

Решения для индивидуального учёта энергии в многоквартирных зданиях

Рецензия эксперта на статью получена 29.08.2018 [Expert review on the article was received on August 29, 2018].

Введение

В современных зданиях оплата электрической энергии, горячей и холодной воды производится по показаниям соответствующих счётчиков и обычно не создаёт проблем. Сколько потребовали — столько и оплатили. Однако распределение оплаты энергии за отопление отдельной квартиры в многоквартирном здании ставит много вопросов [1–6].

В проектах зданий до середины 1990-х годов не предусматривалась установка счётчиков тепловой энергии. Оплата за энергию выполнялась по обобщённому нормативу, в котором устанавливался расход энергии на отопление в расчёте на 1 м² отапливаемой площади квартир. На жителей списывали и дополнительные затраты энергии при её транспортировке в теплосетях. Такой подход не стимулировал экономию энергии ни при её доставке, ни в отапливаемых зданиях. Отсутствие счётчиков тепловой энергии в зданиях делало бессмысленным выполнение энергосберегающих мероприятий в силу невозможности зафиксировать энергосберегающий эффект.

Установку счётчиков тепловой энергии в зданиях, расположенных в Республике Беларусь, начали в середине 1990-х годов. Практически одновременно с этим мероприятием начались работы по установке программируемых регуляторов тепловой энергии в зданиях, так как регулирование подачи тепла для отопления зданий — один из наиболее эффективных и быстро окупаемых способов экономии энергии [7–9]. Оплата за тепловую энергию на отопление квартир начисляется путём распределения показаний счётчика пропорционально площади квартир.

В проектах зданий до середины 1990-х годов не предусматривалась установка счётчиков тепловой энергии. Оплата за энергию выполнялась по обобщённому нормативу, в котором устанавливался расход энергии на отопление в расчёте на 1 м² отапливаемой площади квартир. На жителей списывали и дополнительные затраты энергии при её транспортировке в теплосетях

Следующим шагом стало применение индивидуального учёта тепловой энергии на отопление каждой квартиры [10–12]. Предполагается, что установка счётчиков тепловой энергии в квартирах даёт возможность справедливой оплаты за тепловую энергию и создаёт стимулы для её экономии. Техническую возможность для экономии энергии в квартирах дают автоматические регуляторы теплоснабжения, устанавливаемые в квартирах в соответствии с требованиями [12].

Если задуматься о том, какое распределение оплаты тепловой энергии по квартирам в многоквартирном здании, можно считать «справедливым», можно отметить несколько моментов:

1. Стоимость оплаты не должна зависеть от расположения квартиры в здании.
2. Стоимость оплаты за энергию на отопление должна быть пропорциональна отапливаемой площади.
3. Стоимость оплаты должна увеличиваться при регулировании температуры воздуха в квартире в сторону повышения от среднего значения и уменьшаться при её снижении.

УДК 697.12

Решения для индивидуального учёта энергии в многоквартирных зданиях

Л. Н. Данилевский, д.т.н., первый заместитель директора Государственного предприятия «Институт жилища — НИПТИС им. Атаева С.С.»

Объектом исследования является индивидуальный учёт тепловой энергии на отопление квартир в многоэтажных зданиях. Проблемы учёта возникают из-за зависимости тепловых потерь квартиры от её расположения в здании, а также вследствие теплообмена между квартирами с различной температурой воздуха. В статье предложены и исследованы в эксплуатируемом многоэтажном энергоэффективном здании две методики индивидуального учёта энергии: с компенсацией влияния теплообмена между квартирами на показания квартирных счётчиков энергии и распределение показаний общего счётчика энергии по квартирам пропорционально разности температур воздуха в квартире и наружного воздуха. Результаты исследований, приведённые в статье, показали, что предпочтительным представляется второй из рассмотренных методов, который проще в реализации и приводит к распределению удельного потребления теплоты на отопление квартир пропорциональному разбросу значений разности температур. Материалы статьи могут быть использованы при решении вопроса о выборе системы индивидуального учёта энергии на отопление в многоквартирных зданиях.

