов в будущих периодах с учетом новых потребительских качеств;

- архитектурная выразительность;

- соответствие требованиям санитарных норм и пр.

Современный этап жилищного строительства характеризуется необходимостью удовлетворения потребностей населения в объемно-планировочных решениях квартир, реализации в жилищном строительстве принципа «квартира под заказ», когда потенциальному жильцу предоставляется возможность на этапах проектирования, строительства и окончательной отделки квартиры реализовывать свои пожелания в части её потребительских качеств.

Важнейшим показателем качества современного жилища является его энергоэффективность. Энергоэффективность жилищного фонда в значительной степени влияет и на экологию среды обитания человека, а рациональное использо-

вание энергоресурсов, которыми располагает страна и в конечном итоге определяет уровень развития экономики государства.

Современное жилье требует разработки новых принципов, и нового поколения систем жизнеобеспечения. О такой необходимости свидетельствуют и данные комплексных обследований жилых зданий современной постройки и зданий после тепловой модернизации. Герметичные окна в квартирах не позволяют обеспечить нормативный воздухообмен в квартирах, при этом увеличивается до 70 - 80% относительная влажность воздуха, возрастает концентрация углекислого газа и др. вредных веществ. Этот пример наглядно свидетельствует о том, что современное жилье требует совершенно иных технических решений систем вентиляции жилых зданий, которые должны не только обеспечивать необходимый уровень воздухообмена, но и качество воздушной среды.

В стратегии жилищного строительства до настоящего времени не реализовывались технические решения, обеспечивающие рациональное ^ использование энергоресурсов.

Отечественная и зарубежная практика свидетельствуют, что энергосберегающие инженерные системы в комплексе с эффективными конструктивными системами зданий позволяют втрое снизить энергопотребление жилья на отопление без существенного увеличения стоимости 1 м² общей площади.

В условиях постоянно трансформирующейся городской застройки, изменяющихся требований к потребительским качествам жилья, экологическим требованиям и зависимости государства от импорта энергоресурсов правильное определение структуры жилищного строительства, его потребительских качеств имеет важное значение в деле эффективного функционирования экономики, использования ограниченных ресурсов государства.

Исходя из экономической и градостроительной целесообразности, специалисты обосновывают на современном этапе необходимость строительства жилых домов различной этажности, включающей коттеджную застройку, жилые дома средней и повышенной этажности.

Имеет место и концепция, утверждающая, что наиболее полно отвечают современным требованиям трех-четырёхэтажные сблокированные дома, где плотность жилого фонда может достигать нормативной плотности, принятой ранее для 9-10-этажной застройки. При этом многоэтажные и высотные дома признаются в социальном плане как менее благоприятные. Из-за повышенного уровня шума от систем жизнеобеспечения (лифты, насосы, бытовой шум и пр.), проблемы мусороудаления, эвакуации людей при форс-мажорных ситуациях и пр. При наличии

различных подходов и мнений, вместе с тем следует признать, что при разработке типологии и структуры массовой жилой застройки необходимо исходить из условия их социальной восприимчивости, экономических возможностей государства и населения, имеющейся производственной базы массового жилищного строительства для их реализации.

В советское время в Беларуси и в других странах СНГ и Восточной Европы, была мощно развита база крупнопанельного строительства. В 1991 г. в общем объеме построенного жилья крупнопанельные дома составляли более 55 %. После распада Советского Союза в республике произошел резкий спад объемов жилищного строительства – до 1,5 - 1,8 млн. м² в 1994 – 1995 гг.

Крупнопанельное домостроение из-за низких потребительских качеств устаревших серий не полностью отвечало современным градостроительным и социальным требованиям, что отрицательно сказывалось на его конкурентоспособности на рынке жилья.

Вместе с тем крупнопанельное домостроение, в сравнении с другими конструктивно-технологическими системами обладает рядом преимуществ важных для климатических условий республики, это:

- более низкая стоимость 1 м² в сравнении с другими системами;
- высокий уровень заводской готовности и качества поверхностей деталей КЖД, получаемый при сравнительно низких трудовых затратах на заводе сборного железобетона;
- высокие темпы строительства;
- низкая энергоемкость и трудоемкость строительства;
- максимальное исключение мокрых технологических процессов при низкой энергоемкости изготовления конструкций в условиях зимы по сравнению с монолитным строительством;
- возможность возведения зданий в зимнее время без ограничения высоты и пр.

Крупнопанельное жилье остается наиболее дешевым, а разрабатываемые в настоящее время модернизированные серии домов КЖД приближаются по комфортности к каркасным и кирпичным.

Выполненная в последние годы модернизация базы жилищного строительства позволила перейти в настоящее время в массовом жилищном строительстве на индустриальные конструктивно-технологические системы. При этом можно выделить следующие системы:

– жилые дома на базе «классической» системы крупнопанельного домостроения, где несущими стенами являются наружные трехслойные и внутренние железобетонные стены, перекрытия плоские железобетонные с опиранием на четыре стороны, ядром жесткости являются лестнично-лифтовой узел;

– модернизированная конструктивная система крупнопанельного домостроения, в которой несущими являются внутренние стены, наружные трехслойные самонесущие, перекрытия плоские железобетонные с опиранием на три стороны (внутренние панели), ядро жесткости также обеспечивает лестнично-лифтовой узел;

– индустриальная конструктивная система с внутренним каркасом, включающим два ряда колонн, наружные стены трехслойные воспринимающие нагрузку, перекрытия плоские железобетонные, опирающиеся на наружные стены и колонны, ядро жесткости составляет лестнично-лифтовой узел;

– индустриальная конструктивная система с продольными несущими стенами и плоскими железобетонными плитами перекрытий, опирающимися на две стороны, наружные трехслойные железобетонные панели и внутренние однослойные железобетонные продольные панели, жесткость конструкции обеспечивается лестнично-лифтовым узлом;

– конструктивно-технологические системы на основе сборного железобетонного каркаса с многопустотными железобетонными плитами перекрытий с различными вариантами устройства наружных и внутренних стен, включая штучные материалы, специальные модули и панели. Жесткость системы также обеспечивается лестнично-лифтовым узлом;

– конструктивно-технологические системы на базе монолитного железобетонного каркаса, наружные и внутренние стены изготавливаются, как правило, из штучных материалов;

– жилые дома в различных вариантах из кирпича.

