

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

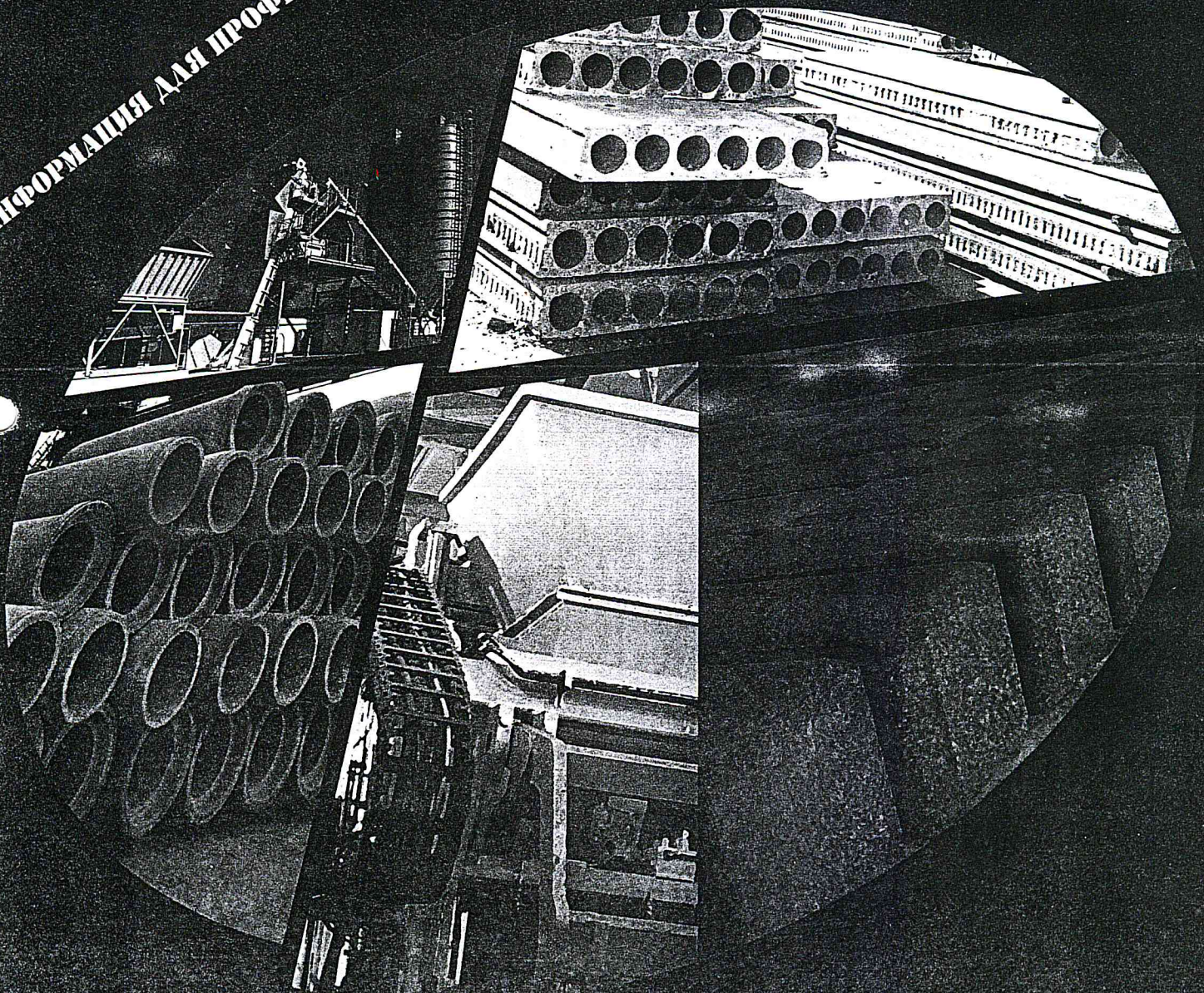
ЕЖЕГОДНЫЙ СБОРНИК

ОБОРУДОВАНИЕ • МАТЕРИАЛЫ • ТЕХНОЛОГИИ

www.slavutich-media.ru

2010

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ



ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ и экспериментальное исследование эксплуатационных характеристик энергоэффективного панельного жилого дома в г. Минске.



