

2 (11) Июнь, 2014 г.

НАУКА И БЕЗОПАСНОСТЬ

Science and Safety

Ежеквартальный научный журнал



ISSN 2225-0360

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Четверик Н.П.</i> Оценка эффективности инноваций на этапе проекта	2
<i>Четверик Н.П.</i> Требования по инновационности в закупочной деятельности и формирование перечня инновационной продукции строительного комплекса	34
<i>Четверик Н.П.</i> Экспресс-метод бальной оценки эффективности инноваций на этапе проекта	43
<i>Витлин Э.И.</i> Особенности сейсмостойкого проектирования зданий и сооружений. Опыт и перспективы	54
<i>Витлин Э.И.</i> Современное состояние экспертизы проектной документации	63
<i>Волосухин В.А., Ткаченко Ю.Ю.</i> Организация гидрологического мониторинга с целью информационного обеспечения региональной системы предупреждения чрезвычайных ситуаций и защиты населенных пунктов (на примере Краснодарского края)	65
<i>Подольский М.С.</i> Основные антикризисные инструменты в управлении проектными организациями	69
<i>Волов Г.Я., Зуев В.И., Сенновский Д.В., Троицкий-Марков Т.Е.</i> Лучшая практика экспресс-энергоаудита зданий на основе динамической имитационной модели	85
<i>Кудрявцев С.В., Кудрявцев В.А., Гурьянов Ю.В.</i> Современный подход к усилению автомобильных мостов	100
Авторы номера	106

ЛУЧШАЯ ПРАКТИКА ЭКСПРЕСС-ЭНЕРГОАУДИТА ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ

УДК 697, 51-74, 004.942

Волов
Григорий Яковлевич

Зуев
Владимир Иванович

Сенновский
Дмитрий Вадимович

Троицкий-Марков
Тимур Евгеньевич

Директор ОДО «Энерговент», г.Минск, кандидат
технических наук

Технологический институт энергетических обследований,
диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО»,
г.Москва, заведующий лабораторией тепловых
динамических процессов

Заместитель генерального директора Технологического
института энергетических обследований, диагностики и
неразрушающего контроля «ВЕМО», г.Москва

Председатель Совета директоров Технологического
института энергетических обследований, диагностики
и неразрушающего контроля «ВЕМО», г.Москва,
президент НП «Инновационный кластер НЭБ»,
Член-корреспондент Российской Академии
космонавтики им. К.Э. Циолковского,
Почетный изобретатель г.Москвы

АННОТАЦИЯ

Обычная на сегодня практика энергетических обследований жилищного фонда имеет ряд существенных недостатков, ведущих к недостоверности результатов, их низкой востребованности и высоким рискам ошибочных решений. Описываемая в статье инновационная технология проведения экспресс-энергоаудита с использованием имитационного моделирования жизненного цикла здания, предотвращая возникновение таких проблем, делает результаты энергоаудита объективными, достоверными, прозрачными, воспроизводимыми, а сам энергоаудит менее трудоемким и по-настоящему востребованным при энергоэффективной модернизации жилья.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Лучшая практика,
Энергосбережение,
Энергоаудит, Энергосервис,
Жилищный фонд,
Энергопаспорт, Качество,
Моделирование, Прогноз,
Инвестиции

В конструкциях и инженерных системах зданий заключено более половины потенциала энергосбережения. Однако внимание специалистов привлекает не только возможность значительной экономии, но и необходимость обеспечения комфортных и безопасных условий труда и быта.

Здание является достаточно сложным объектом, на функционирование которого одновременно влияет большое количество разнообразных внутренних и внешних факторов, к тому же изменяющихся во времени. Поэтому

для обоснованного решения вопросов по улучшению его эксплуатации, снижению энергозатрат, оптимизации микроклимата требуются достаточно сложные, трудоемкие и дорогостоящие процедуры обследования – энергетический аудит.

При этом наибольшие трудности отмечаются в случае жилых многоквартирных домов (МКД). Вот некоторые **характерные проблемы энергоаудита жилищного фонда**:

– отсутствие проектной и исполнительной документации, приводящее к существен-

- ной нехватке надежной и непротиворечивой информации о характеристиках и режимах эксплуатации здания и систем;
- сильное различие в фактическом техническом состоянии у зданий с одинаковой степенью физического износа, оказывающем существенное влияние на объем потребления энергоресурсов;
 - низкая культура пользования, технического обслуживания и эксплуатации оборудования и конструкций здания;
 - приблизительность сведений о фактической численности жильцов;
 - несанкционированные и несогласованные изменения в инженерном оборудовании квартир;
 - низкое качество, а порой и отсутствие учетных данных о потреблении энергоресурсов;
 - затрудненность натуральных проверок из-за отсутствия доступа в большинство квартир и к другим помещениям и частям единого комплекса, отделенным границами эксплуатационной ответственности.

Рассмотрим именно этот «сложный» для энергоаудита случай – обследование МКД.

На сегодня в России опыт энергетических обследований жилищного фонда в рамках исполнения законодательства об энергосбережении [1] накоплен достаточно большой. Однако по общему мнению подавляющее большинство энергоаудитов выполняется заведомо формально, поверхностно и с низкой достоверностью оценок эффекта от предлагаемых мероприятий. Энергетических обследований, способных преодолеть отмеченные выше проблемы, можно насчитать единицы. Практически каждый такой углубленный энергоаудит превращается в долгосрочное научно-экспериментальное исследование, которое в итоге, как правило, все равно вынуждено строить предположения об ожидаемом эффекте, основываясь на приблизительных данных, из-за чего качество технико-экономических обоснований оставляет желать лучшего.

К недостаткам обычной на сегодня практики энергоаудита можно отнести:

- неоптимальность (избыточность или недостаточность) плана обследования, и как следствие, излишняя стоимость

- услуг или зачастую недостижение поставленной цели;
- неполнота и противоречивость собранных данных и результатов обследования, в т.ч. инструментального;
- сильное влияние человеческого фактора, а отсюда и необъективность результатов всего энергоаудита;
- отсутствие единого механизма представления и анализа полученных сведений, делающее неработоспособной внутреннюю систему управления качеством обследований;
- невозможность результатов при их внешней проверке;
- невозможность использовать результаты энергоаудита на аналогичных объектах;
- высокая трудоемкость выполнения описательной и аналитической части;
- неполнота и практическая не востребованность результатов обследования в основном из-за их необъективности, недостоверности и неадекватности реальным потребностям.

