

УДК 004.622

DOI: 10.24160/1993-6982-2018-4-44-52

Разработка алгоритма многокритериального выбора энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в зданиях при формировании программ по энергосбережению в социальной сфере

Г.П. Власенко, А.З. Халилуллина, Н.В. Туманов

В настоящее время успешно развиваются множество направлений в области ресурсо- и энергосбережения, но стоит отметить особую роль сферы жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), которая является крупнейшим потребителем топливно-энергетических ресурсов и имеет огромный потенциал энергосбережения.

Предпринятые меры государственной политики в градостроительном секторе в период с 2007 по 2015 гг. позволили снизить удельный расход энергоресурсов на 13 %. Российские здания и сооружения обладают наибольшими резервами экономии: 102 млн т у.т. или 22 % от общего потенциала энергосбережения в стране. Актуальность системного подхода к выбору энергосберегающих мер обоснована необходимостью приоритетного внесения зданий, требующих проведения капитального ремонта, в программы энергосбережения для экономии бюджетных средств. Отсутствие методики системной разработки подобных программ в рамках проведения реконструкции не позволяет получать обоснованные решения в короткие сроки с минимальными трудозатратами.

Показана возможность использования полученных результатов при разработке программ капитального ремонта зданий различного назначения. Сформулированы выводы о применимости методики и определены варианты использования полученных результатов в рамках программы капитального ремонта в зданиях различного назначения для снижения энергопотребления данных объектов.

Ключевые слова: энерго- и ресурсосбережение, капитальный ремонт, потенциал энергосбережения, сооружения.

Для цитирования: Власенко Г.П., Халилуллина А.З., Туманов Н.В. Разработка алгоритма многокритериального выбора энерго- и ресурсосберегающих мероприятий в зданиях при формировании программ по энергосбережению в социальной сфере // Вестник МЭИ. 2018. № 4. С. 44—52. DOI: 10.24160/1993-6982-2018-4-44-52.

A Multi-criteria Choice of Energy and Resource Saving Measures for Buildings in Drawing up Energy Conservation Programs in the Social Sector

G.P. Vlasenko, A.Z. Khalilullina, N.V. Tumanov

Currently we are witnessing successful efforts on developing resource and energy saving solutions in many fields of economy, among which it is worthy of noting a special role of the housing and communal sector, which is the largest consumer of fuel and energy resources and has a huge potential for energy saving.

Owing to the state policy measures taken in the town-planning sector in the period from 2007 to 2015, the specific consumption of energy resources has been decreased by 13 %. Nonetheless, buildings and structures in Russia still have the largest reserves of savings, which are estimated at 102 million tce or 22 % of the total energy saving potential in the country. The urgency of applying a systematic approach to selection of energy-saving measures is stemming from the need of including, on a ranked basis, the buildings requiring overhaul in energy saving programs to save budget funds. The lack of a methodology for developing such programs on a systematic basis within the framework of modernization does not allow duly justified decisions to be obtained within a short period of time with the minimal effort.

The possibility of using the obtained results in the development of programs for overhaul of buildings for different purposes is demonstrated. Conclusions regarding the applicability of the procedure to buildings intended for different purposes are formulated. The article suggests alternative versions of applying the obtained results within the framework of the program for carrying out the overhaul of buildings for various purposes as a result of which the energy consumption in these facilities can be reduced.

Key words: energy saving, resource saving, overhaul, energy saving potential, structures.

For citation: Vlasenko G.P., Khalilullina A.Z., Tumanov N.V. A Multi-criteria Choice of Energy and Resource Saving Measures for Buildings in Drawing up Energy Conservation Programs in the Social Sector. MPEI Vestnik. 2018;4:44—52. (in Russian). DOI: 10.24160/1993-6982-2018-4-44-52.

Введение

В секторе российских зданий и сооружений в период с 2007 по 2015 гг. удельный расход энергоресурсов в расчете на 1 м² полезной площади (при приведении к сопоставимым климатическим условиям) снизился на 13 %. По результатам исследований энергоэффективности объектов различных отраслей рассматриваемый сектор по-прежнему обладает наибольшими резервами экономии: 102 млн т у.т. или 22 % от общего потенциала энергосбережения в стране, что эквивалентно 15 % потребления первичной энергии или 20 % добычи природного газа в России в 2013 г., или 33 % объема потребления первичной энергии в Германии в 2012 г., или 0,8 % от мирового потребления первичной энергии в 2012 г. В настоящее время доля потребления энергетических ресурсов объектами недвижимости различного функционального назначения составляет 68 % годового потребления тепловой энергии, 31 % электрической энергии и 45 % природного газа [1 — 3].