В. М. Пилипенко



Л. Н. Данилевский



Рис. 1. Энергоэффективное панельное здание серии 111-90 МАПИД в г. Минск.

Об авторах

Пилипенко Владимир Митрофанович

Директор Государственного предприятия «Институт НИПТИС им. Атаева С. С.»
Иностраный член Российской академии архитектуры и строительных наук,
академик Белорусской инженерной академии, член-корреспондент Международной
инженерной академии, один из научных руководителей проекта «Энергоэффек-
тивный дом» и один из идеологов энергоэффективного строительства в Рес-
публике Беларусь, доктор технических наук.

Данилевский Леонид Николаевич,

первый зам. директора Государственного предприятия
«Институт НИПТИС им. Атаева С. С.»
1947 г. р. В 1965 г. закончил БГУ.
По образованию — радиофизик, канд. физ.-мат. наук.
С 1985 г. занимается проблемами строительной отрасли. Лауреат премии
Совета министров Республики Беларусь за достижения в области энергосбе-
режения в строительстве. Специализация — контроль и автоматизация
технологических процессов, а также энергосберегающие технологии в стро-
ительстве. Один из идеологов и научных руководителей проектов строи-
тельства энергоэффективных зданий в Республике Беларусь.

ВВЕДЕНИЕ

Жилой фонд Республики Беларусь по-
требляет для отопления и горячего водо-
снабжения около 35–40% энергоресурсов
страны. В этой связи работы по снижению
энергопотребления на отопление и горячее
водоснабжение имеют для Республики Бела-
русь большую народно-хозяйственную зна-
чимость. Страны Западной Европы также
ведут интенсивный поиск путей снижения
энергопотребления при эксплуатации жи-
лых зданий. В странах северного пояса За-
падной Европы происходит переход к стро-
ительству зданий в стандарте «Пассивный
дом», уровень теплопотерь которых состав-
ляет 10–20% общего существующего (1), (2).
Исследования, результаты которых изложены
в (3) и (4), позволили сформулировать требо-
вания к конструкции и инженерным системам
энергоэффективных зданий с учетом структу-
ры жилого фонда и климатических условий в Ре-
спублике Беларусь.

На основании исследований УП «Инсти-
тут НИПТИС» был выполнен проект, а ОАО
«МАПИД» — строительство энергоэффектив-
ного экспериментального панельного жилого до-
ма серии 111–90/5/. Фотография здания приве-
дена на рис. 1.

В массовом строительстве в настоящее время наи-
большим спросом пользуются панельные здания
из-за сравнительной дешевизны и высокой скорости
строительства. Поэтому, с точки зрения тиражиро-
вания решений энергосберегающего строительства,
панельные здания наиболее привлекательный объект
для создания массового энергоэффективного жилья.

Опыт эксплуатации этого здания в течение отопи-
тельных сезонов 2007–2008 и 2008–2009 гг. подтвердил
правильность проектных и технических решений в экс-
периментальном здании.

В настоящее время в республике действует «Комплек-
сная программа по проектированию, строительству и рекон-
струкции энергоэффективных жилых домов в Республике
Беларусь на 2009–2010 годы и на перспективу до 2020 г.»,
утвержденная постановлением № 706 СМ Республики
Беларусь 1 июня 2009 г. В рамках выполнения программы
в 2009 г. при научном сопровождении Государственного
предприятия «Институт НИПТИС им. Атаева С. С.» было
выполнено проектирование и строительство энергоэффе-
ктивных зданий в областных центрах страны.