Сложившийся в последние годы рынок жилья в Республике Беларусь свидетельствует о присутствии на нем различных конструктивно-технологических систем жилых зданий. Это позволяет наиболее эффективно использовать имеющуюся в республике производственную базу и обеспечить потребности различных социальных групп населения в жилье различных потребительских качеств.

3 ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ МАССОВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Начало энергоэффективного строительства в Республике Беларусь относится к 2007 г., когда в г. Минске, в районе ул. Притыцкого был спроектирован и построен на базе типовой серии 111-90 крупнопанельного домостроения девятиэтажный четырехсекционный жилой дом, рисунок 3.1.



Рис. 3.1 – Энергоэффективный жилой дом в г. Минске

В отличие от жилых домов массового жилищного строительства энергоэффективный жилой дом включает ряд технических решений, которые позволили на тот период практически в три раза сократить энергопотребление на отопление. Эти решения включали следующие новшества:

- более теплую оболочку здания с изменяемым сопротивлением теплопередачи обеспечивающим уравнивать теплопотери квартир, находящихся в различных частях здания (см. рис. 3.2);
- окна с увеличенным с $0,6 \text{ C}^{\circ}\text{m}^2/\text{Вт}$ до $1,2 \text{ C}^{\circ}\text{m}^2/\text{Вт}$ сопротивлением теплопередаче (см. рис. 3.3);
- принудительную систему вентиляции с рекуперацией тепловой энергии удаляемого из квартир воздуха (см. рис. 3.4);

- горизонтальную систему отопления квартир с установкой поквартирных счетчиков тепловой энергии;
- программируемый блок управления системой вентиляции и системой отопления (см. рис. 3.5);
- поквартирные счетчики горячей и холодной воды.

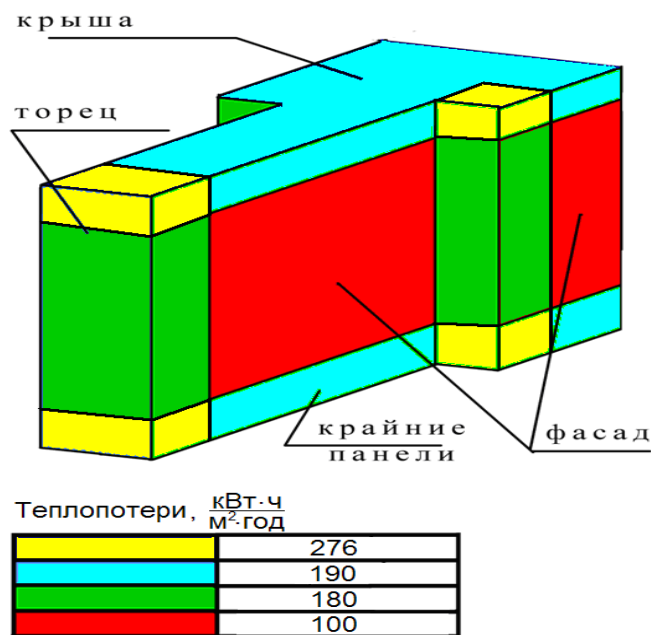
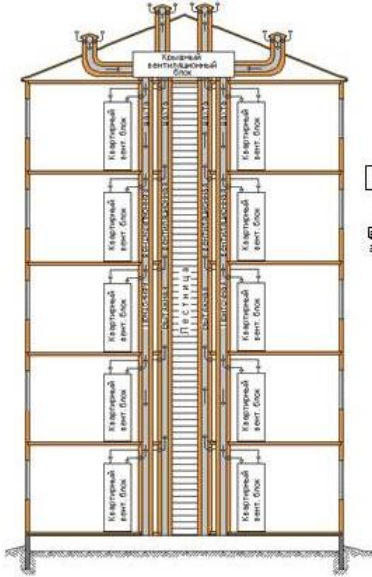


Рис. 3.2 – Схема утепления ограждающих конструкций энергоэффективного здания

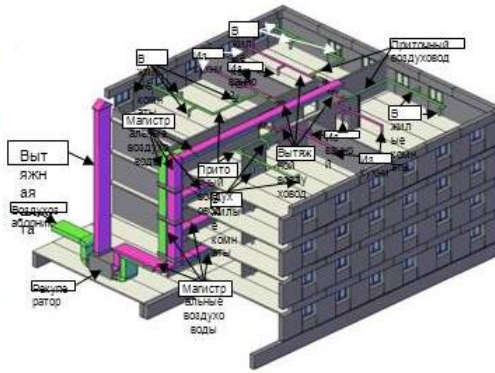


Рис. 3.3 – Окно

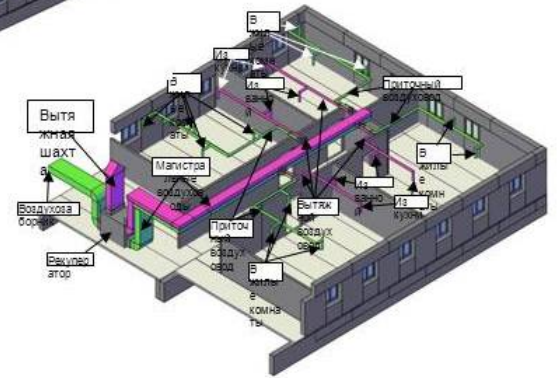
пат.10716 Респ. Беларусь



Децентрализованная схема принудительной приточно-вытяжной вентиляции



Централизованная схема вентиляции



Система вентиляции смешанного типа

Рис. 3.4 – Принципиальные схемы принудительной вентиляции квартир многоэтажного здания

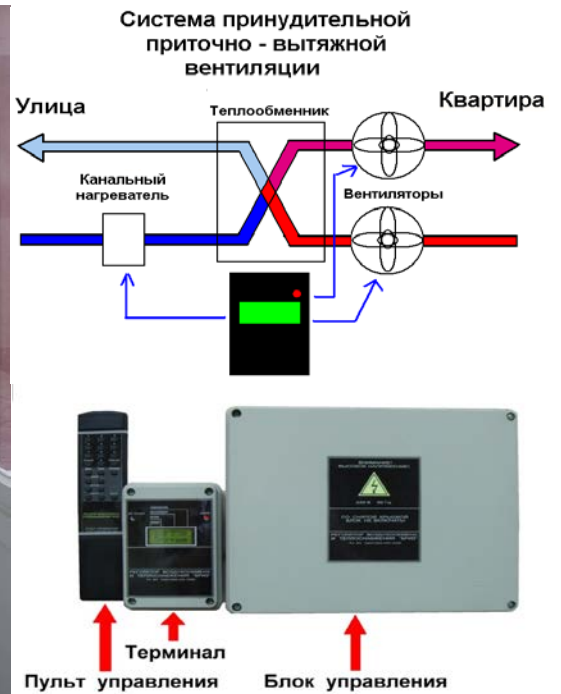


Рис. 3.5 – Программируемый блок управления системой вентиляции и системой отопления

При разработке проекта энергоэффективного жилого дома решалась задача минимальными затратами достигнуть максимального энергосберегающего эффекта с последующей мультипликацией полученного результата в массовом жилищном строительстве.