В жилищном фонде имеется поистине огромное количество объектов, остро нуждающихся в обследовании. Например, число МКД, подлежащих комплексному капитальному ремонту с обязательным повышением их энергоэффективности, составляет в настоящее время около 2 млн. [2]. Учитывая отмеченные выше недостатки обследований энергоаудиторское сообщество сможет «переварить» это количество МКД в течение лет десяти, ещё более тормозя и без того трудно протекающий ремонтный цикл. При всём при том очевидно, что результаты этих обследований своим сомнительным качеством не принесут никакой практической пользы для принятия проектных, экономических и управленческих решений о капитальном ремонте. Поэтому вполне логично, что энергетические обследования в жилищном фонде до сих пор не являются обязательными.

Кроме того, обычная практика энергоаудит совершенно не рассматривает **риски, связанные с реализацией рекомендаций**.

Нельзя забывать, что любое радикальное повышение энергоэффективности (для выяснения возможности которого собственно и проводится энергоаудит), связано ли оно с изменениями в конструкции или в управле-

нии функционированием чаще всего ведет к **значительному усложнению**, как самого объекта, так и его эксплуатации: необходимость принудительной вентиляции вместо естественной, надстройки двигателей частотно-регулируемыми приводами, установки систем мониторинга, автоматического регулирования и диспетчеризации...

В условиях этой тенденции к усложнению традиционный инструментарий аналитической обработки результатов обследования, основанный на простых аналитических зависимостях, уже и при всем желании не может удовлетворить требованиям достоверности, объективности, реалистичности, комплексности и тем более точности.

В свою очередь попытки наперекор этой тенденции внести какие-либо упрощения также чреваты возрастанием экономических, технических, экологических и даже социальных рисков.

Цена причинённого ущерба в случае ошибки может быть очень высока, как впрочем и ценность достигаемого положительного эффекта при правильном решении (табл.1).

Таблица 1

Риски и эффекты энергосберегающих решений в зависимости от качества результатов энергоаудита

Необъективная и недостоверная оценка энергоэффективности	Объективная и достоверная оценка энергоэффективности
Энергосбережение плохо обоснованное и неадекватное целям потребителя:	Энергосбережение хорошо обоснованное и адекватное целям потребителя:
Испорченное здоровье!	Комфорт!!!
Разрушение конструкций!	Безопасность!!!
Аварии в сетях!	Надежность!!!
Катастрофические убытки!	Выгода!!!

Мы не будем углубляться в обсуждение действующих стандартов и методик обычной практики проведения энергетических обследований. Наша задача – описать подход (так

называемую «лучшую практику»), который, с одной стороны, хорошо коррелирует с подходом развитых стран в этом вопросе, а с другой стороны, объективно позволяет преодолеть указанные выше проблемы.

В настоящей статье мы описываем подход к проведению энергоаудита МКД, развиваемый Технологическим институтом энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО» (Москва) более 10 лет [см. например 3 и 4], на основе практического объединения **комплекса технологий натурального обследования и модельного вычислительного эксперимента**.

Этот подход оказался теоретически созвучен системным разработкам ОДО «Энерго-вент» (Минск) по динамическому моделированию различных энергетических объектов и установок.

В результате многолетнего творческого содружества и были созданы проверенные более чем на 120 объектах методика экспресс-энергоаудита жилых зданий и программный продукт «Модель-МКД» [5] на основе универсальной динамической модели многоквартирного дома.

Сформулируем в начале **основные цели лучшей практики энергоаудита здания**, которые должны быть достигнуты:

- 1) получение объективных данных о параметрах функционирования и характеристиках здания и его систем жизнеобеспечения и об объеме используемых энергетических ресурсов;
- 2) проверка эксплуатационной надежности и безопасности (оценка тепловлажностного состояния наружных ограждающих конструкций и режимов работы систем отопления и вентиляции в процессе эксплуатации);
- 3) определение достоверной обобщенной оценки энергетической эффективности здания и отдельных его систем, в том числе потенциала энергосбережения и повышения энергоэффективности;
- 4) разработка технически и экономически обоснованной (с заданной степенью точности) программы повышения энергоэффективности и эксплуатационной безопасности здания, адекватной предполагаемому применению результатов обследования.

Для достижения поставленных целей с учетом требований объективности, достоверности и адекватности необходимо, во-первых, представить здание как целостную систему, увязывающую воедино все основные компоненты, инженерные системы и влияющие факторы. Такая система (физико-математическое описание здания) становится работоспособной только при получении объективных данных. При попытке внести в неё ошибочные сведения сразу обнаруживается противоречивость и потеря целостности, что позволяет воспрепятствовать переносу ошибок во все последующие выводы и результаты.

Наиболее адекватно такая система математически описывается динамической имитационной моделью здания, для построения которой может быть применено различное известное программное обеспечение. В нашем случае был использован программный комплекс динамического имитационного моделирования энергосистем «МодЭн 3.23» и «МодЭн-калькулятор» [6 и 7].

Универсальная модель многоквартирного дома включает в себя решение взаимосвязанных систем уравнений, описывающих:

- взаимодействие всех основных наружных ограждающих конструкций МКД с окружающей и внутренней средой (нестационарные уравнения теплопроводности),
- теплоинерционные свойства внутреннего объема МКД (балансовые уравнения сохранения энергии),
- режимы работы водяной системы отопления, узлов автоматики и регулирования (тепло-гидравлические уравнения),
- блок расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций на основе [8],
- динамику процессов воздухообмена, горячего водоснабжения и электропотребления, а также прочие внутренние теплопоступления, характерные для МКД, и теплопоступления от солнечной радиации (инсоляция) и их изменения в сезонном суточном цикле,
- динамику экономической эффективности мероприятий, прогнозируемого потока инвестиций, изменения энергозатрат и прочих текущих затрат при эксплуатации здания за время его жизненного цикла.

Всего модель содержит около 80 тыс. уравнений, но пользователь видит не их, а параметры и результаты функционирования объекта.

До недавнего времени применение динамического моделирования сдерживалось сложностью процесса создания модели для каждой конкретной задачи. Однако в случае универсальной модели задача её математического описания и создания с пользователя снимается. На долю его остается лишь настройка модели на параметры конкретного здания, что доступно любому инженеру и специалисту, имеющему рядовую профессиональную подготовку и квалификацию в области энергоаудита.

Ранее, чтобы провести вычислительный эксперимент с прогнозом энергопотребления, приходилось пройти не менее пяти стандартных этапов, таких как построение математической модели (составление математических уравнений, описывающих объект); выбор численных методов расчета (построение дискретной модели, аппроксимирующей исходную математическую задачу, построение разностной схемы, разработка вычислительного алгоритма и т.д.); создание программы, реализующей вычислительный алгоритм; проведение расчетов и обработка полученной информации; анализ результатов расчетов.

