

УДК 69.001.76:699

СОВРЕМЕННОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

О.И. Перминова, А.В. Шумак, Д.Г. Ливанский

Белорусский национальный технический университет, Республика Беларусь

e-mail: solnse.ola.yes@gmail.com

В данной статье рассматривается тема энергоэффективности и энергосбережения в связи с ее актуальностью во всем мире. Так как здания являются активными потребителями энергии, а их количество несоизмеримо растет с каждым годом, то в РБ определены основные пути решения повышения энергоэффективности жилых домов. По результатам мониторинга объектов, расположенных в нескольких городах Республики Беларусь, составлены общие рекомендации для строительства и эксплуатации данных зданий и сделаны выводы о применении энергоэффективных домов.

***Ключевые слова:** энергоэффективные строительные материалы; солнечная энергия; децентрализованная система; теплоизоляция; система вентиляции; рекуперация.*

MODERN CONSTRUCTION OF ENERGY EFFICIENT BUILDINGS IN THE REPUBLIC OF BELARUS

V. Perminova, A. Shumak, D. Livansky

Belarusian National Technical University, Republic of Belarus

e-mail: solnse.ola.yes@gmail.com

This article discusses the topic of energy efficiency and energy saving in connection with its relevance throughout the world. Since buildings are active consumers of energy, and their number is growing disproportionately every year, the Republic of Belarus defines the main ways to improve the energy efficiency of residential buildings. Based on the results of monitoring facilities located in several cities of the Republic of Belarus, general recommendations for the construction and operation of these buildings were drawn up and conclusions were drawn on the use of energy-efficient houses.

***Keywords:** energy efficient building materials; solar energy; decentralized system; thermal insulation; ventilation system; recovery.*

Введение. Здания являются активными потребителями энергии и их количество постоянно увеличивается. На долю строительной отрасли приходится более 40% потребления первичной энергии во всем мире.

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

В связи с данной ситуацией 25 апреля 2016г постановлением Совета Министров Республики Беларусь №336 был утвержден план мероприятий по реализации Директивы Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007г. №3 «О приоритетных направлениях укрепления экономической безопасности государства», где особое внимание уделяется следующим моментам:

– проектированию и строительству многоэтажных энергоэффективных жилых домов с применением инновационных технологий и оборудования, в том числе основанных на возобновляемых источниках энергии и использовании электроэнергии в целях нагрева;

- оптимизации схем теплоснабжения населенных пунктов, в том числе с использование возобновляемых источников энергии;

- поэтапное оснащение многоквартирных жилых домов автоматизированными системами комплексного контроля и учета энергоресурсов (тепловой энергии, электроэнергии, газа), холодной и горячей воды.

Основными задачами в данном аспекте являются:

- Строительство многоэтажных зданий с высокой компактностью. Однако изменение формы здания приводит к уменьшению компактности здания и увеличению теплопотерь в отопительный период.

- Повышение теплозащиты зданий, осуществляемое за счет увеличения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Как показывает строительная практика применение утепленных ограждающих конструкций и окон с повышенным термическим сопротивлением обостряет проблему обеспечения качественной воздушной среды в жилых помещениях, так как в этом случае за счет полной герметичности нет возможности поддерживать нормативный уровень воздухообмена в помещениях без открывания окон, и, соответственно, не обеспечивается качество воздушной среды в квартирах нижних этажей вследствие сильного загрязнения нижних слоев наружного воздуха.

- Применение отечественных материалов. Технические решения по модернизации жилого фонда с применением отечественных материалов дают возможность снизить расход тепловой энергии на отопление до 50%. Ежегодно в республике утепляется свыше 1,2 млн м² общей площади ограждающих конструкций.

- Применение энергоэффективных строительных материалов.

- Децентрализованная система выработки тепла.

- Применение энергоэффективных инженерных систем.

- Использование солнечной энергии в системах отопления и горячего водоснабжения зданий.

- Утилизация тепла сточных вод здания.

Основная часть. Для реализации указанных выше задач выработаны мероприятия, призванные обеспечить строительство энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь, которые включают:

1. Совершенствование технических нормативных правовых актов.