Все меры в области энергоэффективности отличаются многочисленными техническими и технологическими характеристиками, сроком окупаемости, уровнем экономии энергии, особенностями эксплуатации, объемами затрат и т.д., поэтому для формирования перечня мероприятий следует оценивать целесообразность их внедрения и проводить энергетическое обследование каждого здания, что увеличивает стоимость и сроки выполнения. Существующие методики [4, 5] основаны на последовательном поэтапном сопоставлении мероприятий сначала по одним видам критериев, затем оценивании их согласно матрицам, присваивая каждому мероприятию рассчитанные значения различных величин. Затем мероприятия сравнивают по другим видам критериев. Данный алгоритм достаточно сложен для применения на практике и требует значительных временных затрат на оценку количества предполагаемых для исполнения энергосберегающих мероприятий.

Представлен простой и одновременно многокритериальный алгоритм выбора энергосберегающих мероприятий, существенно упрощающий разработку планов и программ по энергосбережению в жилом секторе и социальной сфере. Разработка многоуровневой классификации зданий при формировании перечня энергосберегающих мероприятий позволила систематизировать объемно-планировочные решения и упростить выбор оптимальных решений при проведении проектных и строительно-монтажных работ.

Исходя из последних изменений в Федеральном законе № 261-ФЗ (с учетом Федерального закона № 399-ФЗ) и Приказа Министерства энергетики РФ от 30 июня 2014 г. № 401 «Об утверждении Порядка представления информации об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности», актуальность выбора мер по энергосбережению с технико-экономической

оценкой их реализации возрастает. Выполнение требований нормативной документации невозможно без внедрения комплекса энергосберегающих мероприятий. Задача упрощения процесса обоснования и уточнение критериев выбора таких мероприятий для типовых зданий и сооружений представляет практический и научный интерес [6 — 9].

Достижение поставленной цели предполагает предварительную систематизацию классификационных признаков зданий и сооружений различного функционального назначения с учетом существующих подходов к классификации энергосберегающих мероприятий. Зависимость функциональной принадлежности объекта и группы мер по энергосбережению для рассматриваемого здания положена в основу многокритериального алгоритма.

Необходимость применения энергосберегающих мероприятий при капитальном ремонте

Государственной программой по энергосбережению и повышению энергетической эффективности на период до 2020 г. предусмотрено строительство новых объектов и капитальный ремонт, реконструкция, модернизация зданий, строений и сооружений с учетом требований к их энергетической эффективности [10]. Нерациональное использование энергоресурсов может привести к тому, что к 2050 г. потребление энергии всеми зданиями увеличится более чем на 34 %. К 2050 г. средний срок эксплуатации жилых зданий возрастет с 36 до 61 г., 85 % многоквартирных зданий будет старше 25 лет, а 54 % старше 40 лет [1 — 3].

Приоритетное внесение зданий, требующих проведения капитального ремонта, в программы повышения энергоэффективности и мониторинг их энергопотребления позволят значительно снизить энергопотребление существующих зданий и дать экономию бюджетных средств в размере 180 млрд руб. Механизм массового внедрения энергосберегающих мероприятий при капитальном ремонте зданий законодательно закреплен в [11]. Внедрение энергосберегающих технологий при строительстве новых зданий позволит существенно снизить их энергопотребление, однако доля вновь возводимых зданий относительно невелика по сравнению с числом зданий старой постройки. Состояние жилищного фонда различается в зависимости от периода застройки, материала основных конструкций, примененных типовых серий домов при массовой застройке районов после 1961 г. Практически все кирпичные и большая часть крупнопанельных и блочных домов, построенных до 1981 г., имеют износ более 31 % (рис. 1), т.е. подлежат капитальному ремонту [12, 13].

Влияние конструктивных особенностей зданий на критерии выбора энергосберегающих мероприятий

Для определения приоритетов при проведении капитального ремонта необходимо усовершенствовать

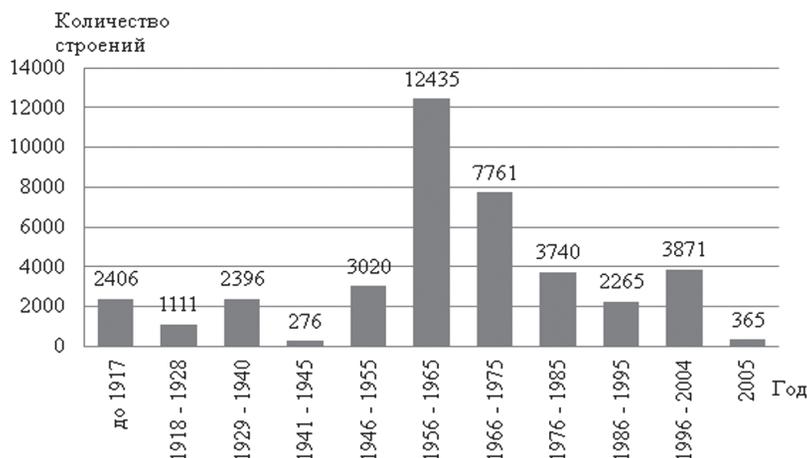


Рис. 1. Распределение жилых строений в Москве по периодам постройки

существующие информационные системы, использовать базы современных технических решений по энергосбережению и повышению энергоэффективности, обновить формы статистического наблюдения за проведением капитального ремонта (реконструкции) [14]. Созданная методика многокритериального выбора энерго- и ресурсосберегающих мероприятий позволяет получать результаты в натуральном и стоимостном выражении, включая экономический эффект от внедрения рекомендуемой программы. Выбор наиболее эффективных мероприятий по энергосбережению осуществляется на основании системного подхода [15]. Алгоритм многокритериального выбора энерго- и ресурсосберегающих мероприятий разработан исходя из глубокого анализа существующих технических решений и обладает рядом свойств, показанных на рис. 2.