Теперь, в программе «Модель-МКД», все три начальных этапа, которые могли представлять определенную сложность для энергоаудитора, уже пройдены разработчиками (**реализованы в программном модуле**). Дело осталось за малым: настроить универсальную модель на режимы и параметры обследованного объекта, запустить на счет и получить в результате показатели энергоэффективности, потенциал энергосбережения, энергетический паспорт, план инвестиций и пр.

Программный продукт «Модель-МКД» легко настраивается вводом исходных данных о здании, его системах и оборудовании, жильцах, климатических условиях и т.п. (ввод реализован непосредственно в программу или через импорт из шаблона Excel).

В процессе настройки можно проверить и оценить качество исходных данных, скорректировать ранее заложенные стандартные уставки, а при необходимости и исправить введен-

ные данные. С помощью программы «Модель-МКД» уточняется информация о численности жильцов и другие «ненадежные» сведения, в т.ч. фактическая суммарная мощность отопительных приборов, использование лифтов и освещения. Динамическая модель, кроме того, позволяет корректно (обоснованно) применить результаты кратковременных контрольных замеров, выполненных при инструментальном обследовании, на условия всего базового периода. На модели определяются и показатели, которые не поддаются точному измерению, например, фактический общий воздухообмен.

Обязательным этапом практической работы с моделью является оценка ее **адекватности** реальному дому. А **главным критерием адекватности модели МКД** (при рассмотрении здания как системы) служит близость модельного потребления тепловой энергии к результатам измерений на вводе в систему отопления.

На адекватно настроенной модели можно проверить и оценить, как отразятся на функционировании дома и его экономике те или иные мероприятия по повышению энергоэффективности. И выбрать наиболее эффективные.

Таблица 2

Параметры, контролируемые в программе «Модель-МКД»

Физические	Санитарно-гигиенические	Технические	Экономические
Температура, влажность материала, парциальное давление водяных паров в толще конструкции.	Температура воздуха и кратность воздухообмена в помещении. Выпадение конденсата на внутренней поверхности ограждающих конструкций	Тепловые нагрузки. Градусо-сутки. Приведенный коэффициент теплопередачи. Теплотери. Теплопоступления. Расход приточного воздуха. Температура теплоносителя. Избыточное увлажнение конструкций. Коэффициент использования оборудования	Энергопотребление. Удельный расход тепловой энергии. Класс энергоэффективности здания. Коэффициент энергоэффективности системы. Инвестиции. Текущие затраты. Амортизационные отчисления. Доход. Чистый дисконтированный доход. Срок окупаемости
Диаграммы текущего состояния и осциллографы			
Объемная влажность. Давление водяных паров. Температура в толще.	Температура в помещении. Выпадение конденсата.	Температура в узле смешения. Состояние запорной арматуры. Переувлажнение материала стен.	Адекватность. Чистый доход (NPV)
Отчеты по результатам моделирования			
Тепловой баланс. Состояние материала конструкций	Микроклимат помещений.	Тепловые нагрузки.	Отчет проверки на адекватность. Сводный отчет о результатах. Энергетический паспорт. Инвестиции. Доходы.

Такая технология позволяет снизить общую трудоемкость проведения энергетического обследования, включая натурные обследования и измерения, до срока не более 5 дней (при наличии хорошей системы учета энергоресурсов) на единичный дом или даже группу из 5-10 однотипных домов и делает энергоаудит объективным, достоверным, прозрачным, воспроизводимым по результатам и адекватным реальным потребностям.

Основными функциями программы «Модель-МКД» являются:

- хранение и архивирование характеристик МКД и его инженерных систем (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение, освещение и т.д.);
- формирование динамической модели конкретного МКД;
- оценка эксплуатационных параметров режимов функционирования и характеристик систем и конструкций;

- оценка энергоэффективности здания и инженерных систем;
- внедрение технических решений в модель МКД для оценки их эффекта;
- ведение базы нормативов и технических решений по повышению безопасности и энергоэффективности МКД;
- вывод энергетического паспорта, отчетов об энергопотреблении, состоянии систем и конструкций, отчета по доходам и инвестициям при введении новых технических решений и др. на разных стадиях жизненного цикла здания.

В вычислительном эксперименте на модели МКД получаем возможность контролировать в динамике при фактических и других заданных эксплуатационных условиях различные физические, санитарно-гигиенические, технические и экономические параметры здания, как целой системы, так и отдельных его инженерных систем (табл.2).

При работе с программой «Модель-МКД» можно выделить три в общем-то стандартных этапа:

1) Анализ и оценка существующего состояния:

- заполнение стандартных форм исходных данных,
- проведение расчета по базовому периоду с проверкой модели на адекватность,
- анализ показателей энергоэффективности, надежности и безопасности за базовый (отчетный) период.

2) Анализ и оценка возможностей улучшения (задание и проверка на модели мероприятий по энергосбережению):

- настройка модели на внедрение последовательности технических решений по энергосбережению,
- проведение прогнозного расчета с анализом результатов внедрения,
- выбор наиболее экономически выгодной последовательности мероприятий.

3) Создание отчета-заключения.

Следует подчеркнуть, что хотя основными этапами процесс использования программы «Модель-МКД» мало чем отличается от привычной последовательности энергоаудита, однако с точки зрения характера работы имеет принципиальное отличие. В процессе расчета динамики модели по за-

данному периоду времени программа моделирует и показывает на графиках, диаграммах и отчетах все изменения, происходящие в здании и его системах. Благодаря этому сразу можно обнаружить неправильную работу отдельных систем. Параллельно в динамике оперативно обновляются значения всех показателей и накапливаются «счетчики». Пользователь в процессе работы может менять настройки модели и следить за реакцией объекта. В каждый момент времени он может остановить счёт для анализа ситуации и оперативно получить через отчеты и графики полную картину текущего состояния и всей истории, которая привела к исследуемой ситуации.

Проверка настроек физико-математической модели на адекватность в программе реализуется путем сравнения показания приборов учета на объекте с результатами модельного динамического расчета (рис.1).

Невязка (отклонение результатов модельного расчета от результатов измерения фактического потребления) должна быть невелика. На сегодня она не нормируется, но может быть принята на уровне приборной погрешности, например, 4% для теплосчетчика. Если мы добились требуемой близости модельных и натуральных результатов, то можем работать с моделью, как с натурой. Если же значение невязки велико (например, больше 4%), то это свидетельствует о наличии существенных расхождений исходных данных с фактическим состоянием здания и инженерных систем, их характеристиками или параметрами и режимами эксплуатации и требует необходимости уточнений.

По результатам «адекватного» расчета за базовый год можно сформировать итоговые отчеты о состоянии здания на текущий момент, например, энергетический паспорт. В паспорте приведены все основные нормируемые (теплотехнические) показатели жилого дома, а также оценка класса энергоэффективности, исходя из действующих нормативов (программа позволяет проводить оценку класса энергоэффективности по нормативам, установленным для того региона и страны, в которых расположен объект). На рис. 2 представлен энергопаспорт здания, составленный по форме СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» [9].