Таблица 1. Сведения о характеристиках проектируемых зданий

Населенный пункт	Характеристики энергоэффективных жилых зданий						Удельный расход тепловой энергии на отопление, кВт·ч/(м ² ·год)		Тип кухонных плит
	Конструктивность наружных стен жилого дома	Год постройки	Этажность	Кол-во кв.	Общая пл. здания	стандартного (аналогичного)	энергоэффективного		
Брест	-	-	-	-	-	-	-	-	
Витебск	из штучных материалов	2010	10	120	6726	94,81	22,36	газ.	
		2009	10	40	2119		21,53		
Гомель	из железобетонных панелей и штучных материалов	2009	10	36	2696	87,07	29,28	газ.	
Гродно	из штучных материалов	2009	9-11	68	4456	82,55	30,40	эл.	
Минск	из многослойных панелей	2007	9	144	9491	85,91	27,40	эл.	



Рис. 2

1. Экспериментальное строительство энергоэффективных зданий в областных центрах Республики Беларусь

В настоящее время выполнена разработка экспериментальных проектов энергоэффективных жилых домов в гг. Гомеле, Гродно, Витебске. Проектирование выполнялось институтами «Гродногражданпроект», «Гомельгражданпроект» и «Витебскгражданпроект» при участии и научном сопровождении Государственного предприятия «Институт НИПТИС им. Атаева С.С.».

Проектные характеристики энергоэффективных зданий приведены в таблице 1.

Далее приведены более подробные характеристики строящихся и уже построенных зданий.

2. Характеристика проекта жилого 68-квартирного дома по ул. Дзержинского в г. Гродно.

Здание состоит из 9-этажной и 11-этажной секции. Ширина корпуса 17,3 м, длина секций: 21,55 м и 24,2 м. Высота жилых этажей 2,8 м, световая высота жилых помещений 2,5 м. Крыша плоская с внутренним стоком, чердак холодный, под зданием техническое неотапливаемое подполье со световыми проемами в стенах.

Таблица 2

Наименование ограждения	Площадь, м ²	Сопротивление теплопередаче, м ² ·С/Вт
Наружные стены продольные	1833,6	5,5
Наружные стены поперечные	1549,6	3,2
Окна и балконные двери	671,0	1,0
Двери наружные	24,7	0,6
Перекрытие цокольное	323,0	2,5
Перекрытие чердачное	323,0	6,0

Таблица 3

Площадь наружных стен, м ² . По проекту Расчетная	Показатель компактности K, м ⁻¹ . По проекту Расчетный	Потери теплоты через ограждения за год, кВт·ч/м ² отапл. площади: по проекту Расчетные	Удельный расход тепловой энергии на отопление здания, кВт·ч/м ² : по проекту Расчетный	Экономия Площади стен, % то же, млн руб.
3383 2640	0,37 0,29	38,2 34,0	30,4 26,4	21,4 44,6

Описание ограждающих конструкций соответствует указанному в таблице 2.

Общие теплотери через ограждающие конструкции составляют 38,2 кВт·ч/м²·год.

В здании предусмотрена принудительная система вентиляции с рекуперацией тепла вытяжного воздуха.

Система вентиляции здания оборудована: общей приточной шахтой с забором воздуха с уровня выше третьего этажа, общей вытяжной шахтой, индивидуальными приточно-вытяжными вентиляционными системами с рекуперацией уходящего из помещений воздуха в каждой квартире и системой управления воздухообменом и температурным режимом в каждой квартире. Коэффициент эффективности рекуперации составляет 0,85.

Удельный расход тепловой энергии на отопление здания с общей площадью квартир 4456,4 м² составляет 30,4 кВт·ч/(м²·год).

Анализ объемно-планировочных решений здания показал, что здание некомпактно. За счет повышения компактности, т.е. сокращения площади наружных стен при сохранении внутреннего объема здания, имеется определенный резерв в достижении большей экономии тепловой энергии. Результаты анализа представлены в таблице 3.

В г. Гродно строительство энергоэффективного здания закончено и здание сдано в эксплуатацию.

На рисунке 2 приведена фотография здания.

В г. Витебске заканчивается строительство энергоэффективного здания. Фотография строящегося здания приведена на рис. 3.

