

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.21869/2223-1560-2020-24-4-42-56>



Инструментальный метод определения показателей энергоэффективности многоквартирных жилых зданий

П.В. Монастырев¹ ✉, А.М. Макаров¹, А.С. Чех¹, О.И. Куценко²

¹ Тамбовский государственный технический университет
ул. Советская 106, г. Тамбов 392000, Российская Федерация

² Юго-Западный государственный университет
ул. 50 лет Октября 94, г. Курск 305040, Российская Федерация

✉ e-mail: arhsit@nnn.tstu.ru

Резюме

Цель исследования. Выявленные несоответствия энергосберегающим нормам, принято рассматривать как совокупность отдельных элементов. Усовершенствование всей системы (стены, окна, перекрытия, покрытия) способствует уменьшению теплопотерь в окружающую среду, что приводит к экономии теплоэнергии в целом по исследуемому объекту. Метод, в котором рассматривается поэлементная составляющая здания, имеет некоторые недостатки, так как вследствие расчетов возникает значительная погрешность в определении удельной характеристики расхода теплоэнергии на отопление и вентиляцию здания и, отсюда, в определении класса энергетической эффективности здания. В данной статье рассматривается метод инструментального контроля показателей. В статье предлагается метод инструментального контроля показателей, по которым определяется класс энергетической эффективности многоквартирного дома в соответствии с текущими требованиями нормативных документов и законодательных актов.

Методы. Предложенная методика позволяет производить оценку с помощью общедомовых приборов учета расхода тепло- и электроэнергии в течение календарного года и краткосрочное инструментальное обследование с целью уточнения некоторых других, необходимых для оценки показателей энергоэффективности многоквартирных жилых зданий параметров. Также в статье предлагается уравнение перевода значения измеренной средней температуры внутреннего воздуха при краткосрочном обследовании на среднее значение температуры воздуха внутри здания за отопительный период.

Результаты. Была произведена апробация Метода при помощи комплексного инструментального обследования многоквартирных жилых зданий типовой серии 1-447с из жилого фонда г. Тамбова. Величина отклонения значения фактического удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию с учетом бытовых теплопоступлений рассматриваемого здания от базового уровня (для данного МКД), составляет 151·4,8 кВт·ч/м², что соответствует отклонению в 13·0,1 %. В соответствии с СП рассматриваемому зданию необходимо присвоить класс энергоэффективности – F (Низкий).

Заключение. Приведенный Метод может использоваться жителями МКД, сотрудниками Госжилинспекции и специалистами организаций, проводящих энергетические обследования, при оценке соответствия региональным нормативным показателям энергетической эффективности и энергопотребления, вводимых в эксплуатацию жилых и общественных зданий и зданий, находящихся в эксплуатации при присвоении упомянутым зданиям класса энергетической эффективности.

Ключевые слова: энергетическая эффективность; энергосбережение; жилищный фонд; многоквартирный дом; энергетическое обследование.

© Монастырев П.В., Макаров А.М., Чех А.С., Куценко О.И., 2020

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Инструментальный метод определения показателей энергоэффективности многоквартирных жилых зданий / П.В. Монастырев, А.М. Макаров, А.С. Чех, О.И. Куценко // Известия Юго-Западного государственного университета. 2020; 24(4): 42-56. <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2020-24-4-42-56>.

Поступила в редакцию 09.09.2020

Подписана в печать 30.10.2020

Опубликована 30.12.2020

Instrumental Method for Determining Energy Efficiency Indicators of Apartment Residential Houses

Pavel V. Monastyrev ¹ ✉, Aleksandr M. Makarov ¹, Aleksey S. Chekh ¹,
Olga I. Kutsenko ²

¹ Tambov State technical University
106 Sovetskaya str., Tambov 392000, Russian Federation

² Southwest State University
50 Let Oktyabrya str. 94, Kursk 305040, Russian Federation

✉ e-mail: arhsit@nnn.tstu.ru

Abstract

Purpose of research. The identified inconsistencies with energy-saving standards are usually considered as a set of individual elements. Improvement of the entire system (walls, windows, floor structures, coatings) helps to reduce external heat loss, which, on the whole, leads to heat energy saving in the object under study.

The method that considers the element component of a building has some disadvantages, since, as a result of calculations, there is a significant error in determining the specific characteristics of heat consumption for heating and ventilation of a building and, hence, in determining the energy efficiency class of a building. This paper discusses the method of instrumental control of indicators. It offers the method of instrumental control of indicators that determine the class of energy efficiency of an apartment house in accordance with the current requirements of regulatory documents and legislative acts.

Methods. The proposed method makes it possible to perform an assessment using whole-building metering devices for heat and electricity consumption during a calendar year and a short-term instrumental survey in order to clarify some other parameters necessary for evaluating energy efficiency indicators of apartment residential houses. The paper also suggests an equation for converting the value of the measured average internal air temperature during a short-term survey to the average value of air temperature inside the house during the heating period.