Как видим в приведенном примере, расчетный удельный расход тепловой энергии де факто составлял 141,8 кДж/(м²*°С*сут), что соответствует классу энергетической эффективности здания «Е» (низший) [10].

Одновременно с оценкой энергоэффектив-

ности расчет на адекватной модели здания, выполненный нами за базовый год, позволяет сформировать также сведения об энергопотреблении, диаграммы динамики микроклимата в жилых помещениях и тепло-влажностного режима стен и др.

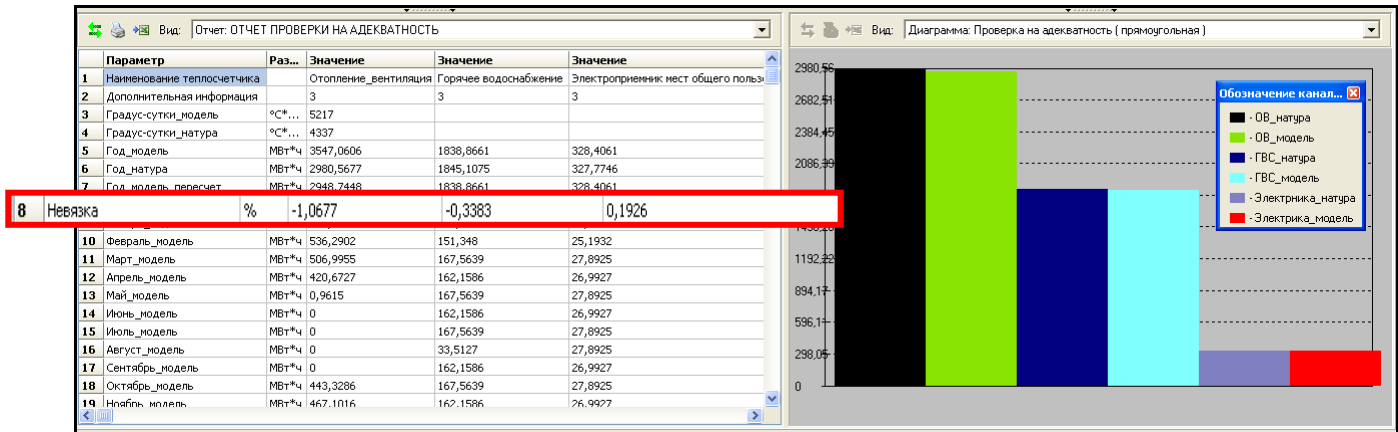


Рис. 1. Отчет и диаграмма проверки на адекватность

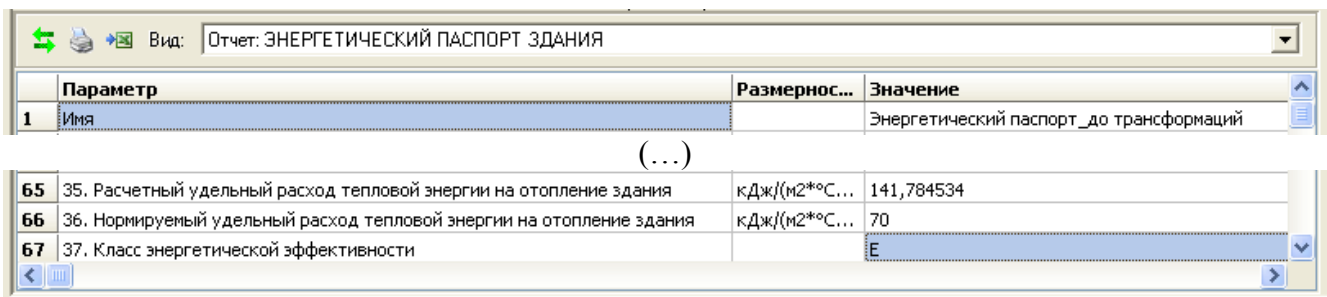


Рис. 2. Энергетический паспорт здания (существующее состояние)

Для оценки **эксплуатационного** уровня энергоэффективности МКД могут быть использованы следующие индикаторы:

- **Индикатор уровня наладки системы отопления (ИНО)** – относительное отклонение фактической тепловой нагрузки на отопление от ее расчетной величины (определенной по теплопотерям согласно правилам проектирования). Значение ИНО, большее 0,1, означает повышенный расход тепловой энергии на отопление (10% и более), причиной которого может быть «перетоп» или нерационально высокий воздухообмен (в частности, открытые форточки и окна). Если ИНО меньше -0,3, то можно утверждать, что МКД характеризуется ухудшенным комфортом поме-

щений, обусловленным «недотопом» или недостатком воздухообмена.

- **Коэффициент уровня воздухообмена (КУВ)** – это величина отношения фактического и нормативного объемов воздухообмена. Показывает степень избыточности (больше 1,2) или недостаточности (меньше 0,6) воздухообмена помещений.

Практика энергоаудитов показала, что около 40% обследованных нами МКД имеют коэффициент **КУВ** менее 0,6, т.е. недостаточный воздухообмен. На более 40% зданий индикатор ИНО показал повышенный расход тепла. Как правило, это болезнь утепленных зданий без работающих термостатических клапанов регулирования. Причем само по себе наличие термостатов при отсутствии

налаженного автоматизированного теплового пункта на вводе в МКД не гарантирует от перерасхода тепла. Все обследованные нами здания с установленными термостатами на приборах отопления, но без авторегулирования на тепловом вводе оказались энергетически расточительными.

Ухудшенный комфорт более характерен для неутепленных зданий. Установленные в них жильцами новые герметичные окна со стеклопакетами существенно снижают потребление тепла, однако при этом сильно сокращают воздухообмен. Таких проблемных домов с пониженным ИНО среди неутепленных зданий оказалось около 45%. Среди утепленных зданий таких домов гораздо меньше – около 15%.

Таким образом, в результате выполнения первого этапа достигаются сразу три первые цели проведения энергоаудита, отмеченных ранее: получены объективные данные, проверена эксплуатационная безопасность, определена энергетическая эффективность и потенциал энергосбережения по отношению к нормативно установленному уровню энергоэффективности.

Если задача энергоаудита состояла только в этом (например, при присвоении зданию класса энергоэффективности), то работу в целом можно считать выполненной. Однако, как правило, от энергоаудитора требуется еще и дать обоснованные рекомендации. Если так, то необходимо продолжить работу с моделью.

Следующий этап – самый творческий. Мы начнем трансформировать модель нашего здания. Что значит трансформировать? Это значит внедрить в модель такие технические решения, которые приводят к повышению энергоэффективности. Каждое отдельное техническое решение (мероприятие) мы называем ТРАНСФОРМАЦИЕЙ.