2. Научно-исследовательские и проектные работы, обеспечивающие строительство и реконструкцию энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь.

3. Строительство (реконструкция) энергоэффективных жилых домов в Республике Беларусь.

4. Освоение выпуска комплектующих изделий и материалов, инженерного оборудования для энергоэффективных жилых домов.

Реализация мероприятий осуществляется комплексно по результатам оценки эффективности экспериментальных жилых домов, построенных в разных регионах Республики Беларусь. Если мероприятия, обеспечивающие повышение энергоэффективности жилых зданий, экономически эффективны, то население, частные инвесторы будут заинтересованы в их реализации. Одним из наиболее традиционным способом повышения энергоэффективности являются конструктивные решения:

- теплоизоляция из энергоэффективных материалов с созданием многослойной конструкции с несущим слоем (при этом слой теплоизоляции укрывается вентилируемым фасадом, фасадной штукатуркой или слоем облицовочного материала);

- использование каркасных конструкций;

- использование энергоэффективных конструкционных и облицовочных материалов.

Второй и третий варианты позволяют уменьшить толщину стен здания, увеличить площадь помещения и снизить нагрузку на фундамент за счет сравнительно низкой плотности энергоэффективных материалов.

В Республике Беларусь широко применяется энергосберегающая интенсивная технология возведения монолитных каркасных зданий и сооружений из высокопрочного бетона, что обеспечивает высокое качество и темпы строительства, уменьшает расход электроэнергии в зимний период в 1,6–2 раза, снижает стоимость конструкций на 15–25%.

Для строительной отрасли организован выпуск поризованных керамических блоков на предприятиях ОАО “Минский ЗСМ”, “Радошковичский керамический завод”, “Керамика” (Витебск), унитарном предприятии “Обольский керамический завод”, изготовление которых осуществляется по энергосберегающей технологии. Этот материал повышает комфортность жилья, делает его долговечным при минимальных затратах на текущее содержание зданий. На Минском заводе строительных материалов ведется выпуск высокоморозостойкого лицевого кирпича, достигающего параметров клинкерного, с высокими теплозащитными свойствами, что заметно повышает энергоэффективность зданий и сооружений.

К энергоэффективным материалам и изделиям так же относятся:

– стеклопластиковые и базальтопластиковые арматура и гибкие связи, которые в отличие от стальных аналогов позволяют избежать возникновения мостиков холода;

– энергоэффективные стекла и светопрозрачные конструкции, которые задерживают инфракрасное излучение изнутри здания и препятствуют проникновению ультрафиолетового излучения извне. К этой группе относятся двойное, тройное и четверное остекление, низкоэмиссионные стекла, электрохромные стекла, стекла с фотоэлектрическим эффектом, рамные конструкции, в которых пространство между стеклами заполнено аэрогелем, инертными газами с низкой теплопроводностью, такими как аргон, ксенон и криптон, или в этом пространстве создано разрежение (вакуумные стеклопакеты), а также рамные конструкции из композитных материалов: стеклопластика, комбинаций стеклопластика, поливинилхлорида и древесных опилок ;

– применение фазопереходных веществ для нанесения на строительные конструкции, добавления в состав строительных материалов (керамики, бетонов и других вяжущих их, лакокрасочных материалов) и применения в качестве засыпки для пустотелых и многослойных изделий.

Основное достоинство – долговечность и практически отсутствие дополнительных эксплуатационных затрат. К недостаткам следует отнести медленное внедрение в производство новых материалов и конструкций, зависимость от импорта.

Рассмотрим применение децентрализованной системы выработки тепла, являющейся альтернативой централизованному теплоснабжению зданий

Один из ее вариантов – поквартирное отопление, автономно обеспечивающее каждую квартиру многоэтажного дома теплом и горячей водой. Основными элементами являются отопительный котел, устанавливаемый в каждой квартире, системы отвода дымовых газов и подачи воздуха на горение, а также отопительные приборы (радиаторы). Данное решение позволяет исключить прокладку теплотрасс, строительство тепловых пунктов, снизить стоимость отопления и горячего водоснабжения на 40% на 1м² площади, в 1,5–2 раза уменьшить годовой расход газа. Одним из недостатков является дополнительные эксплуатационные затраты на замену оборудования, необходимость ежегодной проверки состояния дымовых каналов, дополнительные затраты на электроэнергию.