Наружные ограждающие конструкции жилого дома составляли трехслойные железобетонные панели толщиной 350 мм, где в качестве утеплителя использован пенополистирол марки ППТ-25 с комбинацией пеноплекса марки ППЭТ-35 (аналог «Пеноплекс» марки 35). Наружный слой панели толщиной 80 мм из тяжелого бетона $\gamma = 2400 \text{ кг/м}^3$, внутренний слой толщиной 100 мм из тяжелого железобетона толщиной $\gamma = 2400 \text{ кг/м}^3$. Толщина утеплителя составляет 170 мм, причем в панелях первого, верхнего этажей и примыкающих к торцам здания толщины пенополистирола и пеноплекса менялась с условием обеспечения R согласно рис. 3.2.

Гибкие металлические связи в панелях, являющиеся мостиками холода, были заменены на стеклопластиковые.

Изменены были также торцевые части наружной трехслойной панели, обеспечивающие плоский стык панели и исключение мостиков холода на стыке панели. Для выполнения требования противопожарных нормативов торцы панели были обрамлены минераловатным утеплителем.

В таблице 3.1 представлены величины сопротивления теплопередачи элементов энергоэффективного здания.

Таблица 3.1 – Сопротивление теплопередаче элементов оболочки жилого здания

Наименование элементов здания	Величина приведенного сопротивления теплопередаче $R \text{ C}^{\circ}\text{м}^2/\text{Вт}$
Панель торцевая	5
Панель первого, верхнего и примыкающего к торцу здания	4,5
Панели центральной части здания	3,2
Перекрытия чердачные	6
Перекрытия над подвалом	2,5
Окна и балконные двери	1,2
Окна подъездов	0,6

Система отопления запроектирована поквартирная двухтрубная горизонтальная с теплосчетчиком и шаровым клапаном на входе, регулирующим подачу теплоносителя (горячей воды). Система позволяет производить поквартирный учет потребления тепловой энергии, а также индивидуальные (поквартирные) регулирования температурного режима воздушной среды в помещениях.

Отопительные приборы расположены в подоконном пространстве и снабжены дополнительными регуляторами теплового режима.

Учет тепловой энергии на отопление производится в целом на здание и поквартирный.

Организация поквартирного учета обеспечивается за счет одного ввода теплоносителя в квартиру и отвода его из квартиры, к этому трубопроводу присоединены все отопительные приборы.

В энергоэффективном здании применена система принудительной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии удаляемого из квартиры воздуха. Такая система обеспечивает гарантированный установленный санитарными нормами воздухообмен в помещениях квартир.

Применение принудительной системы вентиляции в квартирах, где установлены окна с низкой воздухопроницаемостью, позволило обеспечить гарантированное качество воздушной среды в квартирах, а включение в ее схему теплообменника обеспечило возврат до 80-90% тепловой энергии, выбрасываемой в атмосферу с вентилируемым воздухом.

Забор свежего воздуха и подача его в квартиры производится с уровня верхних этажей через специальный вентканал. Подобная схема подачи воздуха в квартиры позволяет существенно снизить концентрацию вредных веществ в воздушной среде квартир, что особенно важно для жилых домов, расположенных в центральной части крупных городов. Замеры концентрации вредных веществ в крупных городах республики (это характерно для большинства стран) свидетельствует о том, что эта концентрация значительно превышает нормы.

Забор удаляемого из квартир воздуха производится из кухонь и ванных помещений, свежий, предварительно подогретый в теплообменнике воздух разводится воздуховодами по жилым комнатам (см. рис. 3.6).