Здания и сооружения классифицируются с использованием многочисленных параметров, каждый из которых влияет на энергоэффективность объекта. Часто конкретная организация или объект имеют на балансе несколько зданий, соответствующих различным классам и отличающихся спецификой, что может существенно повлиять на перечень рекомендуемых мер.

Основным критерием при выявлении закономерности между выбором мероприятий и параметрами здания является его функциональное назначение, однако и при таком подходе могут быть выделены отдельные особенности, влияющие на эффективность и стои-

мость проведения модернизации с целью увеличения энергетической эффективности. На рис. 3 соответствующим цветом выделено влияние характеристик зданий и сооружений на критерии выбора энергосберегающих мероприятий.

Расчет показателей энергоэффективности

Показатели (критерии) энергетической эффективности подразделяются на термодинамические, технические (натуральные) и финансово-экономические. При разработке методики в качестве критериев приняты экономические показатели при условии соблюдения технических, технологических, экологических и социальных ограничений.

Годовой прирост чистой прибыли:

$$\Delta\Pi_{\text{ч}} = \Delta\Pi_{\text{б}} - \Delta\text{Н},$$

где $\Delta\Pi_{\text{б}}$ — годовой прирост балансовой прибыли, руб.; $\Delta\text{Н}$ — увеличение суммы установленных налогов и других платежей, руб./год.

Критерием эффективности мероприятия является условие $\Delta\Pi_{\text{ч}} > 0$.

Срок окупаемости инвестиций:

$$T_{\text{ок}} = \text{Inv}/Et,$$

где Inv — капитальные вложения (единовременные затраты) на проведение мероприятия, руб.; Et — экономия денежных средств в период времени t , руб.

Дискретность	Массовость	Результативность	Конечность
• Разбиение алгоритма на конечное количество шагов обработки	• Использование алгоритма для решения однотипных задач	• Получение результатов за конечное количество итераций	• Каждое действие в отдельности и алгоритм в целом должны иметь возможность завершения

Рис. 2. Свойства алгоритма

Мероприятия по энергосбережению	Свойства и характеристики зданий и сооружений							Критерии выбора мероприятий	
	Капитальность строительства	Количество этажей	Материал стен	Технология возведения	Конструктивная схема	Ресурсы, необходимые для реализации	Площадь здания		Место расположения
Замена оконных блоков			■	■		■	■	■	Внутренняя температура помещения Доля инфильтрации Наружная температура
Утепление потолка подвала	■	■		■	■	■	■	■	Внутренняя температура помещения Термическое сопротивление
Установка квартирных регуляторов давления системы ГВС	■	■		■		■	■	■	Внутренняя температура воздуха Термическое сопротивление Значение инфильтрации
Утепление наружных стен	■	■	■	■	■	■	■	■	Внутренняя температура Термическое сопротивление Наружная температура
Ремонт трубопроводов отопления и ГВС	■	■				■	■	■	Температура теплоносителя по длине трубопровода Соответствие тепловой нагрузки нормативному значению
Установка термостатических вентилей на радиаторах			■	■	■	■	■	■	Внутренняя температура Соответствие тепловой нагрузки нормативному значению Наружная температура

Рис. 3. Влияние свойств и характеристик зданий и сооружений на критерии выбора энергосберегающих мероприятий:

□ — влияние отсутствует; ■ — влияние незначительно; ■ — заметное влияние; ■ — существенное влияние; ■ — обязательно учитывать при проектировании

Выбор наиболее эффективных из нескольких рекомендуемых мероприятий проводится по максимальным значениям чистой прибыли при приемлемом сроке окупаемости, т.е. ранжирование эффективных мероприятий производится по критерию

$$\Delta\Pi_{\text{ч}} \rightarrow \max \text{ при } T_{\text{ок}} \leq T_{\text{пр}},$$

где $T_{\text{пр}}$ — приемлемый срок окупаемости.