В республике широко применяются автономные и крышные котельные, которые не имеют внешних тепловых сетей, отсутствуют теплотери при транспортировке теплоты потребителю, сокращается расход электрической энергии на работу насосов. Основным недостатком является высокие эксплуатационные затраты при эксплуатации для жильцов.

Актуальным является использование солнечной энергии в системах отопления и горячего водоснабжения зданий. Однако применение солнечных коллекторов в качестве основного источника для отопления в зимний период в Беларуси невозможно из-за небольшой продолжительности светового дня, в то же время гелиосистема может обеспечить значительную экономию в части потребления классических видов топлива.

Рассмотрим примеры применения экспериментальных домов.

В рамках проекта ПРООН/ГЭФ «Повышение энергетической эффективности жилых зданий в Республике Беларусь» была установлена на кровле и фасаде система солнечной электростанции для 10-ти этажного 120-и квартирного энергоэффективного жилого дома в г. Гродно. Данное здание имеет юго-западную ориентацию, при которой оптимальный угол наклона солнечных модулей на кровле, при котором снижение выработки электрической энергии относительно южной ориентации не превышает 5%, составляет 30 град. Выбором указанного угла определяется сезон максимальной выработки солнечной станции в период с 22 марта по 23 сентября. Выработка в зимний период (декабрь-январь) незначительна. На кровле здания представлено расположение 100 солнечных модулей. На фасаде здания 196 солнечных модулей расположены вертикально. Установленная электрическая мощность солнечной станции - 75 кВт (из них 25 кВт на кровле, 50 кВт на фасаде).

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 (девятиэтажный четырехсекционный) построен ОАО «МАПИД» в микрорайоне Красный Бор-1 на ул. Притыцкого, 107 г. Минска и сдан в эксплуатацию в 2007 г. Мониторинг эксплуатации в осенне-зимний период показал, что расход энергии на отопление квартиры в энергоэффективном доме в среднем в 3 раза ниже, чем в аналогичной квартире обычного дома той же серии.

Заказчиком и генподрядчиком высотки на 19 этажей (132 квартиры), расположенной на ул. Михаила Пташука, 1 является ОАО «МАПИД». Это первый дом КПД в столице с самым высоким классом энергоэффективности А+. В нем применена приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепла удаляемого воздуха и системы так называемых серых сточных вод для подогрева воды. Расход тепловой энергии на отопление дома - 25 кВт·ч/кв.м в год.

14 декабря 2016 г. открыли по ул. Аркадия Кулешова в Могилеве первый в Беларуси многоэтажный энергоэффективный дом с безбарьерной средой. Это десятиэтажное четырехподъездное здание, рассчитанное на 180 квартир. С учетом безвозмездного финансирования со стороны ПРООН (примерно 15% общей стоимости возведения здания) цена квадратного метра жилой площади не увеличилась по сравнению с типовым домом такой же серии. Квартиры в доме являются с улучшенными санитарно-гигиеническими условиями. К тому же жильцы будут платить за тепловую энергию на отопление, вентиляцию и ГВС значительно меньше.

В РБ проводится мониторинг эксплуатации энергоэффективных жилых домов для определения теплотехнических характеристик ограждающих конструкций зданий, потребления тепловой энергии на отопление, обеспечения санитарно-гигиенических параметров внутри квартир (температуры и относительной влажности воздуха, содержание CO₂, скорости движения воздуха, включая места забора и истечения из систем принудительной вентиляции, температуры внутренней поверхности наружных стен).

В качестве объектов мониторинга были выбраны два жилых дома, расположенные в городах Гродно и Гомель, соответствующие заявленным параметрам энергоэффективных домов. Для удобства рассмотрения данного вопроса сведем расчетные характеристики в единую таблицу 1.