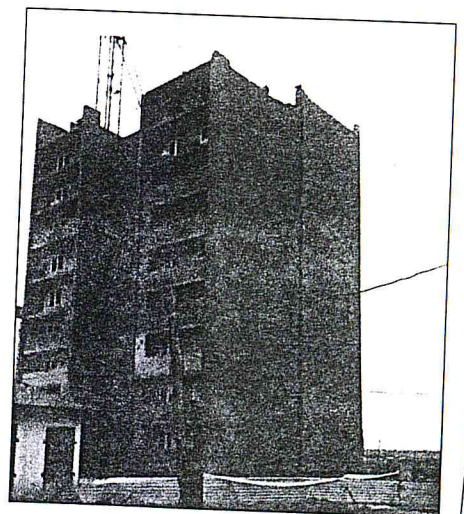


Рис. 3

3. Особенности конструкции и энергосберегающие решения энергоэффективного дома в г. Минске

При строительстве экспериментального объекта были отработаны технические решения по снижению уровня затрат тепловой энергии на отопление здания до $30 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в год без изменения существующих планировочных решений здания серии 111-90 МАПИД и без модер-

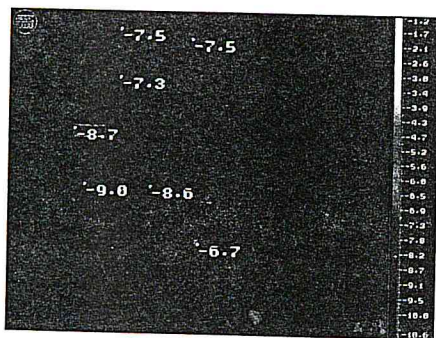


Рис. 4. Тепловизионная съемка средней части северо-западного фасада.

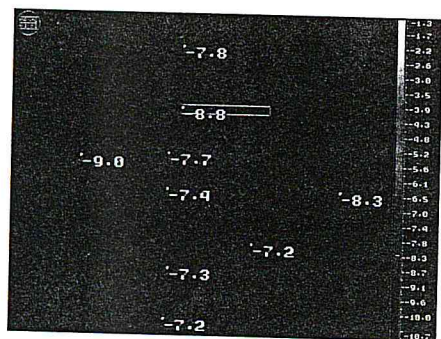


Рис. 5. Тепловизионная съемка торца здания и части юго-восточного фасада.

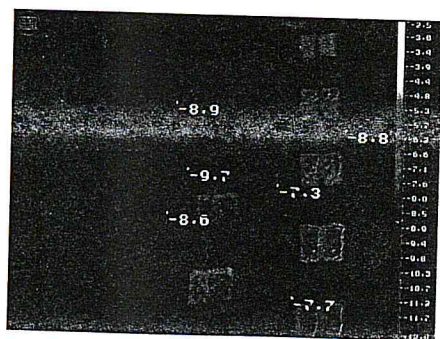


Рис. 6. Тепловизионная съемка окон с различными значениями коэффициента термического сопротивления в квартирах и на лестничной клетке дома.

низации технологического оборудования на предприятии.

В экспериментальном здании сконцентрированы новейшие научные и практические результаты, обеспечившие 3-кратное снижение затрат тепловой энергии на отопление по сравнению со зданиями нового строительства/5/, в том числе:

- новый принцип вентиляции жилых помещений на основе квартирных систем принудительной приточно-вытяжной вентиляции с механическим побуждением и рекуперацией тепла вентиляционных выбросов с эффективностью возврата тепла более 85% (8);
- для заполнения светопрозрачных проемов использованы разработанные институтом на основе использования композитного профиля (дерево-пенополиуретан — дерево) и двухкамерного стеклопакета с двумя низкоэмиссионными стеклами и аргоновым заполнением окна нового поколения с сопротивлением теплопередаче $R=1,2 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ (6), (7);
- неоднородное по контуру здания утепление оболочек, что позволило уменьшить разницу в потреблении тепловой энергии для квартир, расположенных в различных частях здания, включая торцы и верхние этажи;
- стеновые панели с увеличенным сопротивлением теплопередаче в среднем от значения $3,2 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ в середине фасада здания до $5,2 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$;
- в квартирах реализована система отопления с горизонтальной разводкой, что позволило создать автономную автоматизированную систему регулирования режимов отопления и воздухообмена в каждой квартире по индивидуальному управлению и поквартирным учетом тепла;
- в здании реализована система автоматического контроля работы квартирных блоков управления, обеспечивающая регистрацию параметров микроклимата, режимов работы вентиляторов и подачи тепла, а также аварийные ситуации в работе индивидуальных блоков.