Для расчета технических критериев энергоэффективности энергосберегающих мероприятий используются соотношения годовой экономии энергоресурсов:

по мероприятию в натуральном выражении, т. ут.:

$$Q_{\text{эк}} = Q_{h,\text{bas}}^y - Q_h^y,$$

где $Q_{h,\text{bas}}^y$ — существующий расход топливно-энергетических ресурсов; Q_h^y — прогнозируемый расход топливно-энергетических ресурсов (до осуществления мероприятия);

в денежном выражении, руб.:

$$E_t = Q_{\text{эк}} T_{\text{эр}},$$

где $T_{\text{эр}}$ — тариф на соответствующий вид ресурсов (горячей воды, тепловой или электрической энергии) за расчетный период времени, руб.

Отношение расчетного потребления энергии к нормативному

$$K = Q_{\text{норм}} / Q_{\text{факт}} = q_{\text{норм}} / q_{\text{факт}},$$

где $q_{\text{норм}}$, $q_{\text{факт}}$ — нормируемый и фактический удельные расходы тепловой энергии на отопление здания (или других видов ресурсов), кВт·ч/м² [16].

Среднее снижение вида нагрузки или мощности системы отопления, вентиляции, горячего водоснабжения или электроснабжения (в процентах):

$$\Delta Q = \frac{Q_{h,\text{bas}}^y - Q_h^y}{Q_{h,\text{bas}}^y} 100\%.$$

Сравнительный анализ мероприятий по различным критериям

При разработке методики многокритериального выбора мероприятий в зданиях различного назначения были использованы результаты исследования [9]. Предлагаемая методика отличается простотой использования и наглядностью. Разделение мер по энергосбереже-

нию осуществляется в приоритетном для пользователя порядке. Например, если основным критерием служит срок окупаемости мероприятия, тогда он будет оцениваться на первом шаге алгоритма, если же определяющим критерием является экономия энергоресурсов, то последовательность шагов меняется. Таким образом, предварительный список мероприятий поочередно оценивается по выбранным критериям, причем их количество может варьироваться. В отличие от других методик, предложенный подход может применяться для зданий различного назначения, с соответствующими параметрами и техническими характеристиками, поэтому рассмотренная методика является универсальной.

Для наглядности отбора энерго- и ресурсосберегающих мероприятий сформирован алгоритм (рис. 4), начало которого содержит план первичного выбора энергосберегающих мероприятий, затем следует анализ применения того или иного мероприятия, а итогом

является список рекомендуемых мероприятий. В нем использованы обозначения четырех блоков, подробно изображенных на рис. 5 — 8.

Формирование перечня рекомендуемых мероприятий для зданий различного назначения

Сравнительный анализ позволяет сформулировать для каждого рассматриваемого здания перечень предпочтительных мероприятий в зависимости от предполагаемых затрат на реализацию проекта, величины потенциальной экономии природных ресурсов, с учетом уровня сложности внедряемого мероприятия и степени окупаемости. Приоритетность выбора зависит также от целей и задач заказчика. Предложенный метод является универсальным и отличается от известных подходов тем, что такая схема не является конечным видом алгоритма и может трансформироваться для зданий различного назначения с учетом многих параметров в зависимости от технического задания или по