Results. The method was tested through the use of a comprehensive instrumental survey of apartment residential houses of standard series 1-447c from the Tambov housing stock. The value of deviation of the actual specific annual heat consumption for heating and ventilation, taking into account the household heat supply of the building in question from the base level (for the given apartment house), is $151 \cdot 4.8 \text{ kWh/m}^2$, which corresponds to the deviation of $13 \cdot 0.1 \%$. The building under consideration must be assigned an energy efficiency class – F (Low).

Conclusion. The given method can be applied by the residents of apartment houses, the employees of state housing inspections and the specialists of organizations conducting energy audits in assessing compliance with regional energy efficiency and consumption targets, for the residential houses and public buildings being commissioned and buildings that are in use when assigning the mentioned buildings energy efficiency class.

Keywords: energy efficiency; energy saving; housing stock; apartment house; energy survey.

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Funding: The research was carried out with the financial support of the RFBR as a part of the research project № 19-33-90053.

For citation: Monastyr'ev P. V., Makarova A. M., Chekhov A. S., Kutsenko O. I. Instrumental Method for Determining Energy Efficiency Indicators of Apartment Residential Houses. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta = Proceedings of the Southwest State University*. 2020; 24(4): 42-56 (In Russ.). <https://doi.org/10.21869/2223-1560-2020-24-4-42-56>.

Received 09.09.2020

Accepted 30.10.2020

Published 30.12.2020

Введение

В настоящее время наша жизнедеятельность пришла на эпоху активного потребительства. Каждый день мировые индустриальные гиганты удовлетворяют наши прихоти, однако нельзя не отметить, что теперь производителей интересует не только объект продажи, но и каким образом он был создан. Тема рационального использования энергетических ресурсов является актуальной для всех стран этого мира, она затрагивает не только экономическое благополучие, но и эффективное, безопасное использование экологического потенциала. Для создания чего-либо необходима энергия, которую мы производим в большинстве случаев из невозобновляемых источников природы. Как правило, последствием такого потребления становятся различные загрязнения окружающей среды. Экономические лидеры не готовы сокращать или замедлять темп своего производства и потребления энергии, поэтому в данный момент они озадачены вопросом эффективного использования экологических ресурсов [1-6].

Руководство нашей страны уделяет большое внимание повышению энергоэффективности жилищно-коммунального хозяйства, и, в частности, многоквартирного жилого фонда. Принятый в 2009 году Федеральный закон¹, а также целый ряд действующих нормативно-правовых документов в сфере энергосбережения, направлены на создание эффективной правовой базы, способствующей решить ряд вопросов, касающихся повышения эффективности использования энергии и, как результат, энергосбережения в жилищном фонде² [7, 8]. Можно заметить, что каждый год разрабатываются и вводятся в действие новые нормативные документы, регламентирующие различные аспекты в

¹ Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации (с изменениями и дополнениями): Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ. URL: <http://base.gara-nt.ru/12171109/>.

² Об утверждении Правил определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов: приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 21.08.2016 №399/пр. URL: www.pravo.gov.ru, 10.08.2016, N 00012016-08100003.

сфере энергосбережения и, в частности, в области энергосбережения при потреблении энергии в жилищном фонде Российской Федерации. Однако при практической реализации требований нормативно-правовых документов при определении количественных характеристик показателей, характеризующих энергетическую эффективность жилого фонда, появится много сложностей. Нормативно-методические документы, регламентирующие вопросы проведения натурных обследований при установлении или подтверждении класса энергоэффективности зданий, «отстают» от нормативно-правовой базы. Поэтому имеющиеся результаты оценки энергоэффективности по присвоенному зданию классу энергетической эффективности имеют низкую точность, и, как следствие этого, низкую достоверность. В этой связи организация «на-турного» контроля фактических показателей энергетической эффективности зданий, находящихся на разных стадиях своего жизненного цикла (новое строительство; реконструкция или капремонт; здание, находящееся в эксплуатации) является в настоящее время одной из основных проблем, решение которой требуется в кратчайшие сроки.

Материалы и методы

К показателям, характеризующим энергетическую эффективность многоквартирного дома (МКД), по которому

определяется класс энергетической эффективности МКД, в соответствии с приказом Министерства энергетики РФ¹, относятся удельный и базовый годовой расход энергетических ресурсов в МКД. Удельный показатель энергетической эффективности рассчитывается как сумма удельных годовых расходов теплоэнергии на нужды отопления (включая расход теплоэнергии на общедомовые нужды, таких, как отопление лестничных клеток, подвальных помещений и т.д.), вентиляции, горячего водоснабжения МКД и затраты электроэнергии на общедомовые нужды.

Удельные затраты энергетических ресурсов рассчитываются исходя из фактического потребления энергетических ресурсов (на нужды отопления, вентиляции, горячего водоснабжения) МКД, затрат электроэнергии на общедомовые нужды, которые, в свою очередь, должны быть определены на основании показаний общедомовых приборов учета энергетических ресурсов. Исходя из состава показателей, характеризующих энергетическую эффективность здания, можно сделать вывод о том, что МКД в обязательном порядке

¹ Об утверждении требований к проведению энергетического обследования и его результатам и правил направления копий энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования (с изменениями на 13 января 2016 года): Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 30.06.2014 №400. URL: <http://base.garant.ru/70818262/>.