Следует отметить, что модернизация наружных стеновых панелей потребовала минимальных затрат на изменение бортобшивки.

В течение отопительного периода 2007–2008 г. было выполнено исследование фактических теплотехнических характеристик экспериментального здания и условий проживания.

4. Результаты тепловизионного обследования ограждающих конструкций энергоэффективного дома

Тепловизионная съемка энергоэффективного жилого дома в отопительный период 2007–2008–2009 гг. наглядно показывает наличие или отсутствие скрытых конструктивных, технологических, строительных или эксплуатационных дефектов теплозащиты зданий.

Тепловизионная съемка энергоэффективного дома по адресу: г. Минск, ул. Припыцкого, 107 проводилась 08.01.2008 г., с 12 до 16 часов при температуре наружного воздуха $-7 \text{ }^\circ\text{C}$. На рисунки 4–6 приведены типичные снимки, полученные при проведении обследования.

Рисунки 4–5 подтвердили высокое качество изготовления и монтажа ограждающих конструкций. Утечек тепла не наблюдается, структура однородная, швы не просматриваются. Температура поверхности ограждающих торцевых панелей более низкая по сравнению с серединой фасада, что соответствует конструкции данных панелей.

При сравнении значений температуры (рисунок 6) вертикальных рядов окон, установленных в квартирах на лестничной клетке, можно сделать вывод о различных значениях коэффициента термического сопротивления R , что соответствует действительности. В квартирах установлены энергосберегающие окна с коэффициентом термического сопротивления $R=1,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ (6). В лестничной клетке установлены стандартные окна с коэффициентом термического сопротивления $R=0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Это подтверждает улучшенные теплотехнические характеристики окон нового поколения.



Рис. 7. Зависимость температуры в каналах рекуператора от времени

5. Определение эффективности приточно-вытяжной системы вентиляции энергоэффективного дома

Перед сдачей энергоэффективного дома с целью обеспечения нормативных требований воздухообмена в каждой квартире был сбалансирован поток приточного и вытяжного воздуха:

- 110 м³/ч для 1 и 2-комнатных квартир;
- 130 м³/ч для 3-комнатных квартир;
- 180 м³/ч для 4-комнатных квартир.

Баланс потоков воздуха в приточном и вытяжном каналах отрегулирован с учетом обеспечения нормируемых объемов вытяжки из кухни и санитарного узла. При равных потоках воздуха в приточном и вытяжном каналах разности температур на входах и выходах притока и вытяжки равны между собой. Поэтому коэффициент возврата тепла К системы рекуперации рассчитывается по формуле:

$$K = (T_n - T_{np}) / (T_n - T_{кв}) \quad (1)$$

где: T_n — температура наружного воздуха, °С;

T_{np} — температура на выходе приточного канала, °С;

$T_{кв}$ — температура внутри квартиры, °С.

Измерения температур в приточном и вытяжном каналах системы вентиляции и определение по этим данным значений К рекуператоров проводились в 3-комнатной и 4-комнатной квартирах.

На рис. 7 приведены типичные графики зависимостей температуры в каналах рекуператора от времени, по которым можно судить об эффективности возврата тепла рекуператором.

Таблица 4. Потребление тепловой энергии на отопление квартир в экспериментальном энергоэффективном доме

№ п/п	к-во комнат/этаж/подъезд	результаты измерений кВтч/м ² в год	расчетные значения кВтч/м ² в год	расчетные значения типового дома кВтч/м ² в год
1	4/1/1	55,7	52	139,0
2	1/1/1	39,4	42,4	134,7
3	4/1/3	44,8	44,3	115,2
4	2/7/3	24,0	22,9	97,4
5	2/7/3	26,4	22,3	96,9
6	3/8/3	23,9	26	91,0
7	2/5/3	36,9	22,9	97,4
8	2/5/3	24,1	22,3	96,9
9	3/9/3	40,2	40,5	130,5