Через серию трансформаций, соответствующих реализации современных передовых энергосберегающих решений, программа «Модель-МКД» формирует модель эталонного состояния энергетической системы обследованного здания. Это позволяет при оценке потенциала энергосбережения перейти от обобщенных нормативов и среднестатистических аналогов к принципиально новой базе

сравнения – индивидуальному эталону энергоэффективности.

В результате сопоставления фактического и эталонного состояния энергетической системы определяется «модернизационный» потенциал энергосбережения для обследуемого МКД. Причем эталонным состоянием энергетической системы здания признается такое состояние, которое по составу системы и параметрам ее функционирования отвечает современным требованиям энергоэффективности и современному уровню развития техники и технологий.

Для создания обоснованного плана реализации мероприятий программа «Модель-МКД» располагает следующими инструментами:

- **База мероприятий** с характеристиками их особенностей (схема мероприятия, материал, оборудование, нормируемые параметры и свойства), цены (удельные коэффициенты для слагаемых формулы цены мероприятия) и эффекта (удельные коэффициенты для слагаемых формулы экономии, если для данного мероприятия нет описания динамики в модели);
- **База нормативов** (с указанием документов-источников), к достижению которых может быть направлено мероприятие;
- **База материалов** с теплофизическими характеристиками и параметрами влагопереноса;
- **База оборудования** с техническими характеристиками;
- **База климатических условий**;
- **Блок задания календарного плана внедрения мероприятий**;
- **Блок переключателей режима расчета инвестиций** (автоматически/вручную) по мероприятиям;
- **Блок индивидуального задания размера инвестиций** по мероприятиям (при необходимости);
- **Блок задания экономических параметров** (тарифы, нормы амортизации, дополнительной заработной платы и затрат на текущий ремонт, норма дисконта, доля частных инвестиций и т.п.).

При выборе базовых мероприятий для модели главное внимание нами было уделено наиболее проблемным, т.е. требующим обос-

нования инвестиций. При этом предполагается, что режимные мероприятия должны осуществляться совместно с соответствующей модернизацией. Поэтому, если в названии мероприятия значится установка, то необходимо понимать, что она должна производиться вместе с последующей за ней наладкой.

Кроме того, программа позволяет вводить в модель и любые другие мероприятия в т.ч. и беззатратные.

Задача энергоаудитора – из имеющейся в программе базы прогрессивных энергосберегающих мероприятий сформировать укрупненный проект повышения энергоэффективности, который описывает комплексное воздействие на энергетическую систему здания, последовательно приводящее энергетическую систему здания к ее эталонному состоянию (включая

весь комплекс показателей энергоэффективности, рассчитанных для такого состояния).

Пользователь должен указать желаемую («целесообразную» по его мнению) последовательность трансформаций (годы внедрения технических решений) и некоторые их технические и экономические параметры, если они отличаются от уже заложенных в базе «типовых мероприятий» программы (рис. 3).

Объем инвестиций в отдельные решения по трансформации модели могут быть определены программой автоматически с учетом формулы и коэффициентов, заданных в базе для определенного мероприятия. На рис. 4 показан пример задания констант расчета инвестиций в базе «Модель-МКД» применительно к техническим решениям по утеплению фасада (трансформация 3 на рис.3).

Имя	Имя трансформации	Система	Год внедрения
1 Трансформация_1_АИТП	Установка автоматизированного ИТП	Автоматизация ИТП	2014
2 Трансформация_2_Замена окон	Замена окон на стеклопакеты	Пластик	2030
3 Трансформация_3_Стены	Утепление стен	Термопанель ППУ с металлополимером	2017
4 Трансформация_4_Кровля	Утепление покрытия	Плиты минватные снизу	2016
5 Трансформация_5_УТВ_1	Установка утилизаторов теплоты вытяжного воздуха	Централизованная утилизация теплоты вытяжных газов	2018
6 Трансформация_6_Термостаты	Установка термостатов на приборах отопления	Термостат со встроенным датчиком	2014
7 Трансформация_7_Датчики движения_Лампы накаливания	Установка датчиков движения и присутствия	Лампы накаливания	2014
8 Трансформация_8_Регулирование ЧО	Установка регулируемого числа оборотов повысительны	Система водоснабжения	2030
9 Трансформация_9_Регулирование напоров ГВС	Регулирование напоров воды во внутренней системе зда	Система горячего водоснабжения	2014
10 Трансформация_10_Лифты	Установка безредукторной лебедки	Система лифтов	2030
11 Трансформация_11_Датчики движения_Люминисцентные лампы	Установка датчиков движения и присутствия	Люминисцентные лампы	2014

Рис. 3. Настройка трансформаций модели (последовательности энергосберегающих мероприятий)

№	Материал ограждений [Безразмерная величина]	Материал основног	A0 [Безразмер]	A1 [Безразмерная в
1	Напыление пенополиуретана	пенополиуретан	142,5	370
2	Термопанель пенополиуретан	пенополиуретан	3000	125
3	Термопанель пенополистирол	пенополистирол	2466,7	310
4	Мокрый фасад		1612	90,7
5	Вентилируемый фасад с керамогранитом		2006	230,4
6	Термопанель ППУ с металлополимером		998	177

Рис. 4. Константы расчета инвестиций в базе программы

Отметим, что и последовательность, и состав, и параметры трансформаций, не только можно, но и нужно менять, чтобы при разных вариантах повышения энергоэффективности выбрать тот, который приносит оптимальные экономические результаты.

Определив трансформации и их последовательность (в каком-то из вариантов), задаем новый период счета, например, на срок внед-

рения всех трансформаций (или другой срок по усмотрению энергоаудитора). И снова запускаем программу на счет, наблюдая за происходящими изменениями состояния здания и эффектом. В частности во время расчета можно проследить за температурно-влажностным состоянием в толще ограждающих стеновых конструкций.

Результаты трансформации отражаются в энергопаспорте объекта (рис. 5). Из рис.5 видим, что расчетный удельный расход тепловой энергии по итогам трансформаций, за-

планированных нами на 2014-2018 годы, снизился до 42,6 кДж/(м²*°С*сут), и класс энергетической эффективности здания достиг уровня «В+» (повышенный) [9].

Параметр	Размернос...	Значение	Значение
1	Имя	Энергетический паспорт_до трансформаций	Энергетический паспорт_после трансформац
2	Алгеб здания	1	1
(...)			
65	35. Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания	кДж/(м2*°С... 141,784534	42,626998
66	36. Нормируемый удельный расход тепловой энергии на отопление здания	кДж/(м2*°С... 70	70
67	37. Класс энергетической эффективности	E	B+

Рис. 5. Энергетический паспорт здания (после трансформаций)

В основе установления класса энергоэффективности лежит **отклонение фактического или расчетного значения удельного расхода тепловой энергии на отопление здания от нормируемого значения**, устанавливаемого требованиями энергетической эффективности. Если этот показатель больше 0,05, то энергоэффективность МКД понижена, если же меньше -0,1 – повышенная.