должен быть оснащен общедомовыми приборами учета – теплоэнергии на отопление и горячее водоснабжение и электроэнергии [9-12].

Преимущества использования информации от общедомовых приборов учета по потреблению энергетических ресурсов за один год эксплуатации здания по сравнению с данными, полученными в процессе проведения инструментального энергетического обследования при определении показателей, характеризующих энергетическую эффективность МКД, состоят в следующем [13, 14]:

- сравнительно высокая точность определения расходов тепловой и электрической энергий, основанная на единой системе требований к приборам учета энергетических ресурсов;

- длительность периода измерений (один год);

- возможность объективного контроля результатов измерений всеми заинтересованными сторонами: собственниками помещений в МКД, энергоснабжающими организациями, представителями Госжилинспекции (орган государственного надзора, на который возложена функция контроля и надзора за энергоэффективностью зданий и сооружений в стадии их эксплуатации);

- как правило, наличие архива потребления теплоэнергии за любой период времени.

При установлении базового уровня удельного годового расхода энергетических ресурсов были приняты следующие расчетные условия^{1, 2, 3}:

- температура внутреннего воздуха в квартирах – 20°C;

- общая площадь жилых помещений на одного жителя – 20 м²;

- нормативный воздухообмен на одного жителя – 30 м³/ч;

- удельные бытовые внутренние теплоступления с общей площади – 17 Вт/м²;

- базовый уровень удельного годового расхода электрической энергии на общедомовые нужды для МКД при наличии лифтового оборудования – 10,0 кВт·ч/м² и при его отсутствии – 7,0 кВт·ч/м².

Фактические значения годового расхода энергоресурсов приводятся к расчетным условиям, в зависимости от отклонений фактических климатических характеристик района расположения и этажности МКД, средней температуры внутреннего воздуха в помещениях, плотности заселения, воздухообмена, удельных бытовых внутренних теплоступлений, качества коммунальных услуг (при предоставлении коммуналь-

¹ Об утверждении требований к проведению энергетического обследования и его результатам и правил направления копий энергетического паспорта, составленного по результатам обязательного энергетического обследования (с изменениями на 13 января 2016 года: Приказ Министерства энергетики Российской Федерации от 30.06.2014 №400. URL: <http://base.garant.ru/70818262/>.

² СП 23-10-1-2004 Проектирование тепловой защиты зданий. Введ. 2004-06-01 М.: ФГ·УП ЦПП, 20-04. 144 с.

³ СП 50.133-30.2012 Тепловая защита зданий. Введ. 2013-07-01 М.: ФАУ «ФЦС», 2012. 96 с.

ной услуги ненадлежащего качества и/или с перерывами, превышающими установленную продолжительность) [15].

Исходя из текущих требований нормативных документов можно сформулировать область применения и основные положения разработанного метода инструментального контроля показателей энергоэффективности МКД (далее по тексту «Метод») [16, 17].

Результаты и их обсуждение

Данный Метод описывает проведение определения класса энергетической эффективности вновь построенных, реконструированных или капитально отремонтированных зданий, находящихся в эксплуатации не менее 2 лет.

Метод предусматривает проведение длительных фактических натуральных измерений с помощью общедомовых приборов учета потребления тепло- и электроэнергии и краткосрочного инструментального обследования для уточнения некоторых параметров.

Измерения проводятся в заселенном доме в течение отопительного и неотопительного сезонов (минимальный срок измерений – 1 полный год).

В предложенном Методе не предусмотрено определение параметров, которые не влияют на класс энергетической эффективности здания в соответствии с [2].

Натурные испытания проводятся в реальных условиях эксплуатации здания с помощью существующих приборов учета тепловой энергии, и последующим

приведением результатов к стандартным условиям, общим для всего дома.

При снятии показания с приборов учета тепловой энергии следует учитывать следующие существующие особенности учета теплоэнергии:

– при наличии в МКД магистральных трубопроводов систем горячего водоснабжения, имеющих врезки трубопроводов секционных систем водоснабжения, количество израсходованной горячей воды определяется разностью количества воды, измеренной приборами учета, установленными на вводах в здание и выводах из здания трубопроводов системы водоснабжения;

– при установке приборов учета воды на подающем и обратном (циркуляционном) трубопроводах систем горячего водоснабжения жилищного фонда, количество горячей воды, подлежащей оплате, определяется как разность количеств воды, прошедших через счетчики на подающем и циркуляционном трубопроводах;

– если за исследуемый период времени, не превышающий 30 календарных дней, осуществлялся ремонт, замена, поверка коллективного (общедомового) прибора учета, то объемы (количество) потребления горячей воды и теплоэнергии исчисляются как среднемесячное потребление энергетических ресурсов, определенные по указанному прибору за последние 6 месяцев, а если период работы индивидуального или коллективного (общедомового) прибора учета составил меньше 6 месяцев, – то

за фактический период работы прибора учета, но не выше существующих нормативов потребления.