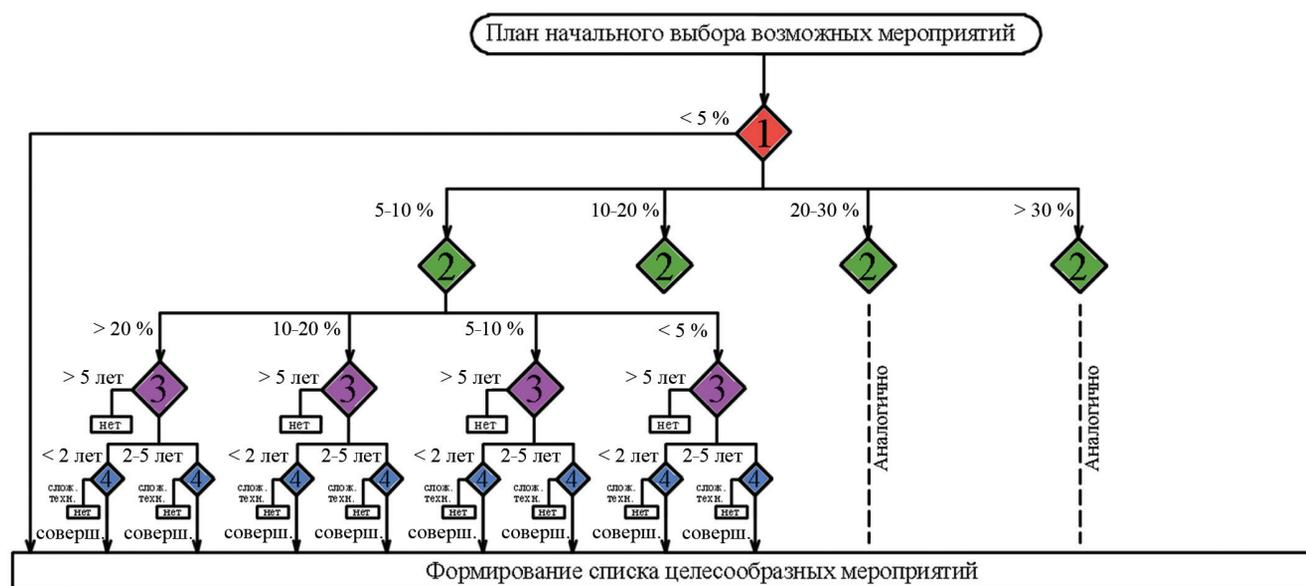


Рис. 4. Алгоритм формирования списка рекомендуемых мероприятий

А	• Мероприятия стоимостью >30% от общего бюджета
Б	• Мероприятия стоимостью 20-30% от общего бюджета
В	• Мероприятия стоимостью 10-20% от общего бюджета
Г	• Мероприятия стоимостью 5-10% от общего бюджета
Д	• Мероприятия стоимостью <5% от общего бюджета

Рис. 5. Блок 1. Сравнительный анализ внедрения мероприятия (затраты на реализацию)

I	• Мероприятия сроком окупаемости >5 лет
II	• Мероприятия сроком окупаемости 3-5 лет
III	• Мероприятия сроком окупаемости 1-2 года
IV	• Мероприятия сроком окупаемости 0,5-1 год
V	• Мероприятия сроком окупаемости <6 месяцев

Рис. 7. Блок 3. Сравнительный анализ мероприятий по сроку окупаемости

А	• Мероприятия с экономией энергии <5%
Б	• Мероприятия с экономией энергии 5-10%
С	• Мероприятия с экономией энергии 10-20%
Д	• Мероприятия с экономией энергии 20-30%
Е	• Мероприятия с экономией энергии >30%

Рис. 6. Блок 2. Сравнительный анализ мероприятий по степени важности для субъекта (по сложности внедрения)

a	• Мероприятия с введением сложных технических инноваций
b	• Мероприятия, включающие совершенствование и оптимизацию
c	• Мероприятия, устраняющие технологические ошибки «на месте» возникновения неисправности

Рис. 8. Блок 4. Сравнительный анализ мероприятий по уровню сложности их реализации (по сложности применяемых мер)

иным причинам. Предусмотрена возможность согласования последовательности внедрения отдельных проектов, поскольку некоторые из рекомендованных мер могут быть взаимосвязаны или, наоборот, реализация одних энергосберегающих решений сказывается отрицательно на целесообразности применения других (при соблюдении технических параметров) [17]. Предложенная методика позволяет выбирать ключевые мероприятия как на основе выявления энергопотерь, так и с учетом максимального эффекта от их реализации. Разработанный алгоритм может быть использован в сфере ЖКХ, а именно в рамках проведения программы капитального ремонта в зданиях различного назначения, в результате которой должно быть снижено энергопотребление данных объектов.

Примеры применения методики по выбору энергосберегающих мероприятий

Рассмотрим применение методики по выбору энергосберегающих мероприятий на примере жилого и административного зданий, требующих капитального ремонта. Исходные данные предоставлены проектной организацией ГУП «МосжилНИИпроект».

Типовые мероприятия по повышению энергоэффективности зданий:

- 1.1 Повышение теплозащиты наружных стен.
- 1.2 Повышение теплозащиты окон и балконных дверей.
- 1.3 Повышение теплозащиты крыши или чердачных помещений.
- 1.4 Повышение теплозащиты пола и стен подвала.
- 1.5 Повышение теплотехнической однородности наружных ограждающих конструкций.
- 1.6 Заделка и герметизация межпанельных соединений.
- 1.7 Уплотнение наружных входных дверей в подъездах.
- 1.8 Дополнительное секционирование входных тамбуров.

Пример 1

Объект исследования: четырехэтажное жилое здание. Существующее типовое строение введено в эксплуатацию в 1896 г. и расположено по адресу: г. Москва, ул. Электроводовская, д.37/4, корп. 4.

Теплоэнергетические характеристики здания

Приведенные сопротивления теплопередаче, (м²·°С)/Вт:

наружных стен жилых помещений и ЛЛУ	0,871
окон и балконных дверей жилых помещений (остекляемая часть)	0,42
окон ЛЛУ	0,42
входных наружных дверей	0,158
чердачных перекрытий над 4 этажом	0,242
полов по грунту	3,67
Годовой расход тепловой энергии на отопление за отопительный период, ГДж	817,17
Годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение, ГДж	642
Годовой расход электрической энергии 254,9 МВт·ч, в т.ч.:	
на общедомовое освещение	6,9
в квартирах, в помещениях общественных зданий	167,52
на силовое оборудование	80,48
Общие теплопотери через оболочку здания за отопительный период, ГДж	813,52
Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период, кВт·ч/м ²	102
Нормируемый удельный расход тепловой энергии системой отопления здания, кВт·ч/м ²	102