Однако пониженный класс энергоэффективности здания ничего не говорит о том, можно ли его повысить. Поэтому для практических целей энергосбережения «Модель-МКД» предлагает другой показатель: **коэффициент энергоэффективности**. Этот показатель [10] по сути отражает **потенциал энергосбережения, достигаемый путем экономически оправданной энергетической модернизации здания** в целом или какой-либо из его инженерных систем (тепло-снабжение, горячее водоснабжение, общедомовое освещение, силовое оборудование).

Коэффициент энергетической эффективности здания равен отношению объема годового потребления энергии системами МКД после достижения эталонного состояния (реализации всех мероприятий современной «лучшей практики» по энергосбережению) к величине фактического потребления энергии в базовом году (до начала процесса реализации потенциала энергосбережения), приведенной к нормируемым условиям. Этот критерий показывает, насколько фактическое состояние МКД далеко или близко к лучшей (эталон-

ной) практике энергосбережения с учетом особенностей данного МКД. Чем ближе значение показателя к единице, тем ближе состояние системы к состоянию эталона энергоэффективности.

Значение этого критерия в отличие от класса энергоэффективности не зависит от каких-либо директив, но связано с пониманием современной «лучшей практики» по энергосбережению. Поэтому при изменении состава мероприятий «лучшей практики» могут понадобиться обновленные вариантные расчеты эталона, в результате чего может измениться и значение коэффициента энергоэффективности.

На рис. 6 приведен сводный отчет по результатам трансформаций.

В строке 17 этого отчета приведены коэффициенты энергоэффективности, определенные при прогнозном расчете модели. Как видим, коэффициент энергетической эффективности системы отопления здания (третья колонка отчета) очень низкий, на уровне 0,3. Это означает, что за счет реализации спланированных мероприятий ожидается сокращение энергопотребления этой системой на $(1 - 0,3) * 100 = 70\%$.

Экономическая обоснованность технических решений определяется по критерию чистого дисконтированного дохода (NPV), отражающего совокупный доход от экономии на платежах за энергоресурсы за срок жизни проект. Программа позволяет рассчитать такой критерий (рис. 7).

Вид: Отчет: Сводный отчет по результатам трансформаций

Параметр	Раз...	Значение	Значение	Значение
1	Имя	Коэффициент эффективности_Отопление_Вентиляция	Коэффициент эффективности_ГВС	Коэффициент эффективности_электр...
2	Система	Отопление и вентиляция	Горячее водоснабжение	Места общего пользования_электрика
3	Год 1	2013	2013	2013
4	Годовой расход энергии 1	МВт*ч 3547,1867	1838,8787	328,4124
5	Год 2	2014	2014	2014
6	Годовой расход энергии 2	МВт*ч 3040,0576	1471,1029	96,8855
7	Год 3	2015	2015	2015
8	Годовой расход энергии 3	МВт*ч 3041,9608	1471,1029	96,8855
9	Год 4	2016	2016	2016
10	Годовой расход энергии 4	МВт*ч 2971,302	1475,4272	97,151
11	Год 5	2017	2017	2017
12	Годовой расход энергии 5	МВт*ч 1158,5773	1471,1029	96,8855
13	Год 6	2018	2018	2018
14	Годовой расход энергии 6	МВт*ч 1068,5764	1471,1029	96,8855
15	Год 7	2019	2019	2019
16	Годовой расход энергии 7	МВт*ч 1066,502	1471,1029	96,8855
17	Коэффициент эффективности 1	0,3006	0,8	0,295
18	Коэффициент эффективности 2	0,4436	1	1
19	Коэффициент эффективности 3	0,443	1	1
20	Коэффициент эффективности 4	0,463	0,9976	0,9991
21	Коэффициент эффективности 5	0,974	1	1
22	Коэффициент эффективности 6	0,9994	1	1
23	Коэффициент эффективности 7	1	1	1

Рис. 6. Сводный отчет по результатам трансформаций

Вид: Отчет: ОТЧЕТ по доходам

Параметр	Размерность	Значение
1	NPV-чистый дисконтированный доход	тыс.руб 1134,0962
2	Простой срок окупаемости	с 4,248295

Рис. 7. Расчет экономических критериев

Помимо NPV в состав экономических критериев входят срок окупаемости и индекс рентабельности инвестиций. На основе экономических критериев варианты проектов повышения энергоэффективности МКД могут быть ранжированы по степени их инвестиционной привлекательности для энергосервиса и государственного финансирования.

В результате выбора наиболее экономически выгодного (целесообразного) варианта повышения энергоэффективности здания достигается конечная цель проведения энергоаудита: объективно обоснованный, как технически, так и экономически, адекватный конкретному зданию проект программы энергосберегающей модернизации (санации) МКД с отчетными материалами, обосновывающими и подтвер-

ждающими энергетическую и экономическую эффективность проекта.

В традиционной методологии энергоаудита разработка энергетического паспорта и технического отчета, как отмечалось ранее, является достаточно трудоемкой и ответственной стадией работ. В случае с динамической моделью мы видели, что все отчеты, включая энергетический паспорт, формируются в динамике непосредственно в процессе модельного расчета. Таким образом, на выходе этапа «**Анализ и оценка возможностей улучшения**» мы уже имеем в наличии полный комплект отчетов с оценкой текущего (базового) состояния, с оценкой эталонного состояния и с оценкой эффекта от перевода объекта из текущего состояния в эталонный. Все эти отчеты могут быть или распечатаны непосредственно из

программы «Модель-МКД» (собственно этим процесс документирования может и завершиться) или экспортированы в Excel для дальнейшего использования и обработки.

В качестве «завершающего штриха» в комплект программы «Модель-МКД» входит также **Заключение об энергоэффективности МКД** (в Excel-формате), которое в обобщенной наглядной форме предоставляет всю актуальную информацию, необходимую для контрольных органов, эксплуатирующих организаций, управляющих компаний, собственников и инвесторов. Содержание заключения приведено в табл.3.

Для визуализации текущего состояния и достигаемых результатов заключение об энергоэффективности МКД содержит два ли-

ста, графически иллюстрирующих **энергетический профиль здания** (уровень энергоэффективности и структура энергопотребления) по фактическому состоянию и после реализации потенциала энергосбережения (табл.4).