При оборудовании МКД многоквартирного дома коллективными приборами учета и наличием нежилых помещений, имеющих отдельно установленные приборы учета тепловой энергии, величину потребления тепловой энергии рассчитывают по формуле

$$Q = Q_D - \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (1)$$

где Q_D – объем (количество) энергетических ресурсов, фактически потребленный за расчетный период, определенный по показанию коллективного (общедомового) прибора учета в МКД;

$\sum Q_i$ – объем (количество) энергоресурсов, потребленный за расчетный период в i -том нежилом помещении (без учета помещений общего пользования).

Измерения фактической средней температуры внутреннего воздуха в многоквартирном доме в стадии его эксплуатации связаны с большими проблемами, прежде всего по доступу в жилые помещения для произведения замеров. Поэтому наиболее доступный способ измерения температуры внутреннего воздуха – измерения, производимые на выходе из вентиляционной шахты на крыше здания или на техническом этаже.

Датчики температуры должны быть установлены на выходе сборных вентиляционных каналов из кухонь квартир по вертикальной оси на глубине не менее 1 м от их оголовков, но не ниже вентиляционной решетки помещения последнего

этажа. Измеренную температуру необходимо понизить на 1 °С для приведения ее в соответствие с температурой внутреннего воздуха¹.

Натурные испытания фактической средней температуры внутреннего воздуха в обследуемом здании необходимо проводить в отопительный период года со средней температурой наружного воздуха, близкой к средней температуре наружного воздуха за отопительный сезон.

При отличии температур необходимо произвести пересчет измеренной температуры внутреннего воздуха на стандартные климатические условия.

Для пересчета фактической измеренной при инструментальном обследовании величины средней температуры воздуха в здании на стандартные климатические условия воспользуемся известным выражением для расчета количества теплоты, необходимой для отопления зданий на планируемый период [18]

$$Q_o = \frac{Q_{omax}(t_B - t_{от}) \cdot n}{(t_B - t_H)}, \quad (2)$$

где Q_{omax} – расчетное значение часовой тепловой нагрузки отопления, Гкал/ч;

t_B – усредненное расчетное значение температуры воздуха внутри отапливаемых зданий, °С;

t_H – расчетное значение температуры наружного воздуха для данных климатических условий, °С;

¹ ГОСТ 31168-2014 Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление. Введ. 2015-01-01. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2014.

t_{om} – среднее значение температуры наружного воздуха за планируемый период, °С;

n – продолжительность функционирования систем отопления в планируемый период, сут.

Записав уравнение (2) для двух периодов (1-й рассматриваемый период – отопительный сезон с полученными при инструментальном обследовании фактическими значениями расхода тепловой энергии в системе отопления $Q_o^{год}$, средней температурой наружного воздуха за отопительный период $t_{от}^{год}$ и неизвестным значением средней температурой воздуха внутри здания за отопительный период $t_{в}^{год}$; 2-й рассматриваемый период – кратковременное инструментальное обследование с измеренными фактическими значениями расхода тепловой энергии в системе отопления $Q_o^{изм}$, средней температуры наружного воздуха за период измерения $t_{от}^{изм}$ и измеренным значением средней температуры внутреннего воздуха в здании за отопительный период ($t_{в}^{изм}$) и решив систему уравнений относительно $t_{в}^{год}$, получим

$$t_{в}^{год} = t_{от}^{год} + \frac{Q_o^{год} \cdot n_{инстр}}{Q_o^{изм} \cdot n_{от}} (t_{в}^{изм} - t_{от}^{изм}), \quad (3)$$

где $n_{инстр}$ – продолжительность кратковременного инструментального обследования;

$n_{инстр}^{год}$ – продолжительность длительного инструментального обследования (в течение отопительного периода для системы отопления).

В результате испытаний в соответствии с Методом были получены значения следующих величин:

– расход теплоэнергии на отопление по приборам учета тепловой энергии, Гкал/ч или кВт·ч;

– расход теплоэнергии на вентиляцию по приборам учета тепловой энергии (при наличии данной системы с отдельным вводом теплоносителя), Гкал/ч или кВт·ч;

– расход теплоэнергии на горячее водоснабжение по приборам учета, Гкал/ч или кВт·ч;

– фактическое время работы системы отопления в здании в течение отопительного периода, ч (данный временной параметр может не совпадать с фактическим временем работы источника теплоснабжения, полученным по данным теплоснабжающей организации);

– фактическое время работы системы вентиляции (с потреблением тепловой энергии) в течение отопительного периода, ч;

– фактическая температура окружающей среды в течение работы системы отопления обследуемого здания (данный параметр может не совпадать с фактической температурой окружающей среды в течение отопительного периода, по данным теплоснабжающей организации), °С;

– фактическая средняя температура воздуха внутри обследуемого здания, °С;

– начальные и конечные показания общедомовых приборов учета потребления электроэнергии за исследуемый период времени, кВт·ч;

– объем (количество) электрической энергии, потребленной в жилых и нежилых помещениях МКД (кроме мест общего пользования), кВт·ч.