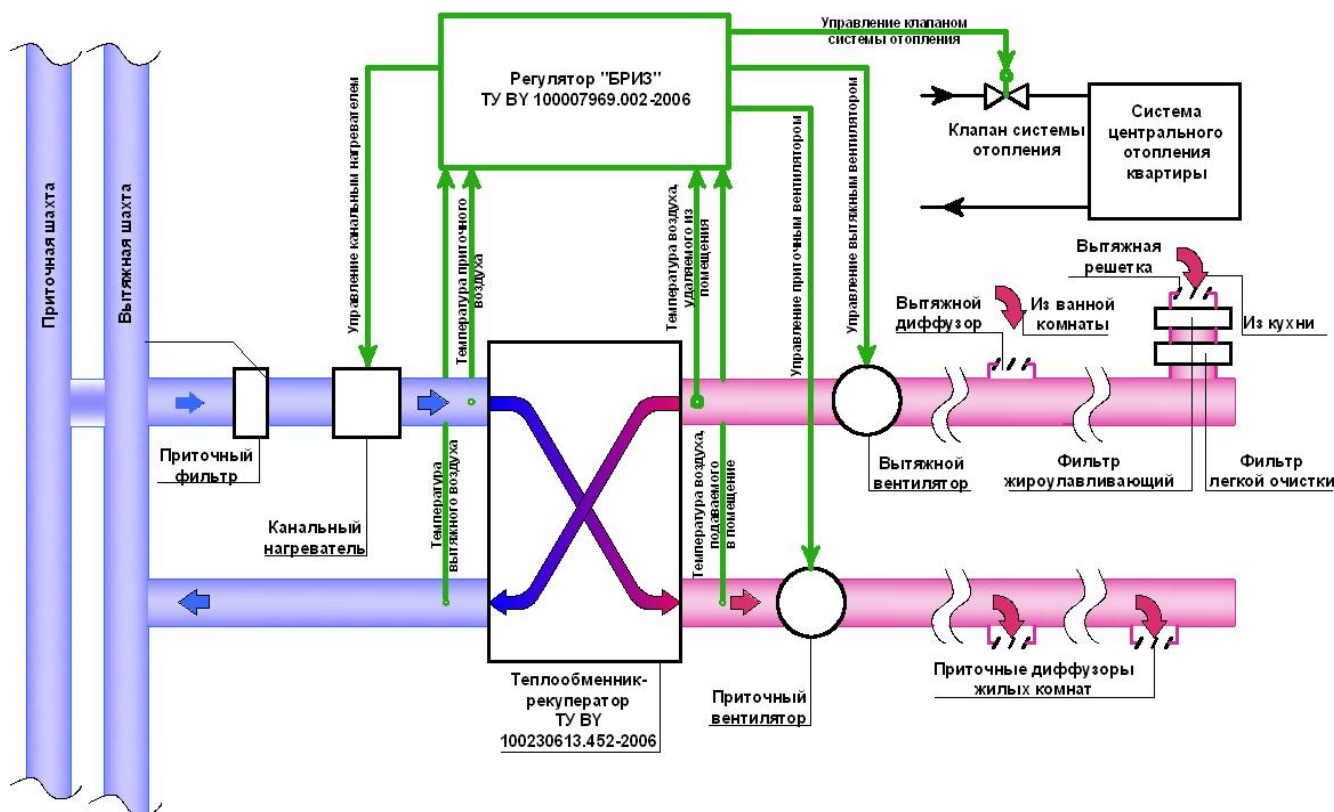


Рис. 3.6 – Принципиальная схема системы вентиляции в квартире

Система отопления и система принудительной вентиляции управляется единым блоком управления (см. рис. 3.5) состоящего из терминала, пульта дистанционного управления на инфракрасных лучах, блока управления и датчиков температуры.

Общее включение и выключение блока управления осуществляется отдельным выключателем, расположенном в квартирном щитке.

Блок управления позволяет программировать температуру и интенсивность воздухообмена в квартире в зависимости от режима проживания в ней владельцев.

В энергоэффективном жилом доме установлены окна с $R = 1,2 \text{ C}^0\text{m}^2/\text{Вт}$ с низкой воздухопроницаемостью, двухкамерным стеклопакетом, аргоновым заполнением межкамерного пространства, стеклом со специальным напылением и рамой из комбинированного материала – дерево и полиуретан (см. рис. 3.3).

4 РЕЗУЛЬТАТЫ МОНИТОРИНГА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Жилые дома, построенные в истекшее пятилетие в Республике Беларусь, проектировались и строились с учетом опыта проектирования первого пилотного проекта в г. Минске, опытной эксплуатации образцов энергосберегающего инженерного оборудования и систем жизнеобеспечения, что позволило избежать отрицательного результата при эксплуатации как пилотного энергоэффективного жилого дома, так и других энергоэффективных жилых домов, построенных в областных центрах.

Мониторинг энергоэффективных жилых домов проводился с целью определения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций зданий, потребляемой тепловой энергии на отопление, санитарно-гигиенических параметров внутри квартир.

В процессе мониторинга устанавливалось соответствие фактических значений контролируемых параметров проектным значениям, выявлялся характер и имеющиеся тенденции их изменения, эффективность энергосберегающих мероприятий.

Контролировались следующие параметры:

- сопротивление теплопередаче наружных стен;
- сопротивление теплопередаче окон и балконных дверей;
- температурно-влажностные характеристики воздушной среды внутри квартир;
- интенсивность воздухообмена внутри квартир;
- расход тепловой энергии на отоплении;
- расход тепловой энергии в системе горячего водоснабжения;
- расход электрической энергии на технологические нужды и освещение.

Применяемые в процессе мониторинга средства измерений были проверены и калиброваны в соответствии с СТБ 8003-93 [1] и СТБ 8004-93 [2].

Перед проведением мониторинга объектов производилось изучение проектно-сметной документации исследуемого объекта – жилого дома:

- принятые конструктивные решения жилого здания;
- технические характеристики и проектные решения систем вентиляции, отопления, холодного и горячего водоснабжения, санитарно-технических систем.

Анализировались также принятые конструктивные решения ограждающих конструкций, конструкция узлов сопряжений и пр.

Учитывались такие факторы как ориентация здания по частям света, особенности прилегающей застройки и пр.

Методика проведения мониторинга энергоэффективных жилых зданий предполагала проведение контроля параметров микроклимата в жилых помещениях домов:

- температуры и относительной влажности воздуха;
- содержание CO_2 ;
- скорость движения воздуха, включая места забора и истечения из систем принудительной вентиляции;
- температуру внутренней поверхности наружных стен.

При этом учитывалось, что оптимально допустимые показатели микроклимата в жилых помещениях должны соответствовать значениям ГОСТ 30494-96 (табл. 1.2) [3].

Сопротивление теплопередаче R_0 определялось в соответствии с ГОСТ 26254-84 [4]. Для участков ограждающих конструкций, имеющих неоднородные участки (стыки, притворы, теплопроводящие включения и пр.) определялось приведенное сопротивление теплопередаче $R_0^{пр}$.

Методика определения сопротивления теплопередаче наружных стен жилых зданий включала предварительное обследование ограждающих конструкций на их соответствие проекту, проведение телевизионной съемки зданий в зимний период.

Базовым объектом комплексных исследований энергетических характеристик энергоэффективного жилого дома был выбран двухсекционный (9 этажей и 11 этажей) 69 квартирный жилой дом в г. Гродно по ул. Дзержинского, 23б, проектированный УП «Институт Гродногражданпроект» совместно с ГП «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.» (см. рис. 3.1).

Расчетные характеристики жилого дома определялись с учетом конструктивных и объемно-планировочных особенностей, климатических параметров для г. Гродно.