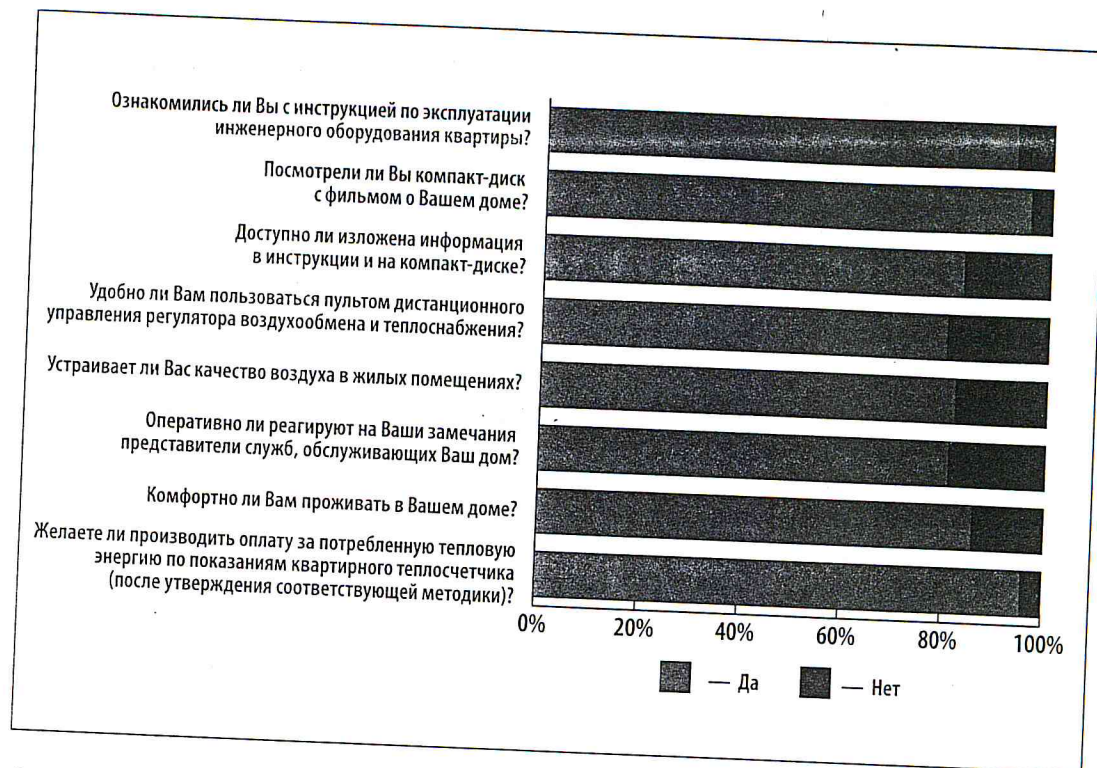


Рис. 8. Результаты анкетирования жильцов энергоэффективного дома

По результатам измерений получены значения КПД системы рекуперации тепла для 4-комнатной квартиры, равно 84%, а для 3-комнатной квартиры — 86%. Разница в значениях обусловлена различным уровнем воздухообмена в квартирах, 130 м³/ч для 3-комнатной квартиры и 180 м³/ч для 4-комнатной квартиры. Полученные экспериментально результаты подтвердили возможность обеспечения низкого уровня тепловых потерь в экспериментальном здании.

В соответствии с ГОСТ 12.1.036 уровни звука, создаваемого в жилых комнатах системами вентиляции, не должны превышать 25 дБА ночью и 30 дБА днем. Определенные в процессе исследований уровни шума системы вентиляции при воздухообмене 110 и 135 м³ не превышают 23 дБА ни в одном из исследуемых помещений. Таким образом, допустимые уровни шума в жилых помещениях соответствуют нормативным значениям.

6. Сравнение расчетных и фактических данных потребления энергии на отопление квартир энергоэффективного жилого дома

В каждой из квартир экспериментального энергоэффективного здания установлены индивидуальные счетчики тепловой энергии, потребляемой на отопление.