Определим основные критерии энергоэффективности, значения которых являются приоритетными для формирования списка рекомендуемых мероприятий в рамках капитального ремонта жилого здания. К ним относятся: уровень сложности реализации мероприятия, годовая экономия энергоресурсов по мероприятию в натуральном (т.т.) и денежном (руб.) выражениях, отношение расчетного потребления энергии к нормативному, среднее снижение нагрузки на инженерные системы (%). Для наглядности полученные показатели эффективности энергосберегающих мероприятий сведены в табл. 1, по результатам анализа которой из списка типовых мероприятий формируется перечень

Таблица 1

Анализ энергосберегающих мероприятий для жилого здания

Мероприятие	Стоимость, тыс. руб.	Затраты на реализацию, %	Экономия ресурсов, %	Сложность реализации мероприятия	Срок окупаемости, лет
1.1	650	14,44	65,5	Мероприятие, предусматривающее ликвидацию чрезмерных потерь энергии	4,8
1.2	500	11,11	76,7		2,7
1.3	80	1,78	21,36		1,8
1.4	40	0,89	7,77		3
1.5	300	6,67	33,5		4,3
1.6	120	2,67	27,67		1,9
1.7	30	0,67	11,65	Дополнительное мероприятие для ликвидации чрезмерных потерь энергии	1,4
1.8	20	0,44	9,22		1,2

рекомендуемых мер по повышению энергоэффективности, направленных на повышение теплозащиты наружных стен, окон и балконных дверей и крыши или чердачных помещений.

Пример 2

Объект исследования: двухэтажное административное здание. Существующее строение с подвалом под частью здания построено по индивидуальному проекту, введено в эксплуатацию в 1932 г. и расположено по адресу: г. Москва, ул. Маросейка, д.11/4, стр.4.

Теплоэнергетические характеристики здания

Приведенные сопротивления теплопередаче, (м²·°С)/Вт:
 наружных стен жилых помещений и ЛЛУ 1,259
 окон 0,42
 окон ЛЛУ 0,42
 входных наружных дверей 0,158
 чердачных перекрытий над 2 этажом 0,772
 полов по грунту 0,974
 Годовой расход тепловой энергии на отопление за отопительный период, ГДж 102,14
 Годовой расход тепловой энергии на горячее водоснабжение, ГДж 80,23

Годовой расход электрической энергии 31,854 МВт·ч, в т.ч.:
 на общедомовое освещение 0,855
 в квартирах, в помещениях общественных зданий 18,56
 на силовое оборудование 12,36
 Общие теплопотери через оболочку здания за отопительный период, ГДж 103,13
 Расчетный удельный расход тепловой энергии на отопление здания за отопительный период, кВт·ч / м² 146
 Нормируемый удельный расход тепловой энергии системой отопления здания, кВт·ч / м² 120

Полученные в результате расчетов показатели эффективности энергосберегающих мероприятий показаны в табл. 2. По результатам анализа показателей рекомендуемых мер по повышению энергоэффективности сформирован перечень основных мероприятий, необходимых для повышения теплозащиты наружных стен, окон и балконных дверей, крыши или чердачных помещений, а также пола и стен подвала.

Анализ фактических (до капитального ремонта) и

расчетных (после ремонта) теплоэнергетических характеристик объектов, рассмотренных в примерах, показывает, что рекомендованный перечень мер позволит повысить класс энергетической эффективности зданий.

В рамках ограниченного бюджета, технических особенностей объектов, кратчайших сроков выполнения энергетических обследований, предложенный метод выбора мер по ресурсо- и энергосбережению является простым и одновременно точным алгоритмом для выявления рекомендуемых мер по повышению энергоэффективности зданий различного назначения. Результаты работы могут быть использованы в сфере ЖКХ, а именно в рамках проведения программы капитального ремонта в зданиях различного назначения, в результате которой должно быть снижено энергопотребление данных объектов, для обеспечения максимально возможного повышения энергоэффективности, а значит, оптимального расходования выделяемых средств.

Заключение

Показано, что проблема расчетно-аналитического обоснования и выбора энергосберегающих мероприятий для зданий актуальна и требует глубокого анализа не только применяемых технологий, но и методов оценки потенциала энергосбережения.

Предложен алгоритм, включающий этапы от анализа сложившейся ситуации и поиска резервов повышения энергоэффективности до использования методики применительно к конкретному зданию (или городскому масштабу). На примере жилого и административного зданий продемонстрировано, что подобный подход позволяет осуществлять выбор ключевых мероприятий на основе выявления потерь энергии и ресурсов с учетом максимального эффекта от их реализации. Результаты работы предполагается использовать в сфере ЖКХ в рамках проведения программы капитального ремонта в зданиях различного назначения.