Предложенная технология экспресс-энергоаудита и программный комплекс «Модель-МКД» в полной мере решает все основные проблемы достоверности и объективности оценки потенциала энергосбережения и энергопаспортизации МКД, обеспечивает практическую ценность результатов энергоаудита, как для индивидуальных собственников, так и для энергоменеджмента ТСЖ и управляющих компаний, для энергетического сервиса, для администраций муниципальных образований и др. заинтересованных лиц.

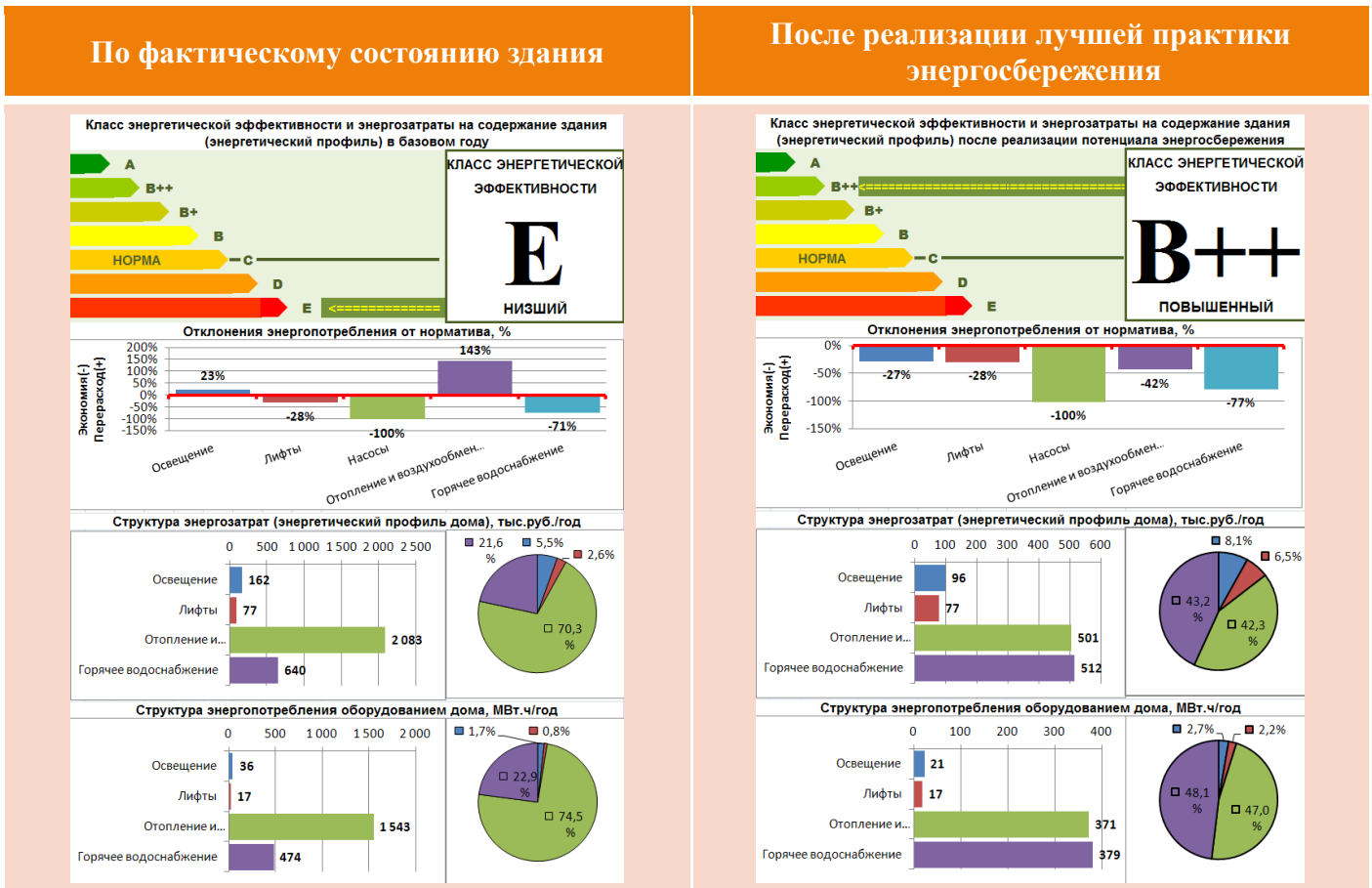
Таблица 3

Содержание заключения об энергоэффективности МКД

Наименование раздела заключения	
1.	Лицензионно-разрешительная документация лаборатории, выдавшей заключение
2.	Сведения о проведенном обследовании и его результатах, включая выводы о выполнении требований энергетической эффективности
3.	Технические требования, обеспечивающие достижение показателей, характеризующих выполнение требований энергетической эффективности
4.	Класс энергетической эффективности и энергозатраты здания (энергетический профиль) в базовом году
5.	Класс энергетической эффективности и энергозатраты здания (энергетический профиль) после реализации потенциала энергосбережения
6.	Показатели энергетической эффективности здания до и после реализации потенциала энергосбережения
7.	Энергетический паспорт здания по фактическому состоянию и после санации
8.	Рекомендуемый порядок реализации энергосберегающих мероприятий с оценкой объемов инвестиций для включения в программу санации
9.	Экономическое обоснование и показатели окупаемости инвестиций в программу санации без участия государственных субсидий
10.	Экономическое обоснование и показатели окупаемости инвестиций в программу санации с долей государственных субсидий 50%
11.	Экономическое обоснование и показатели окупаемости инвестиций в программу санации с долей государственных субсидий 70%
12.	Динамика энергопотребления и изменение тепловых нагрузок здания при реализации программы санации здания. Потенциал энергосбережения
13.	Показатели адекватности физико-математической модели энергопотребления здания
14.	Исходные данные энергоаудита, принятые для моделирования энергопотребления
15.	Данные визуально-измерительного контроля
16.	Расширенные рекомендации к программе энергосбережения и повышения энергоэффективности

Таблица 4

Класс энергетической эффективности
и энергозатраты МКД



Освоение и применение указанной технологии динамического моделирования не требует применения специальной техники и приборов, сокращает затраты на проведение энергообследований и повышает качество их результатов.

Представленный универсальный подход использования динамической модели многоквартирного дома в энергоаудите, а также программный комплекс «Модель-МКД» позволяют обеспечить объективность, достоверность и воспроизводимость результатов энергоаудита практически любого МКД и могут стать одним из основных инструментов как собственно энергетических обследований, так и проверки качества их проведения, а также мониторинга и оценки результатов реализации проектов повышения энергоэффективности МКД.