Полученные данные количества тепловой энергии на отопление по приборам учета за отопительный период необходимо пересчитать на стандартные условия.

Результатами обработки данных, полученных при инструментальных испытаниях, являются:

– определение фактического количества энергии, расходуемого на отопление, приведенного к градусо-суткам (ГСОП) периода испытаний¹.

– определение фактической температуры внутреннего воздуха в период работы системы отопления в здании;

– определение расхода электроэнергии на общедомовые нужды.

Средняя температура внутри отапливаемого здания определяется по результатам фактических измерений за период испытаний как среднеарифметическое значение температур, измеренных на выходе из каждой вытяжной шахты, а также на входе устройств общедомовых и/или квартирных рекуператоров:

$$t_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}, \quad (4)$$

где t_i – измеренная температура воздуха внутри шахты;

n – число вытяжных шахт.

Затем необходимо пересчитать полученное значение средней температуры воздуха внутри отапливаемого здания на расчетные условия по формуле (3).

Фактически измеренную величину расхода тепловой энергии на горячее водоснабжение $Q_{\text{гв}}$ при установленном приборе учета и измеренным значением температуры горячей воды в точке разбора, определяют по формуле

$$Q_{\text{гв}} = G_{\text{гв}} \cdot (t_{\text{гв}} - t_{\text{хв}}) \cdot (1 + k_{\text{тр}}) \cdot \rho \cdot c, \quad (5)$$

где $G_{\text{гв}}$ – измеренный за определенный период времени расход воды на горячее водоснабжение, м³;

$t_{\text{гв}}$ – температура горячей воды в точке разбора, °С;

$t_{\text{хв}}$ – температура холодной воды, °С (в зимний (отапливаемый) период принимается равной 5 °С, в летний период – 15 °С);

$k_{\text{мп}}$ – коэффициент, учитывающий потери теплоты трубопроводами систем горячего водоснабжения; для индивидуальных тепловых пунктов жилых зданий с централизованной системой горячего водоснабжения $k_{\text{мп}} = 0,2$, общественных зданий $k_{\text{мп}} = 0,1$; для жилых зданий с квартирными водонагревателями $k_{\text{мп}} = 0,1$;

ρ – плотность горячей воды (при средней температуре), кг/м³;

c – удельная теплоемкость воды, (кДж/кг °С).

Пересчет фактической измеренной величины расхода тепловой энергии в системе отопления Q_o на расчетные условия произведем по формуле

$$Q_o^{\text{станд}} = Q_o^{\text{факт}} \frac{\text{ГСОП}}{\text{ГСОП}_{\text{ф}}}, \quad (6)$$

¹ СП 50.133.30.2012 Тепловая защита зданий. Введ. 2013–07–01 М.: ФАУ «ФЦС», 2012. 96 с.

$$ГСОП_{\phi} = (t_{\phi}^{\text{факт}} - t_{\text{от}}^{\text{факт}}) \cdot z_{\text{от}}^{\text{факт}},$$

где $t_{\text{в}}^{\text{факт}}$ – средняя температура воздуха внутри здания в течение отопительного периода, °С;

$t_{\text{от}}^{\text{факт}}$ – фактическая средняя температура наружного воздуха в течение периода работы системы отопления исследуемого здания, °С;

$z_{\text{от}}^{\text{факт}}$ – фактический период времени работы системы отопления исследуемого здания, сут.

Пересчет фактической измеренной величины расхода тепловой энергии в системе вентиляции $Q_{\text{в}}$ на расчетные условия производятся аналогично.

Расчет бытовых внутренних теплопоступлений в течение отопительного периода произведем по формуле

$$Q_{\text{быт}} = 0,024 \cdot q_{\text{быт}} \cdot A_{\text{ж}} \cdot z_{\text{от}}^{\text{факт}}, \text{ (кВт}\cdot\text{ч)}, \quad (7)$$

где $q_{\text{быт}}$ – величина бытовых тепловыделений в здании на 1 м² площади жилых помещений, Вт/м²;

$A_{\text{ж}}$ – общая площадь жилых помещений, м²;

$z_{\text{от}}^{\text{факт}}$ – фактический период времени работы системы отопления исследуемого здания, сут.

Величина бытовых тепловыделений в здании на 1 м² площади жилых помещений составляет^{1,2}:

– для жилых зданий с общей площадью менее 20 м² на человека -

$$q_{\text{быт}} = 17 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2};$$

– для жилых зданий с общей площадью более 45 м² на человека -

$$q_{\text{быт}} = 10 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}.$$

Для других значений плотности заселения величину бытовых тепловыделений следует найти с помощью метода линейной интерполяции.