Таблица 2

Анализ энергосберегающих мероприятий для жилого здания

Мероприятие	Стоимость, тыс. руб.	Затраты на реализацию, %	Экономия ресурсов, %	Сложность реализации мероприятия	Срок окупаемости, лет
1.1	120	4,00	28,19	Мероприятие, предусматривающее ликвидацию чрезмерных потерь энергии	2,1
1.2	200	6,67	19,59		2,6
1.3	40	1,33	5,670		1,8
1.4	30	1,00	3,970		1,6
1.5	—	—	—		—
1.6	40	1,33	3,460		2,4
1.7	30	1,00	1,460		Дополнительное мероприятие для ликвидации чрезмерных потерь энергии
1.8	20	0,67	1,150	1,2	

Литература

1. Башмаков И.А., Мышак А.Д. Энергопотребление регионов России. О реальной динамике и о качестве статистики // Энергосбережение. 2016. № 5. С. 24—28.

2. Свиридова Е.В. Тренд на энергоэффективность. Повышение энергоэффективности и энергосбережение для России — стратегическая необходимость // Современные строительные конструкции. 2017. № 1 (28). С. 55—57.

3. Башмаков И.А. Потенциал энергосбережения в России. Государственная информационная система в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности [Электрон. ресурс] gisee.ru/articles/smi/1078 / (дата обращения 27.04.2017).

4. Методические рекомендации по расчету эффектов от реализации мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности. М.: Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации, 2016.

5. Методические рекомендации по оценке эффективности энергосберегающих мероприятий. Томск: Изд. дом ТГУ, 2014.

6. Федеральный закон № 399-ФЗ от 28 декабря 2013 г. «О внесении изменений в Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности» и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

7. Приказ Министерства энергетики Российской Федерации № 401 от 30 июня 2014 г. «Об утверждении Порядка представления информации об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».

8. Зильберова И.Ю., Вонгай А.О., Арцишевский М.Д. Моделирование энергосберегающих организационно-технологических процессов реконструкции зданий учебных учреждений // Инженерный вестник Дона. 2017. № 3 [Электрон. ресурс] <http://ivdon.ru/> (дата обращения 20.07.2017).

9. Подскребкин А.Д., Дягилев В.Ф. Выбор оптимальных мер по энергосбережению в социальной сфере [Электрон. ресурс] <https://fundamental-research.ru/> (дата обращения 10.06.2017).

10. Распоряжение Правительства Российской Федерации № 2446-р от 27 декабря 2010 г. Государственная программа Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года».

11. Постановление Правительства Российской Федерации №18 от 17 января 2017 г. «Об утверждении Правил предоставления финансовой поддержки за счет средств государственной корпорации Фонда содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства на проведение капитального ремонта многоквартирных домов».

12. Постановление Правительства Москвы № 205-ПП от 22 апреля 2014 г. «О внесении изменений в Поста-

новление Правительства Москвы от 27 сентября 2011 г. № 454-ПП».

13. МосгорБТИ [Официальный сайт] <http://www.mosgorbti.ru/> (дата обращения 20.06.2017).

14. Башмаков И.А. Использование энергии и энергоэффективность в российском жилищном секторе. М.: Центр по эффективному использованию энергии, 2014.

15. Типовые мероприятия по энергосбережению и повышению энергетической эффективности систем энергоснабжения и энергопотребления в бюджетных учреждениях. Екатеринбург: ГБУ СО «ИнЭС», 2012.

16. Министерство энергетики РФ [Официальный сайт] <http://minenergo.gov.ru/> (дата обращения 25.06.2017).

17. Стафиевская В.В., Велентеенко А.М., Фролов В.А. Методы и средства энерго- и ресурсосбережения. Красноярск: ИПК СФУ, 2008.

References

1. Bashmakov I.A., Myshak A.D. *Energotreblenie Regionov Rossii. O Real'noy Dinamike i o Kachestve Statistiki*. *Energoberezhnie*. 2016;5:24—28. (in Russian).

2. Sviridova E.V. *Trend na Energoeffektivnost'. Povyshenie Energoeffektivnosti i Energoberezhnie dlya Rossii — Strategicheskaya Neobhodimost'. Sovremennye Stroitel'nye Konstruktsii*. 2017;1 (28):55—57. (in Russian).

3. Bashmakov I.A. *Potentsial Energoberezhniya v Rossii. Gosudarstvennaya Informatsionnaya Sistema v Oblasti Energoberezhniya i Povysheniya Energeticheskoy Effektivnosti*. [Elektron. Resurs] [gisee.ru/articles/smi/1078 /](http://gisee.ru/articles/smi/1078/) (Data Obrashcheniya 27.04.2017). (in Russian).

4. *Metodicheskie Rekomendatsii po Raschetu Effektivnosti i Povysheniya Energeticheskoy Effektivnosti*. М.: Analiticheskiy Tsentr pri Pravitel'stve Rossiyskoy Federatsii, 2016. (in Russian).

5. *Metodicheskie Rekomendatsii po Otsenke Effektivnosti Energoberegayushchih Meropriyatij*. Tomsk: Izd. Dom TGU, 2014. (in Russian).