Жилая площадь жилого дома составила $2\,440\text{ м}^2$, общая отапливаемая – $4\,332\text{ м}^2$. Расчет выполнялся для отапливаемого периода 194 суток, при средней температуре воздуха $-0,5^\circ\text{C}$. Тепловыделения внутренних источников $g = 4\text{ Вт/м}^2$, $R_{\text{окон}} = 1\text{ м}^2\text{C}^\circ/\text{Вт}$, $R_{\text{перекрытия пола первого этажа}} = 2,5\text{ м}^2\text{C}^\circ/\text{Вт}$, последнего этажа

– $6 \text{ м}^2\text{С}^\circ/\text{Вт}$. коэффициент полезного действия системы рекуперации приточно-вытяжной вентиляции $\eta=0,85$.

Наружные стены трехслойные толщиной 300 и 350 мм с утеплителем переменной толщины 160-200 мм из плит пенополистирольных ПСБ-25 и «Пеноплекс» марки 35. В наружных стенах применены гибкие связи из стеклопластиковой арматуры.

Перекрытия подвала выполнены из аглопоритобетона с 16/20 с термовкладками из плит пенополистирольных «Пеноплекс».

Покрытия кровли выполнены из плит аглопоритобетонных с 16/20 D 1800 с дополнительным утеплением пенополистирольными плитами БПС-25 толщиной 300 мм. Кровля двухслойная рулонная из наплавляемых битумно-полимерных материалов.

Окна и балконные двери установлены двухкамерные с теплозащитными стеклами и аргоновым заполнением $R = 1 \text{ м}^2\text{С}^\circ/\text{Вт}$.

Для уравнивания теплопотерь наружных стен применена система, предусматривающая увеличение сопротивления теплопередаче в местах, где выше теплопотери.

В жилом доме применена поквартирная механическая приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепловой энергии вентилируемого воздуха.

Система отопления выполнена по горизонтальной схеме разводки и установкой поквартирных счетчиков потребления тепловой энергии программируемым блоком управления режимом работы системы отопления и системы вентиляции.

Таблица 4.1 – Расход тепловой энергии на отопление жилого дома

Наименование месяца	Расход тепловой энергии		
	Гкал	кВт·ч	кДж
октябрь	13,04	15166	54595872
ноябрь	14,24	16561	59620032
декабрь	67,13	78072	281059884
январь	40,04	46567	167639472
февраль	42,07	48927	176138676
март	14,09	16387	58992012
апрель	1,23	1430	5149764
ИТОГО	191,84	223110	803195712

В таблице 4.1 представлены данные по расходу тепловой энергии на отопление здания за отопительный период 2010-2011 гг. представлены в отчете о НИР ГП «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.» 2012 от 447 НИР [5].

В таблице 4.2 представлены сводные оценочные результаты удельного расхода тепловой энергии и общего коэффициента теплопередаче K_m , рассчитанные по показателям квартирных счетчиков.

Таблица 4.2 – Оценочные энергетические характеристики

Наименование и единица измерения показателя	Величины показателей, рассчитанные по показателям квартирных счетчиков		
	=1,1	= 1,15	= 1,2
Общий коэффициент теплопередаче $Вт/м^2С^{\circ}$	0,6	0,62	0,63
Потребление тепловой энергии за отопительный период кДж	635604	664435	693266
Удельный расход тепловой энергии на отопление $кВт \cdot ч/м^2$	29,2	30,6	31,9

Как следует из таблицы 4.2, величина удельного расхода тепловой энергии на отопление колеблется в диапазоне 29,2-31,9 $кВт \cdot ч/м^2$ за отопительный период, что не превышает 40 $кВт \cdot ч/м^2$ нормируемого. Это свидетельствует о том, что состояние ограждающих конструкций, принудительной системы вентиляции с рекуперацией тепловой энергии вентилируемого воздуха и с системы отопления соответствуют проектному заданию.

Анализ результатов мониторинга жилого здания по ул. Дзержинского в г. Гродно выявил и ряд недостатков, которые необходимо учитывать при тиражировании результатов на последующих объектах.

Проведенная тепловизионная съемка поверхности ограждающих конструкций жилого дома в целом свидетельствует об однородности по показателю сопротивления теплопередаче наружной оболочки здания (см. рис. 4.1, 4.2, 4.3), вместе с тем в отдельных местах, таких как примыкания перекрытия крыши, к фасаду и пр. имеют место повышенные «утечки» тепловой энергии. Эти элементы оболочки здания требуют дополнительного утепления.