Общая удельная величина тепловой энергии на отопление:

$$Q_{\text{о+быт}}^{\text{уд}} = \frac{Q_{\text{о}}^{\text{станд}} + Q_{\text{быт}}}{A_{\text{ж}}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{м}^{-2}. \quad (8)$$

Общая удельная величина тепловой энергии на горячее водоснабжение:

$$Q_{\text{гв}}^{\text{уд}} = \frac{Q_{\text{гв}}}{A_{\text{ж}}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{м}^{-2}. \quad (9)$$

Удельный расход электрической энергии на общедомовые нужды определяется по формуле

$$V_{\text{он}}^{\text{уд}} = \frac{V_{\text{д}} - \sum_{i=1}^n V_i}{A_{\text{ж}}}, \text{ кВт}\cdot\text{ч}\cdot\text{м}^{-2}, \quad (10)$$

где $V_{\text{д}}$ – объем (количество) электрической энергии, потребленный за расчетный период в МКД и определенный по показаниям коллективного (общедомового) прибора учета электроэнергии, которым оснащен МКД;

V_i – суммарный объем (количество) электрической энергии, потребленный за расчетный период в жилых помещениях (квартирах), с индивидуальным или общим (квартирным) прибором учета.

Далее, полученные удельные значения затрат энергетических ресурсов (на нужды отопления, вентиляции, горячего водоснабжения) МКД суммируются и полученное значение сравнивается с базовым уровнем удельного го-

¹ СП 23-10-1-2004 Проектирование тепловой защиты зданий. Введ. 2004-06-01 М.: ФГ-УП ЦПП, 20-04. 144 с.

² СП 50.133-30.2012 Тепловая защита зданий. Введ. 2013-07-01 М.: ФАУ «ФЦС», 2012. 96 с.

дового расхода энергетических ресурсов в МКД. По результатам данного сравнения (вычисляется величина отклонения значения фактического удельного годового расхода энергетических ресурсов от базового уровня в %) устанавливается класс энергетической эффективности МКД.

Была произведена апробация Метода при помощи комплексного инструментального обследования многоквартирных жилых зданий типовой серии 1-447с из жилого фонда г. Тамбова. Величина отклонения значения фактического удельного годового расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию с учетом бытовых теплопоступлений рассматриваемого здания от базового уровня (для данного МКД), со-

ставляет $151,4,8 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$, что соответствует отклонению в $13,0,1 \%$. В соответствии с СП 50.13330.2012 рассматриваемому зданию необходимо присвоить класс энергоэффективности – F (Низкий).

Выводы

Приведенный Метод может использоваться жителями МКД, сотрудниками Госжилинспекции и специалистами организаций, проводящих энергетические обследования, при оценке соответствия региональным нормативным показателям энергетической эффективности и энергопотребления, вводимых в эксплуатацию жилых и общественных зданий и зданий, находящихся в эксплуатации при присвоении упомянутым зданиям класса энергетической эффективности [18].

Список литературы

1. Сазонов Э. В., Леденев В. И., Леденева Г. Л. Экологические проблемы современного градостроительства // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. 2016. Вып. №4(62). С.53-59.
2. Монастырев П. В., Клычников Р. Ю., Кожухина О. Н. Проблемы термомодернизации зданий жилищного фонда Тамбовской области // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В.И. Вернадского. 2009. Вып. №11(25). С.161-165.
3. Кудрявцев В.Ю., Герасимов Б. И. Экономический анализ топливно-энергетического комплекса (на примере Тамбовской области) / под науч. ред. Б. И. Герасимова; Тамб. гос.техн. ун-т. Тамбов: ТГТУ, 2005. 88 с.
4. Гагарин В. Г. [и др.]. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий // Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика (АВОК). 2009. № 5. С. 38 – 47.
5. Филиппов А. М. Класс энергоэффективности жилых зданий: теория и практика // Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика (АВОК). 2011. №4. С. 23 – 29.
6. Грановский В. Л. Энергоэффективные здания – комплексное решение для систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения // Вентиляция, отопление, кон-

диционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика (АВОК). 2014. №4. С. 20 – 33.

7. Корниенко С.В. Зеленое строительство – комплексное решение задач энергоэффективности, экологии и экономии // Энергосбережение. 2017. № 3. С. 22-27.

8. Горшков А.С., Гладких А.А. Мероприятия по повышению энергоэффективности в строительстве // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 246-250.

9. Тарасюк П.Н., Трубаев П.А., Сухорослова В.В. Повышение энергоэффективности в индивидуальном жилищном строительстве в условиях Белгородской области // Научное обозрение. 2013. № 9. С. 410-415.

10. Федюнина Т.В., Материнский С.В. Энергоэффективность строительства и низкоэмиссионное стекло // Наука и современность: сборник статей Международной научно-практической конференции / отв. редактор А. А. Сукиасян. Уфа, 2014. С. 40-41.

11. Пугачев С.В. Техническое регулирование и вопросы энергоэффективности в строительстве // Энергосбережение. 2013. № 2. С. 14-25.