Таблица 1. – Расчетные характеристики

Характеристика	Жилой дом в г. Гродно	Жилой дом в г. Гомель
Количество секций	2	1
Количество этажей	9	9
Количество квартир	69	36
Жилая площадь	2 440 м ²	-
Общая отапливаемая площадь	4 332 м ²	-
Отапливаемый период	194 суток	194 суток
Средняя температура воздуха	-0,5°С	-1,6°С
Тепловыделения внутренних источников	4 Вт/м ²	-
Наружные стены	Трехслойные (300 и 350 мм толщиной) с утеплителем переменной толщины 160-200 мм из плит пенополистирольных ПСБ-25 и «Пеноплекс» марки 35. Применены гибкие связи из стеклопластиковой арматуры	Стеновые панели толщиной 160 мм, утепленные минераловатными плитами «FASROCK» толщиной 150 мм и блоки ячеистого бетона толщиной 300 мм и утеплены пенополистирольными плитами «Сарма-терм» и «Пеноплекс».
Сопrotивление теплопередачи окон и балконных дверей	1 м ² °С/Вт (двухкамерные с теплозащитными стеклами и аргоновым заполнением)	1,04 м ² °С /Вт (двухкамерные стеклопакеты с теплозащитными стеклами и аргоновым наполнителем)
Сопrotивление теплопередачи окон лестничной клетки	-	0,6 м ² °С /Вт (деревянные с двойным остеклением в отдельных переплетах)
Перекрытие подвала	аглопоритобетон с 16/20 с термовкладками из плит пенополистирольных «Пеноплекс».	железобетон толщиной 220 мм, с утеплителем из пенополистирольных плит «Пеноплекс» толщиной 150 мм.
Коэффициент полезного действия системы рекуперации приточно-вытяжной вентиляции, η	0,85	-
Состав кровли, чердачное перекрытие	Двухслойная рулонная из наплавляемых битумно-полимерных материалов	Перекрытия из железобетона толщиной 220 мм, с утеплителем из пенополистирольных плит «Пеноплекс» толщиной 180 мм
Система теплоснабжения и отопления	Система отопления выполнена по горизонтальной схеме разводки и установкой поквартирных счетчиков потребления тепловой энергии программируемым блоком управления режимом работы системы отопления и системы вентиляции	Система теплоснабжения с поквартирным отоплением с термостатами и с центральным авторегулированием на вводе
Система вентиляции	поквартирная механическая приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепловой энергии вентилируемого воздуха	механическая, с рекуперацией тепла вентвыбросов.
Дополнительное оснащение	32 сваи дома оборудованы специальными тепловыми насосами, которые утилизируют тепло грунта. Они позволяют использовать разницу температур на поверхности и под землей	-

На примере жилого дома в г. Гродно была проведена тепловизионная съемка поверхности ограждающей конструкции (рисунок 1), которая свидетельствует в целом об однородности по показателю сопротивления теплопередаче наружной оболочки, 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.