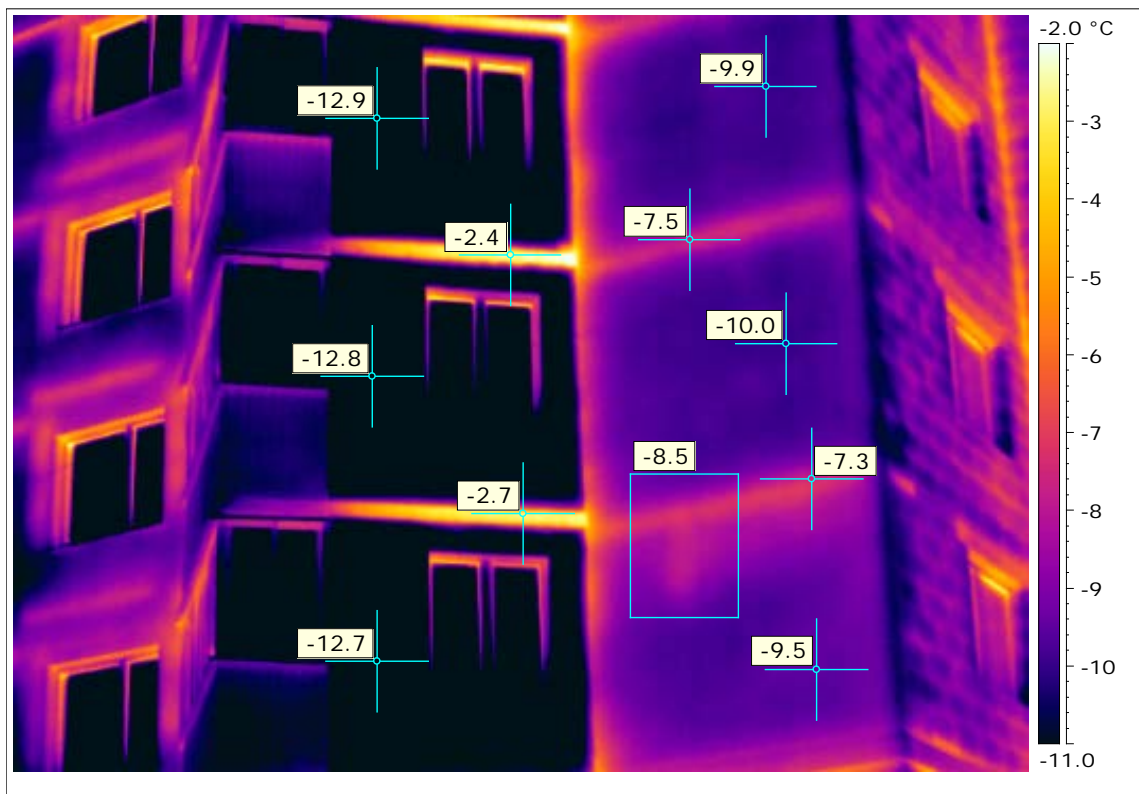


Рисунок 4.1 – Тепловизионный и фотоснимок дома по ул. Дзержинского, 23б,
 $T_{\text{нар.}} = -11 \text{ }^{\circ}\text{C}$

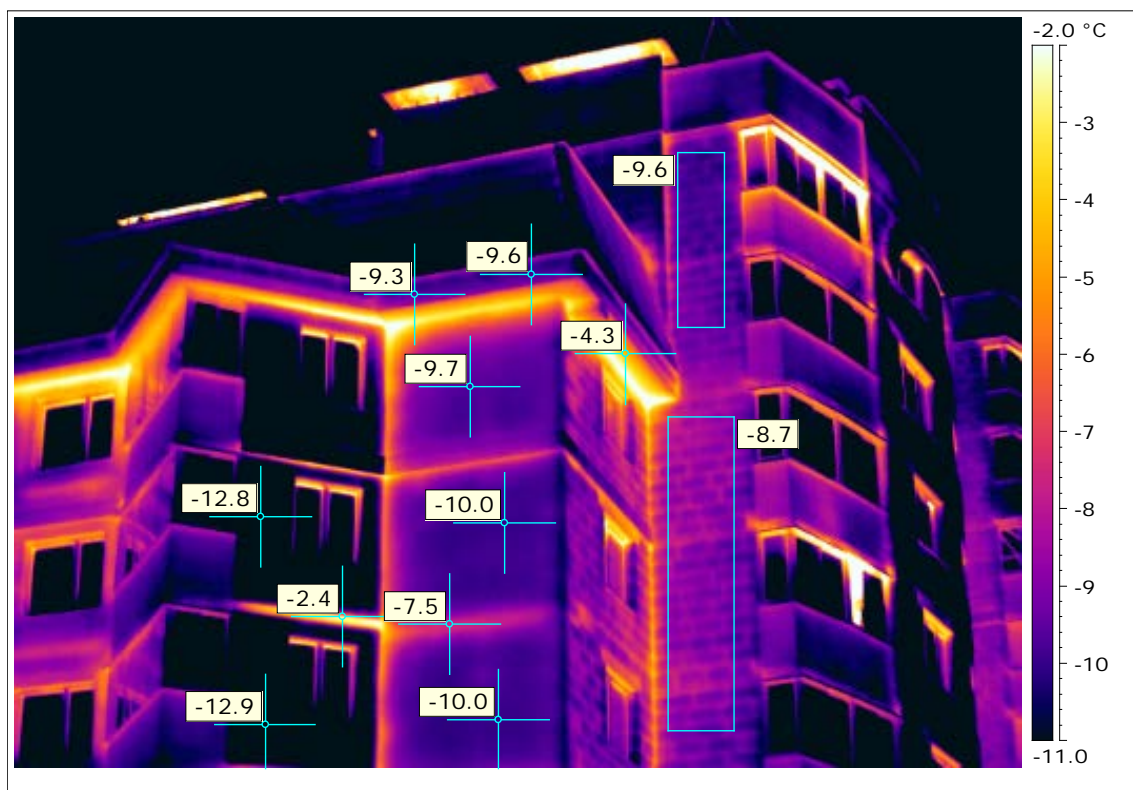


Рисунок 4.2 – Тепловизионный и фотоснимок дома по ул. Дзержинского, 23б,
 $T_{\text{нар.}} = -11 \text{ }^{\circ}\text{C}$