12. Грабовый П.Г., Старовойтов А.С. Инновационное строительство – энергоэффективность и экологичность // Недвижимость: экономика, управление. 2012. № 2. С. 68-71.

13. Чех А.С. К вопросам натурного обследования при определении класса энергетической эффективности // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт: материалы 4-й международной научно-практической конференции института архитектуры, строительства и транспорта ТГТУ. Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2017. С. 434-438.

14. Наумов А.Л., Капко Д.В. Методика определения класса энергетической эффективности эксплуатируемых жилых многоквартирных домов. URL: http://zvt.abok.ru/articles/256/Methodika_opredeleniya_klassa_energeticheskoi_effektivnosti_ekspluatiruemih_zhilih_mnogokvartirnih_domov.

15. Фокин В.М. Основы энергосбережения и энергоаудита. М.: Изд-во «Машиностроение-1», 2006. 256 с.

16. Макаров А. М., Чех А. С. Проблемы повышения энергоэффективности жилых многоквартирных домов в процессе эксплуатации // Устойчивое развитие региона: Архитектура, строительство, транспорт: материалы междунар. науч.-практ. конференции / Тамб. гос. техн. ун-т. Тамбов, 2015. С.148-151.

17. Чех А. С., Макаров А. М. Обоснование выбора научного исследования в области энергоэффективности эксплуатации зданий и сооружений // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2016. №2(14). С.49-53.

18. Макаров А. М., Чех А. С. Энергетические исследования теплозащитных качеств наружных ограждающих конструкций зданий Тамбовской областной клиниче-

ской больницы имени В.Д. Бабенко // В.И. Вернадский: Устойчивое развитие регионов: материалы междунар. науч.-практ. конференции. / Тамб. гос. техн. ун-т. Тамбов, 2016. Т.5. С.111-116.

References

1. Sazonov E. V., Ledenev V. I., Ledeneva G. L. *Ekologicheskie problemy sovremennogo gradostroitel'stva* [Environmental problems of modern urban planning]. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki = Journal of Modern Science and Practice University named after V. I. Vernadsky*, 2016, no. 4(62), pp. 53-59 (In Russ.).

2. Monastirev P.V., Klychnikov R.J., Kozhukhin O.N. *Problemy termomodernizatsii zdaniy zhilishchnogo fonda Tambovskoi oblasti* [Problems of modernization of housing stock buildings in Tambov region]. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. Universitet imeni V.I. Vernadskogo = Questions Modern Science and Practice V. I. Vernadsky University*, 2009, no.11(25), pp. 161-165 (In Russ.).

3. Kudryavtsev V. Yu., Gerasimov B. I. *Ekonomicheskii analiz toplivno-energeticheskogo kompleksa (na primere Tambovskoi oblasti)* [Economic analysis of the fuel and energy complex (in the case of the Tambov region)]. Tambov, TSTU Publ., 2005. 88 p. (In Russ.).

4. Gagarin V. G. [and others]. *Puti povysheniya energoeffektivnosti ekspluatiruemyykh zdaniy* [Ways to improve the energy efficiency of operated buildings]. *Ventilyatsiya, otoplenie, konditsionirovanie vozdukh, teplosnabzhenie i stroitel'naya teplofizika (AVOK) = Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics*, 2009, no. 5, pp. 38-47 (In Russ.).

5. Filippov A.M. *Klass energoeffektivnosti zhilykh zdaniy: teoriya i praktika* [KLACC energy efficiency of residential buildings: theory and practice]. *Ventilyatsiya, otoplenie, konditsionirovanie vozdukh, teplosnabzhenie i stroitel'naya teplofizika (AVOK) = Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics*, 2011, no.4, pp. 23 – 29 (In Russ.).

6. Granovskiy V. L. *Energoeffektivnye zdaniya – kompleksnoe reshenie dlya sistem otopleniya, ventilyatsii i gorya-chego vodosnabzheniya* [Energy-Efficient buildings – a comprehensive solution for ICU·the heating, ventilation, and grieve·what water]. *Ventilyatsiya, otoplenie, konditsionirovanie vozdukh, teplosnabzhenie i stroitel'naya teplofizika (AVOK) = Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Building Thermal Physics*, 2014, no.4, pp. 20 – 33 (In Russ.).

7. Kornienko S. V. *Zelenoe stroitel'stvo - kompleksnoe reshenie zadach energoeffektivnosti, ekologii i ekonomii* [Green construction - a comprehensive solution to the problems of energy efficiency, ecology and economy]. *Energoberezhenie = Energy Saving*, 2017, no. 3, pp. 22-27 (In Russ.).

8. Gorshkov A. S., Gladkikh A. A. *Meropriyatiya po povysheniyu energoeffektivnosti v stroitel'stv* [Measures to improve energy efficiency in construction]. *Academia. Arkhitektura*

i stroitel'stvo = *Academia. Architecture and Construction*, 2010, no. 3, pp. 246-250 (In Russ.).