В период эксплуатации дома за отопительный сезон 2007–2008 гг. получены фактические данные по расходу тепловой энергии на отопление квартир экспериментального энергоэффективного дома.

В таблице 4 приведены расчетные данные и фактический расход тепловой энергии на отопление этих квартир в рассматриваемом периоде.

Сравнивая фактический расход энергии на отопление квартир с расчетными данными, можно сделать вывод о незначительном отклонении расчетных данных от экспериментальных в экспериментальном доме.

Расход тепловой энергии на отопление однотипных квартир, расположенных на 1-м и 9-м этажах экспериментального дома, в 1,5–2 раза выше, чем в квартирах 2–8-го этажей, расположенных в середине фасада.

При сравнении расхода тепла в энергоэффективном здании с расчетными значениями типового здания можно сделать вывод о трехкратном и более снижении расхода тепла на отопление энергоэффективного здания.

Для определения удовлетворенности жильцов условиями проживания в энергоэффективном здании было проведено анкетирование жильцов. Результаты анкетирования приведены на рис. 8.

ОТЧЕТ ПО МОНИТОРИНГУ ОБЪЕКТА	
Дата: 25.02.2009 Врем: 22:02	
Сводная таблица данных	
Параметр	Значение
Общее количество квартир	143
Количество заселенных квартир	81 (56,6% от общего)
Количество квартир с нулевым отоплением	29 (35,8% от заселенных, 20,3% от общего)

Рис. 9. Общая характеристика здания

В каждой квартире имеется автоматизированная система управления режимами воздухообмена и температуры. Система верхнего уровня обеспечивает получение информации о всех параметрах каждой системы. Из данных рисунка 9 можно сделать вывод о том, что в настоящее время заселена и эксплуатируется в штатном режиме 81 квартира из 143. В 29 из них в момент съема информации системы отопления автоматически отключены, т. к. для поддержания комфортной температуры достаточно тепла внутренних источников.

На рис. 10 приведены гистограммы параметров температуры в квартире и уровня воздухообмена, задаваемые жильцами дома для ночного и дневного времени.

Вентиляторы имеют возможность 9-ступенчатого дискретного регулирования. Нормативный воздухообмен обеспечивает 2-ю или 3-ю ступень в зависимости от площади квартиры. Из гистограмм видно, что жильцы здания активно используют возможность индивидуального управления параметрами микроклимата.

Выводы

В Республике Беларусь функционирует «Комплексная программа по проектированию, строительству и реконструкции энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь на 2009–2010 годы и на перспективу до 2020 г.», утвержденная постановлением № 706 СМ Республики Беларусь 1 июня 2009 г. В рамках выполнения программы в 2009 г. при научном сопровождении Государственного предприятия «Институт НИПТИС им. Атаева С.С.» было выполнено проектирование и строительство энергоэффективных зданий в областных центрах страны. Здания построены в различных конструктивных системах. В то же время их объединяет низкое, около 30 кВтч/м²

в год, удельное потребление тепла на отопление. В построенных и строящихся зданиях предусмотрена децентрализованная приточно-вытяжная принудительная система вентиляции с эффективной системой рекуперации тепла вентиляционных выбросов. В зданиях установлены окна нового поколения с сопротивлением теплопередаче более 1 м²·С/Вт, а также неоднородное утепление ограждающих конструкций здания.

Опыт эксплуатации энергоэффективного жилого дома в г. Минске подтвердил корректность проектных и технических решений, использованных при его строительстве. Качество изготовления наружных стеновых панелей и выполнения строительных работ можно считать высоким, что подтвердили результаты тепловизионной съемки дома.

Значение коэффициента полезного действия системы рекуперации тепла, полученное в процессе эксплуатации жилых помещений, равно 84–86%. Разница в значениях обусловлена различным уровнем воздухообмена в квартирах, для которых выполнялись измерения, 130 м³/ч и 180 м³/ч. Полученные экспериментально результаты подтвердили возможность обеспечения низкого уровня тепловых потерь в экспериментальном здании, т. к. проектные требования к системе рекуперации тепла установили в качестве порогового значения КПД рекуператора, равное 80%.