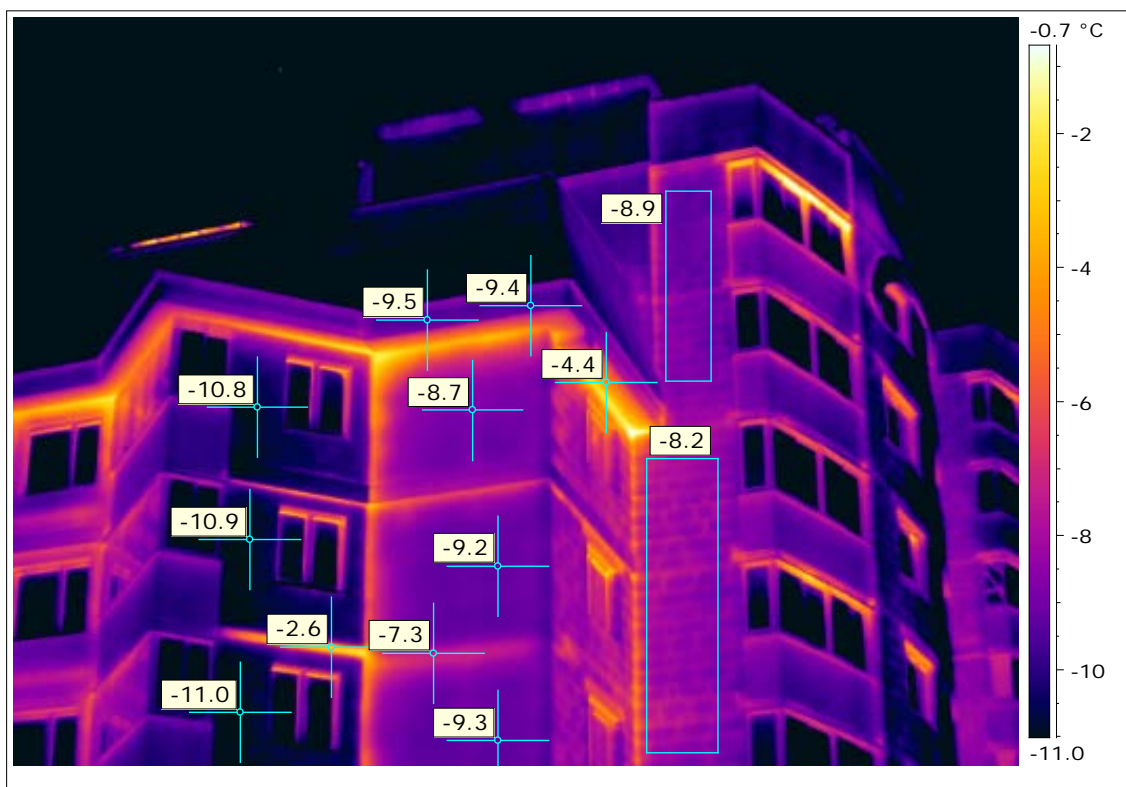


Рисунок 4.3 – Тепловизионный и фотоснимок дома по ул. Дзержинского, 23б,
 $T_{нар.} = -11\text{ }^{\circ}\text{C}$

К выявленным недостаткам, которые необходимо учесть в следующих проектах, относятся:

- устройство в кухнях открытых каналов вытяжки с естественным побуждением, что снижает количество воздуха, попадаемого в теплоутилизационные агрегаты;

- независимые контуры регулирования отопления и электродогрева вентиляторов подаваемого в помещения воздуха не позволяет обеспечить оптимальный расход электрической энергии;

- отдельный учет тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение в целом по зданию не позволяет получить полностью достоверную оценку эффективности энергосберегающих технических решений, заложенных в проект жилого дома;

- отсутствие системы мониторинга приточно-вытяжной вентиляции и поквартирного отопления, не позволяют дистанционно оптимизировать режимы функционирования оборудования.

Учитывая вышесказанное, представляется необходимым продолжение мониторинга здания на стадии его последующей эксплуатации.

Мониторинг энергоэффективного девятиэтажного 36 квартирного жилого дома в г. Гомеле, разработанного ОАО «Институт Гомельгражданпроект» производился в 2011 – 2012 гг.

Ограждающие конструкции здания состоят из стеновой панели толщиной 160 мм, утепленной минераловатными плитами «FASROCK» толщиной 150 мм и блоков ячеистого бетона толщиной 300 мм и утеплены пенополистирольными плитами «Сарматерм» и пенополистирольных плит «Пеноплекс».

Чердачные перекрытия здания выполнены из железобетона толщиной 220 мм, с утеплителем из пенополистирольных плит «Пеноплекс» толщиной 180 мм.

Перекрытия над цокольным этажом железобетонные толщиной 220 мм, с утеплителем из пенополистирольных плит «Пеноплекс» толщиной 150 мм.

Окна и балконные двери – двухкамерные стеклопакеты с теплозащитными стеклами и аргоновым наполнителем с сопротивлением теплопередаче – $1,04 \text{ м}^2\text{С}^\circ/\text{Вт}$.

Окна лестничной клетки – деревянные с двойным остеклением в отдельных переплетах с сопротивлением теплопередаче – $0,6 \text{ м}^2\text{С}^\circ/\text{Вт}$.

Температура помещений и принятые виды пространства над 9-м и под первым этажом:

- температура холодного чердака принята минус $26 \text{ }^\circ\text{C}$;

- температура воздуха цокольного этажа высотой 2,50 м принята 5 оС;
- система теплоснабжения с поквартирным отоплением с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе;
- система вентиляции – механическая, с рекуперацией тепла вентвыбросов.

Анализ результатов энергопотребления здания на отопление в отопительный период 2011 – 2012 гг. свидетельствует о том, что здание превысило по удельным показателям расчетные показатели энергопотребления по квартирам на отопление (49 – 77 м²С°/Вт). Основными причинами, объясняющими такое положение, являются несоблюдение проектных решений и эксплуатации жилого дома:

- отсутствие раздельного учета тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение, и проведение расчета за отопление по показателям общедомового счетчика;
- отступление от проекта при строительстве дома, исключение системы дистанционного сбора информации показаний индивидуальных счетчиков тепловой энергии и системы мониторинга поквартирной приточно-вытяжной системы вентиляции с рекуперацией тепловой энергии вентилируемого воздуха;
- отсутствие инструктажа жильцов об особенностях эксплуатации инженерных систем энергоэффективного здания и пр.

Вместе с тем исследование теплофизических свойств ограждающих конструкций энергоэффективных жилых домов в Минске, Гродно, Гомеле, Витебске, включая тепловизионную съемку, в целом подтвердили высокое качество исполнения наружных ограждающих конструкций, включая окна и балконные двери.

Мониторинг и анализ функционирования систем принудительной вентиляции жилых зданий также показал их эффективность, при этом, как правило, обеспечивались санитарно-технические показатели качества воздушной среды в жилых квартирах, утилизация тепла вентилируемого воздуха, КПД системы принудительной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии вентилируемого воздуха колеблется в пределах 75-86%.

Исследования шумовых характеристик реализованных систем вентиляции при различных режимах работы и в различных частях квартир (жилая комната, кухня, коридор) показали, что максимальный уровень звука в дневное время составил 28,7 дБ при уровне фона 23,5 дБ. В ночное – соответственно 19,5 дБ при фоне 17дБ.

ГОСТ 12.1.036 нормирует уровень шума не более 25 дБ ночью и не более 30 дБ днем.

Отмечены положительные отзывы жителей установленными программируемыми блоками системы управления режимами работы систем вентиляции и отопления, а также поквартирным размещением систем приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии вентилируемого воздуха.

При проектировании энергоэффективных многоквартирных жилых зданий требуется качественно новый подход. Ошибки проектирования не позволяют достичь ожидаемых показателей по энергопотреблению здания, а зачастую искажают саму идею.

Очень важно определиться с типом системы вентиляции – децентрализованная либо централизованная.

Децентрализованная система вентиляции предусматривает наличие в каждой квартире индивидуальной приточно-вытяжной установки с системой автоматики, позволяющей жильцам самостоятельно устанавливать желаемый воздухообмен и температуру для дневного и ночного времени суток.

Большое внимание следует уделять месту размещения приточно-вытяжной установки.

В настоящее время в Беларуси построено 15 зданий с децентрализованными системами и 3 с централизованными (по состоянию на 2012 г.).