9. Tarasyuk P. N., Trubaev P. A., Sukhoroslova V. V. Povyshenie energoeffektivnosti v individual'nom zhilishchnom stroitel'stve v usloviyakh belgorodskoi oblasti [Improving energy efficiency in individual housing construction in the Belgorod region]. *Nauchnoe obozrenie* = *Scientific Review*, 2013, no. 9, pp. 410-415 (In Russ.).

10. Fedyunina T. V., Mothersky S. V. [Energy efficiency of construction and low-emission glass]. *Nauka i sovremennost'. Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Science and modernity. Collection of articles of the International scientific and practical conference]. Ufa, 2014, pp. 40-41 (In Russ.).

11. Pugachev S. V. Tekhnicheskoe regulirovanie i voprosy energoeffektivnosti v stroitel'stve [Technical regulation and energy efficiency issues in construction]. *Energoberezhenie* = *Energy Saving*, 2013, no. 2, pp. 14-25 (In Russ.).

12. Grabovyi P. G., Starovoitov A. S. Innovatsionnoe stroitel'stvo – energoeffektivnost' i ekologichnost' [Innovative construction – energy efficiency and environmental friendliness]. *Nedvizhimost': ekonomika, upravlenie* = *Real Estate: Economy, Management*, 2012, no. 2, pp. 68-71 (In Russ.).

13. Chekh A. S. [On the issues of field survey in determining the class of energy efficiency]. *Ustoichivoe razvitie regiona: arkhitektura, stroitel'stvo i transport. Materialy 4-i mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii instituta arkhitektury, stroitel'stva i transporta TGTU* [Sustainable development of the region: architecture, construction and TRANSPORT. Proceedings of the 4th international scientific and practical conference of the Institute of architecture, construction and TRANSPORT of TSTU]. Tambov, 2017, pp. 434-438 (In Russ.).

14. Naumov A. L., Capco D. V. *Metodika opredeleniya klassa energeticheskoi effektivnosti ekspluatiruemyykh zhilykh mnogokvartirnykh domov* [Methodology for determining the class of energy efficiency of operated residential multi-apartment buildings] (In Russ.). Available at: [Electronic resource]. Access mode: http://zvt.abok.ru/articles/256/Metodika_opredeleniya_klassa_energeticheskoi_effektivnosti_ekspluatiruemih_zhilykh_mnogokvartirnykh_domov.

15. Fokin V. M. *Osnovy energoberezheniya i energoaudita* [Fundamentals of energy saving and energy audit]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 2006. 256 p. (In Russ.).

16. Makarov A. M., Chekh A. S. [Problems of improving the energy efficiency of residential apartment buildings in the process of operation]. *Ustoichivoe razvitie regiona: Arkhitektura, stroitel'stvo, transport. Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konferentsii* [Sustainable development of the region: Architecture, construction, transport: materials of Intern. scientific and practical conferences]. Tambov, 2015, pp. 148-151 (In Russ.).

17. Chekh A. S., Makarov A. M. Obosnovanie vybora nauchnogo issledovaniya v oblasti energoeffektivnosti ekspluatatsii zdaniy i sooruzhenii [Justification of the choice of scientific research in the field of energy efficiency of buildings and structures operation]. *Bi-*

osfernaya sovместimost': chelovek, region, tekhnologii = Biosphere compatibility: people, region, technology, 2016, no.2(14), pp. 49-53 (In Russ.).

18. Makarov A. M., Chekh A. S. [Energy research of heat-protective qualities of external enclosing structures of buildings of the Tambov regional clinical hospital named after V. D. Babenko]. *V.I. Vernadskii: Ustoichivoe razvitie regionov: materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konferentsii* [V. I. Vernadsky: Sustainable development of regions: materials of the international journal. scientific and practical conferences]. Tambov, 2016, vol. 5, pp. 111-116 (In Russ.).

Информация об авторах / Information about the Authors

Монастырев Павел Владиславович, доктор технических наук, профессор кафедры «Конструкции зданий и сооружений», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Российская Федерация, e-mail: arhsit@nnn.tstu.ru

Pavel V. Monastyrev, Dr. of Sci. (Engineering), Professor of the Construction of buildings and structures Department, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, e-mail: arhsit@nnn.tstu.ru

Макаров Александр Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Городское строительство и автомобильные дороги», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Российская Федерация, e-mail: sascha_68@rambler.ru

Aleksandr M. Makarov, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Urban Development and Road Department, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, e-mail: sascha_68@rambler.ru

Чех Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Городское строительство и автомобильные дороги», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов, Российская Федерация, e-mail: chekhalex@mail.ru

Aleksey S. Chekh, Cand. of Sci. (Engineering), Associate Professor, Urban Development and Road Department, Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation, e-mail: chekhalex@mail.ru

Куценко Ольга Ивановна, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство», ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация, e-mail: pgs_swsu@mail.ru

Olga I. Kutsenko, Associate Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering, Southwest State University, Kursk, Russian Federation, e-mail: pgs_swsu@mail.ru