Выводы

- 1) Разработан экспресс-метод проведения энергетических обследований жилых домов на основе динамической имитационной модели здания, позволяющий при общем существенном снижении трудоемкости обследования повысить достоверность исходных данных и результатов обследования, объективность оценок эксплуатационной безопасности и энергетической эффективности здания, точность и достоверность определения потенциала энергосбережения и экономического эффекта от внедрения энергоэффективных технических решений.
- 2) Предлагаемый метод позволяет точно и объективно оценить экономическую эффективность вариантов энергетической модернизации и энергетическую эффек-

- тивность здания, величину экономически целесообразного и технически достижимого уровня экономии энергии за счет внедрения энергосберегающих мероприятий, а также влияние технических решений на микроклимат помещений и тепловлажностное состояние ограждающих конструкций в процессе эксплуатации.
- 3) Программа «Модель-МКД» позволяет обеспечить сопоставимость условий на всех стадиях осуществления проекта повышения энергоэффективности, а также выделить и оценить вклад энергетического сервиса и других частных инвестиций в происходящие изменения энергопотребления, что важно для обоснования платежей

по реализуемым энергосервисным контрактам.

- 4) Предлагаемый экспресс-метод прошел успешную адаптацию на более чем 120 МКД г.Москвы и показал свои очевидные преимущества.
- 5) Разработанный метод может с успехом применяться не только при энергоаудите зданий в процессе их эксплуатации и принятии решения о капитальном ремонте, но и на стадии проектирования для анализа энергоэффективности проектируемых (реконструируемых) домов, а также на стадии приемки в эксплуатацию для проверки качества реализации принятых проектных решений.

Библиографический список

1. Закон РФ от 21.07.2007 г. №185-ФЗ «О Фонде содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства»
2. «Финансирование капитального ремонта и повышения энергоэффективности многоквартирных жилых домов в России. Основные выводы и рекомендации». Международная финансовая корпорация. Европейский банк реконструкции и развития. Москва. 2012
3. «Методика экспресс-аудита энергоресурсопотребления эксплуатируемых жилых домов и зданий бюджетных учреждений. НДЭМ 01.03.2000. Методика-1-2008», ДепТЭХ Москвы.
4. «Методика диагностики и энергетических обследований наружных ограждающих конструкций строительных сооружений тепловизионным бесконтактным методом». Свидетельство аттестации МВИ ФГУ Ростест-Москва № 02/442-2002 (основной вариант) и № 09/442-2001 (летний вариант).
5. «Программа динамического моделирования функционирования многоквартирного дома (русск. МОДЕЛЬ-МКД, англ. MODEL-AB)». Свидетельство государственной регистрации №2014610876 от 17.01.2014г.
6. [Электронный ресурс] Код доступа: www.energovent.com/demo/files/presentation/B13.ppsx.
7. [Электронный ресурс] Код доступа: www.energovent.com/ru/section.php?id=6.
8. Руководство по расчету влажностного режима ограждающих конструкций здания. НИИСФ. Москва. Стройиздат, 1984.
9. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.
10. Приказ Минрегионразвития РФ от 8.04.2011 г. №161 «Об утверждении Правил определения классов энергетической эффективности многоквартирных домов и Требований к указателю класса энергетической эффективности многоквартирного дома, размещаемого на фасаде многоквартирного дома».
11. Волов Г.Я., Дмитриев Г.М. Об одной критерии оценки энергоэффективности здания // Энергия и менеджмент, 2012, №5 (68), с. 30-32.

АВТОРЫ НОМЕРА

Витлин Эдуард Иоахимович

Генеральный директор ЗАО «Проектно-строительная фирма 89», доктор инжиниринга, академик Международной инженерной академии, вице-президент Санкт-Петербургской инженерной академии, академик Европейской академии естественных наук, почетный строитель России

Волов Григорий Яковлевич

Директор ОДО «Энерговент», г.Минск, кандидат технических наук

Волосухин Виктор Алексеевич

Директор Института безопасности гидротехнических сооружений, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ

Гурьянов Юрий Владимирович

Директор ООО «НИИ Высокопрочные Системы Усиления «ИНТЕР/ТЭК»

Зуев Владимир Иванович

Технологический институт энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО», г.Москва, заведующий лабораторией тепловых динамических процессов

Кудрявцев Владимир Александрович

Заместитель генерального директора по проектированию ЗАО «Уралспецэнергоремонт-Екатеринбург»

Кудрявцев Сергей Владимирович

Доцент кафедры «Строительные конструкции» Уральского Федерального Университета им. Б.Н. Ельцина, кандидат технических наук

Подольский Марк Семенович

Генеральный директор «ЦНИО-проект», кандидат экономических наук, аудитор систем качества BVcertification, DET NORSKE VERITAS, SGS, Русский Регистр, Главный аудитор систем качества TUV-CERT, эксперт по системам качества Мосстройсертификации и Газпромсерт

Сенновский Дмитрий Вадимович

Заместитель генерального директора Технологического института энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО», г.Москва

Ткаченко Юрий Юрьевич

Заместитель руководителя, начальник территориального центра мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера ГКУ Краснодарского края «Управление по обеспечению пожарной безопасности, предупреждению чрезвычайных ситуаций и гражданской обороне», кандидат географических наук, почетный работник Гидрометеослужбы России

Троицкий-Марков Тимур Евгеньевич

Председатель Совета директоров Технологического института энергетических обследований, диагностики и неразрушающего контроля «ВЕМО», г.Москва, президент НП «Инновационный кластер НЭБ», Член-корреспондент Российской Академии космонавтики им. К.Э. Циолковского, Почетный изобретатель г.Москвы

Четверик Николай Павлович

Заместитель Директора Центра инноваций в городском хозяйстве НИУ ВШЭ, член Экспертного совета по реализации пилотного проекта повышения инновационности государственных закупок в строительной отрасли при Министерстве регионального развития РФ, заместитель председателя комитета инновационных технологий в строительстве НОСТРОЙ, член комитета по совершенствованию тендерных процедур и инновационной деятельности НОП, член SOVAC при РСПП, член-корреспондент ВАН КБ, член «ТК-465-Строительство», эксперт высшей квалификации и эксперт по строительному контролю ЕС ОС, аудитор системы менеджмента качества TUV Rheinland

Главный редактор | Еремин К.И.
Редактор | Шишкина Н.А.
Оператор компьютерной верстки | Буторина Н.А.
Дизайнер | Куркина Т.О.
Подготовлено к изданию | 30.06.2014 г.

Выпуск | 2 (11)
Основан | 2011 г.
Издатели | АНО НИИ «Промбезопасность»
Регистрация | Св-во Эл №ФС77-45511 от 22.06.2011 г.
Адрес редакции | г.Магнитогорск, ул.Уральская, д.24
Интернет | www.наука-и-безопасность.рф
E-mail | redaktor@prom-b.com
Учредители | ООО «ВЕЛД»