Уровни шума системы вентиляции при воздухообмене 110 и 135 м³ не превышают 25 дБА ни в одном из исследуемых помещений, как при питании вентиляторов от автотрансформатора, так и блока управления системы. Таким образом, допустимые уровни шума в жилых помещениях соответствуют нормативным значениям.

Анализ результатов выявления эксплуатационных затрат тепла на отопление и температурных режимов воздушной среды в жилых помещениях, полученных в период отопительных сезонов 2007–2008 гг. и частично 2008–2009 гг., подтверждает правильность выбранного направления проектирования и строительства энергоэффективного жилья.

Анкетирование жильцов показало, что более 80% удовлетворены ус-

ловиями жизни в здании. Мониторинг жилого дома, в процессе его эксплуатации выявил также необходимость обеспечения более качественной технической эксплуатации инженерных систем здания, информирования жителей об их особенностях и возможностях в части регулирования тепло-влажностного режима и энергопотребления.

Опыт эксплуатации здания показывает, что жильцы здания активно используют возможность индивидуального управления параметрами микроклимата.

С учетом опыта строительства и эксплуатации энергоэффективного здания СМ Республики Беларусь принято решение о поэтапном расширении энергоэффективного строительства в стране с выходом на 100% строительство энергоэффективных зданий в 2015 г. Одновременно принято решение об организации в стране выпуска комплектующих изделий для обеспечения необходимых объемов строительства энергоэффективных зданий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. W. Feist Das kostengünstige Passivhaus — Projektbeschreibung/Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser. Protokollband № 1 Darmstadt 1996. с. 9–21.
2. W. Feist Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser/Verlag das Beispiel, 2001. Passivhäuser.
3. А. Н. Данилевский. Основные требования к конструкции и инженерным системам энергоэффективных зданий. Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века, № 7 (90), 2006 г., с. 66–67.
4. А. Н. Данилевский. Особенности проектирования и длительность отопительного периода энергоэффективных зданий. Строительная наука и техника. 2008 г. № 1, с. 35–42.
5. А. Н. Данилевский, В. М. Пилипенко, В. А. Потерщук. Энергоэффективный панельный дом серии 111–90 МАПИД. Архитектура и строительство 2007., № 2 Минск., с. 98–101.
6. А. Н. Данилевский, Б. И. Таурогинский. Теплофизические характеристики окон из комбинированного материала дерево — пенополиуретан — дерево. Строительная наука и техника. 2006 г. № 5 (8), с. 8–15.
7. В. М. Пилипенко, Данилевский А. Н., Таурогинский Б. И., Ксенофонтов М. А., Хатенко А. С. Оконный блок. Патент РБ на карысную модель № 1323.
8. А. Н. Данилевский, Б. И. Таурогинский. Исследование эффективности канальных теплообменников-рекуператоров «воздух-воздух». Строительная наука и техника, № 4 (7), 2006 г., с. 36–41.
9. СНБ 3.02.04–03 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха».

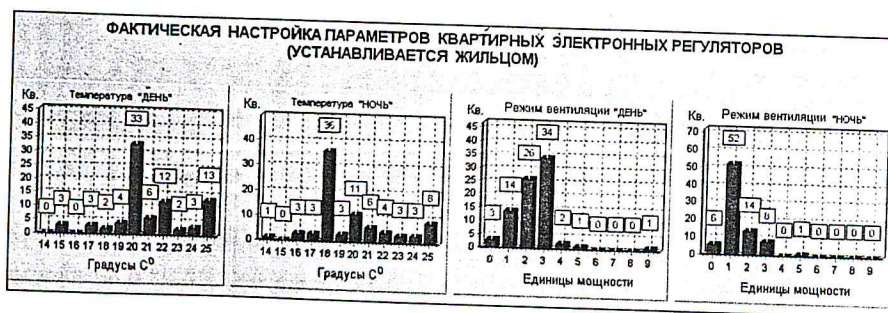


Рис. 10. Гистограмма параметров микроклимата, задаваемых жильцами дома