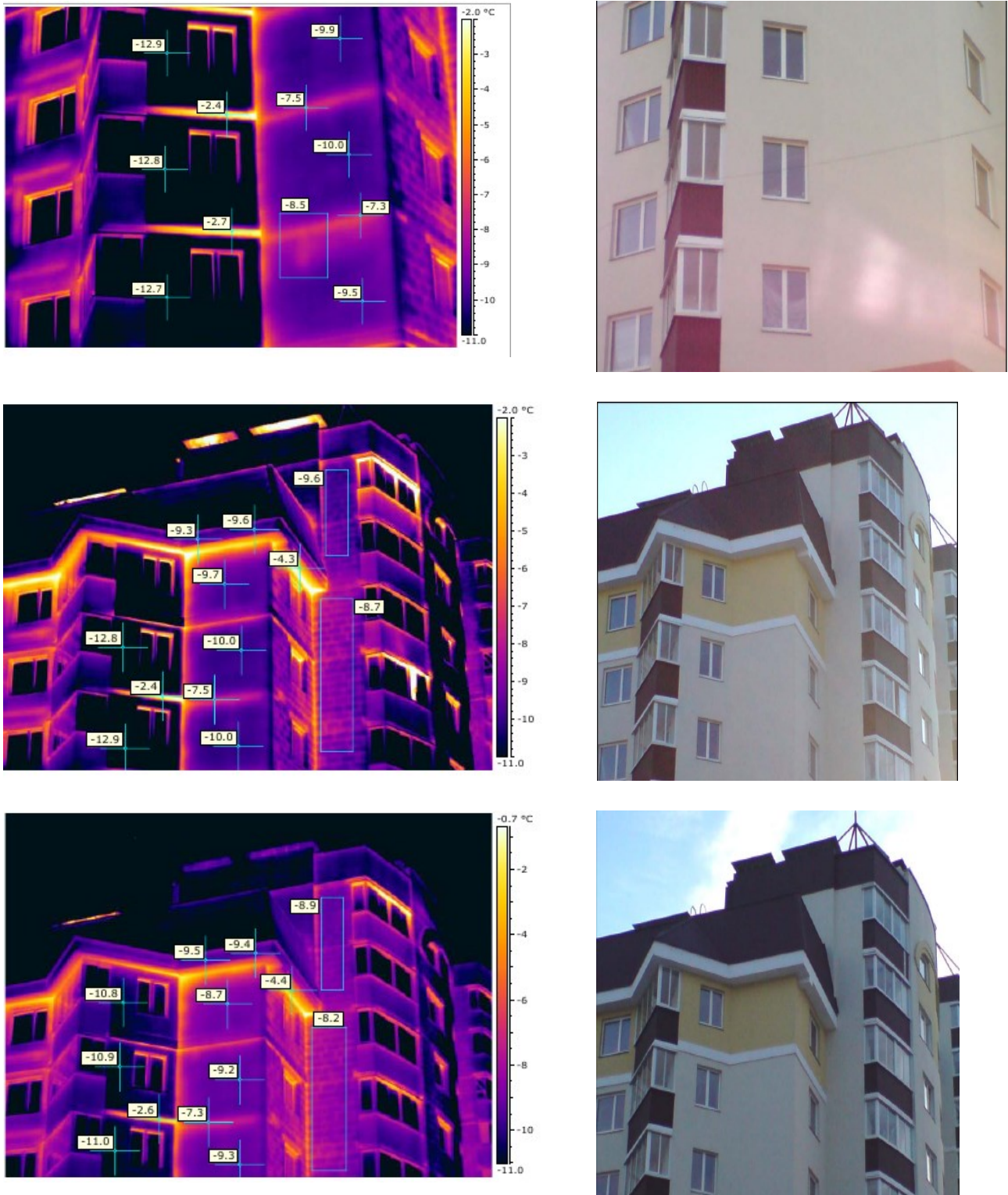


Рисунок 1. - Тепловизионная съемка поверхности ограждающей конструкции жилого дома в г. Гродно

По результатам различных исследований для двух рассмотренных объектов выявлены следующие недостатки, которые необходимо учесть в следующих проектах:

- устройство в кухнях открытых каналов вытяжки с естественным побуждением снижает количество воздуха, поступающего в теплоутилизационные агрегаты;
- независимые контуры регулирования отопления и электродогрев подаваемого в помещения воздуха не позволяют обеспечить оптимальный расход электрической энергии
- здание в г.Гомель превысило по удельным показателям расчетные показатели энергопотребления по квартирам на отопление ($49 - 77 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$);
- наличие или отсутствие отдельного учета 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;
- отсутствие инструктажа жильцов об особенностях эксплуатации инженерных систем энергоэффективного здания.

Заключение. 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 и ночное время (28,7 дБ и 19,5 дБ соответственно) не превышает нормируемые уровни.

Однако 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 относят к отрицательным моментам и должны быть в последующем устранены.

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

1. Организовать систему инструктажа жильцов и обслуживающих организаций по эксплуатации инженерного оборудования квартир.
2. Усилить надзор за качеством строительно-монтажных работ.
3. Монтаж и пуско-наладку сложного инженерного оборудования должны выполнять специалисты, прошедшие соответствующее обучение у производителя либо у его представителя.
4. Обеспечить установку приточно-вытяжных установок с утилизацией теплоты удаляемого воздуха с меньшим расходом электрической энергии и минимальной стоимостью расходных материалов.
5. Предусмотреть систему сервисного обслуживания инженерного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

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. Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 25 апреля 2016 г. №336.
6. Отчет НИР «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С.С.», инв. № 447, Минск 2012.