6. *Federal'nyy Zakon № 399-FZ ot 28 dekabrya 2013 g. «O vnesenii izmeneniy v Federal'nyy Zakon «Ob Energoberezhnii i o Povyshenii Energeticheskoy Effektivnosti i o Vnesenii Izmeneniy v Otdel'nye Zakonodatel'nye Akty Rossiyskoy Federatsii»*. (in Russian).

7. *Prikaz Ministerstva Energetiki Rossiyskoy Federatsii № 401 ot 30 Iyunya 2014 g. «Ob Utverzhdenii Poryadka Predstavleniya Informatsii ob Energoberezhnii i o Povyshenii Energeticheskoy Effektivnosti»*. (in Russian).

8. *Zil'berova I.Yu., Vongay A.O., Artsishevskiy M.D. Modelirovanie Energoberegayushchih Organizatsionno-tekhnologicheskikh Protsesov Rekonstruktsii Zdaniy Uchebnyh Uchrezhdeniy. Inzhenernyy Vestnik Dona*. 2017;3 [Elektron. resurs] <http://ivdon.ru/> (Data Obrashcheniya 20.07.2017). (in Russian).

9. *Podskrebkin A.D., Dyagilev V.F. Vybor Optimal'nyh Mer po Energoberezhniyu v Sotsial'noy*

Sfere [Elektron. Resurs] <https://fundamental-research.ru/> (Data Obrashcheniya 10.06.2017). (in Russian).

10. **Rasporyazhenie** Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii № 2446-r ot 27 Dekabrya 2010 g. Gosudarstvennaya Programma Rossiyskoy Federatsii «Energoberezhenie i Povyshenie Energeticheskoy Effektivnosti na Period do 2020 Goda». (in Russian).

11. **Postanovlenie** Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii №18 ot 17 Yanvarya 2017 g. «Ob Utverzhdenii Pravil Predostavleniya Finansovoy Podderzhki za Schet Sredstv Gosudarstvennoy Korporatsii Fonda Sodeystviya Reformirovaniyu Zhilishchno-kommunal'nogo Hozyaystva na Provedenie Kapital'nogo Remonta Mnogokvartirnyh Domov». (in Russian).

12. **Postanovlenie** Pravitel'stva Moskvy № 205-PP ot 22 Aprelya 2014 g. «O Vnesenii Izmeneniy v Postanovlenie Pravitel'stva Moskvy ot 27 Sentyabrya 2011 g. № 454-PP». (in Russian).

13. **MosgorBTI** [Ofits. Sayt] <http://www.mosgorbti.ru/> (data obrashcheniya 20.06.2017). (in Russian).

14. **Bashmakov I.A.** Ispol'zovanie Energii i Energoeffektivnost' v Rossiyskom Zhilishchnom Sektore. M.: Tsentr po Effektivnomu Ispol'zovaniyu Energii, 2014. (in Russian).

15. **Tipovye** Meropriyatiya po Energoberezhениyu i Povysheniyu Energeticheskoy Effektivnosti Sistem Energosnabzheniya i Energopotrebleniya v Byudzhethnyh Uchrezhdeniyah. Ekaterinburg: GBU SO «InES», 2012. (in Russian).

16. **Ministerstvo** Energetiki RF [Ofits. Sayt] <http://minenergo.gov.ru/> (Data Obrashcheniya 25.06.2017). (in Russian).

17. **Stafievskaya V.V., Velenteenko A.M., Frolov V.A.** Metody i Sredstva Energo- i Resursosberezheniya. Krasnoyarsk: IPK SFU, 2008. (in Russian).

Сведения об авторах

Власенко Галина Павловна — кандидат технических наук, доцент кафедры тепломассообменных процессов и установок НИУ «МЭИ», e-mail: vlasenkogp@yandex.ru

Халиллулина Алсу Загидовна — магистр по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника», инженер ГУП «МосжилНИИпроект», г. Москва, e-mail: khalilullina93@mail.ru

Туманов Николай Витальевич — магистр по направлению «Информационная безопасность», педагог по информатике, ГБОУ Лицей № 1502 при НИУ «МЭИ», e-mail: nikolai.tumanov@gmail.ru

Information about authors

Vlasenko Galina P. — Ph.D. (Techn.), Assistant Professor of Heat-and-Mass Exchange Processes and Installations Dept., NRU MPEI, e-mail: vlasenkogp@yandex.ru

Khalilullina Alsu Z. — Master's Degree in «Power and Heat Engineering», Engineer of State Unitary Enterprise «MoszhilNIIProekt», Moscow, e-mail: khalilullina93@mail.ru

Tumanov Nikolay V. — Master's Degree in «Information Security», Teacher of Computer Science, GBOU Lyceum № 1502 at NRU MPEI, e-mail: nikolai.tumanov@gmail.ru

Статья поступила в редакцию 04.08.2017