Можно много рассуждать о том, какая система лучше - на эту тему неоднократно проводились дискуссии на семинарах и конференциях. К преимуществу децентрализованной системы, не говоря о возможности индивидуальной настройки параметров микроклимата каждым жильцом, следует отнести автономность систем. Жилец самостоятельно несет все эксплуатационные издержки и вправе сам решать – эксплуатировать систему либо нет.

Весьма часто проектировщик систем вентиляции оказывается заложником архитектурно-планировочных решений и вынужден «вписывать» системы в планировку уже спроектированного здания. Поэтому уже на стадии составления задания на проектирование он должен принимать участие в обсуждении архитектурно-планировочных решений.

Кроме выбора типа системы вентиляции проектировщик должен корректно выполнить трассировку воздуховодов, гарантирующую минимально возможное сопротивление воздушному потоку при обеспечении требуемых шумовых характеристик, решить вопросы корректного распределения воздушного потока в помещениях квартиры.

Для облегчения работы проектировщиков ГП «Институт жилища – НИПТИСим. Атаева С.С.» разработало «Рекомендации по оптимизации проек-

ных, технических и организационных решений на стадии проектирования и эксплуатации энергоэффективных зданий» Р1.02.110.13, в которых приведены как базовые сведения, так и конкретные технические решения по проектированию энергоэффективных многоквартирных жилых зданий

Практика эксплуатации энергоэффективных многоквартирных жилых зданий в Беларуси показала существование двух сценариев развития событий – оптимистичный и пессимистичный.

Пессимистичный сценарий заключается в том, что человек, попав в свою новую квартиру, видит неведомое ему доселе оборудование, не знает, для чего оно и как его эксплуатировать, и принимает решение вообще его не включать, чтобы ненароком не испортить.

По такому сценарию развивались события в тех домах, где с жителями не была проведена разъяснительная работа при заселении и не были разработаны инструкции по эксплуатации инженерного оборудования квартир. Естественно, в этом случае ожидать достижения требуемых теплоэнергетических характеристик проблематично.

При втором – оптимистичном – сценарии жилец при заселении проходит инструктаж и получает комплект эксплуатационной документации, разъясняющей особенности эксплуатации инженерного оборудования квартиры.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт проектирования и строительства энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь показал, что технические решения, базирующиеся на принципах получения максимального эффекта энергосбережения за счет утилизации тепловой энергии образующейся в процессе жизнедеятельности человека в жилых домах позволяет минимизировать капитальные затраты на проектирование, строительство и последующую эксплуатацию энергоэффективных жилых домов классов А+, А и В.

Технические решения, обеспечивающие строительство жилых домов классов А+, А и В, реализованы, в том числе и в проектах типовых серий жилых домов, при этом стоимость м² общей площади жилых домов возрастает от 6 до 8%.

Тепловизионное обследование зданий подтвердило однородную структуру ограждающих конструкций.

Реализованная поквартирная система принудительной вентиляции с рекуперацией тепловой энергии вентилируемого воздуха в целом показала достаточно высокую энергоэффективность, включая КПД 0,7-0,5, режим воздухопотребления и санитарно-технические показатели. Не выявлено также превышения нормативных показателей шумовых характеристик системы вентиляции.

Результаты тестирования зданий на герметичность подтвердили высокую степень герметичности жилых помещений, так как свободная инфильтрация воздуха дает кратность воздухообмена меньше 0,1.

Получение значения оценочного удельного расхода тепловой энергии находятся в диапазоне $q_{in}^{des} = 29,2-39,9$ кВт·ч/м², эти показатели близки к расчетному и не превышают нормативного значения 40,0 кВт·ч/м², что свидетельствует о соответствии параметров ограждающих конструкций нормативным требованиям, о нормальном функционировании оборудования инженерных систем здания.

К недостаткам, выявленным при обследовании зданий в период эксплуатации, следует отнести следующее:

- наличие на кухнях в жилом доме в г. Гродно открытых каналов вытяжки с естественным побуждением, что снижает количество утилизируемого воздуха;
- наличие также в жилом доме в г. Гродно независимых (неблокированных) контуров регулирования отопления и электроподогрева подаваемого в помещения воздуха не позволяет обеспечить оптимальных расход электрической энергии;

– отсутствует в большинстве жилых домов отдельный учет тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение, что не позволяет получить достоверную оценку эффективности энергосберегающих технических решений, заложенных в проектах;

– не предусмотрена в большинстве проектов также система мониторинга приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла отработанного воздуха и поквартирного отопления, позволяющие дистанционно оптимизировать режимы функционирования указанного оборудования;

– при заселении в энергоэффективные жилые дома жители недостаточно ознакомляются с техническими характеристиками инженерного оборудования и особенностями его эксплуатации;

– не отработаны в полной мере методики учета и оплаты жителей квартир энергоэффективных жилых домов за потребляемую тепловую энергию, позволяющие создать условия для мотивации каждого жителя экономить тепловую энергию.

Обобщая опыт проектирования, строительства и эксплуатации энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь представляется необходимым сделать следующие рекомендации:

1) Перед заселением жителям должны быть переданы инструкции по эксплуатации инженерного оборудования квартир и разъяснены особенности его эксплуатации, обслуживающей организации – инструкции по эксплуатации инженерного оборудования здания в целом.

2) Необходимо проведение соответствующей инженерной подготовки строительных организаций для обеспечения улучшения качества строительно-монтажных работ.

3) Монтаж и пуско-наладку инженерного оборудования должны выполнять специалисты, прошедшие соответствующую стажировку у производителя оборудования.

4) Должны применяться приточно-вытяжные вентиляционные установки с утилизацией теплоты удаляемого воздуха с наименьшим расходом электрической энергии и минимальной стоимостью расходных материалов.

5) Необходимо организовать сеть сервисного обслуживания инженерного оборудования энергоэффективных зданий.

Список использованной литературы

1. ТКП 8.003-2011 Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Проверка средств измерений. Правила проведения работ.
2. ТКП 8.004-2012 Система обеспечения единства измерений Республики Беларусь. Метрологическая аттестация средств измерений. Правила проведения работ.
3. ГОСТ 30494-96 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
4. ГОСТ 26254-84 Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.
5. Отчет НИР «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.», инв. № 447, Минск 2012.