Ключевые слова: тепловая энергия, учёт, регулирование, температура, теплообмен, тепловые потери, отопление.

UDC 697.12

Solutions for the individual accounting of energy in apartment buildings

L. N. Danilevski, Doctor of Technical Science, the First Deputy Director of the Republican Unitary Enterprise (State Enterprise) "Institute of Housing — NIPTIS named Ataev S.S."

The object of the study is the individual recording of thermal energy for heating apartments in multi-storey buildings. Accounting problems arise because of the dependence of heat losses from the apartment, depending on its location in the building, as well as due to heat exchange between apartments with different air temperatures. In the article, two methods of individual energy accounting have been proposed and investigated in the operated multi-storey energy-efficient building: with compensation of the effect of heat exchange between apartments on the indices of apartment energy meters and the distribution of the readings of the total energy meter in apartments in proportion to the difference in air temperatures in the apartment and outside air. The results of the studies given in the article showed that the second method considered is preferable. It is easier to implement and leads to the distribution of specific heat consumption for apartment heating proportional to the spread of temperature difference values. The materials of the article can be used when deciding on the choice of an individual energy metering system for heating in multi-apartment buildings.

Keywords: thermal energy, heating, account, regulation, temperature, heat exchange, thermal losses, heating.

При эксплуатации зданий возникают процессы теплообмена, затрудняющие выполнение сформулированных выше принципов при начислении. Во-первых, тепловые потери квартир, а следовательно, и потребление тепловой энергии на отопление, а также оплата по индивидуальным счётчикам тепловой энергии зависят от расположения квартиры в здании [13]. Во-вторых, в многоквартирном жилом доме важную роль в учёте тепла на отопление квартир играет теплообмен между соседними квартирами с разной температурой воздуха. С этой проблемой столкнулись при проектировании зданий с системами регулирования теплоснабжения и индивидуальным учётом [13].

Аналогичные проблемы возникают при учёте энергии в квартирах с индивидуальным энергоснабжением, например, с использованием газовых котлов или электрических отопительных элементов.

Распределение тепловых потерь в многоквартирном здании

Тепловые потери через ограждающие конструкции многоэтажных зданий носят неоднородный характер [13]. Это обстоятельство приводит как к различным условиям теплового комфорта, так и к различной оплате стоимости отопления в квартирах, расположенных в различных частях здания при равной площади. Удельное потребление тепловой энергии на отопление здания можно записать в виде [14]:

$$q_h = 0,024 n [\Delta t_{sr} f_1 - \xi (f_2 + \zeta q_{sr})], \text{ где (1)}$$

$$\Delta t_{sr} = (t_{in} - t_{out}), \text{ К; (2)}$$

t_{in} и t_{out} — средние температуры воздуха внутри и снаружи здания, К; f_1 — удельные тепловые потери здания [Вт/(м²·К)], равные величине [6]:

$$f_1 = \left[\left(\frac{1 - K_{ost}}{R_{ogr}} + \frac{K_{ost}}{R_{ost}} \right) \frac{S_{st}}{S_{ot}} + \frac{R_{per} + R_{pokr}}{R_{per} R_{pokr} k} + c_v \rho_v h_1 \frac{k_{kr}}{3600} \right], \quad (3)$$

где q_h — удельная среднегодовая мощность источника энергии на отопление и вентиляцию для условий расчёта, Вт/м²; q_{sr} — средний поток солнечной радиации, поступающей в здание, рассчитываемый в соответствии с требованиями [15, 16], Вт/м²; K_{ost} — коэффициент остеклённости стены; R_{ogr} — приведённое сопротивление теплопередаче стен, м²·К/Вт; R_{ost} — приведённое сопротивление теплопередаче окон, м²·К/Вт; S_{st} — площадь наружных стен, м²; R_{per} — приведённое сопротивление теплопередаче перекрытия верхнего этажа, м²·К/Вт; R_{pokr} — приведённое сопротивление теплопередаче покрытия над

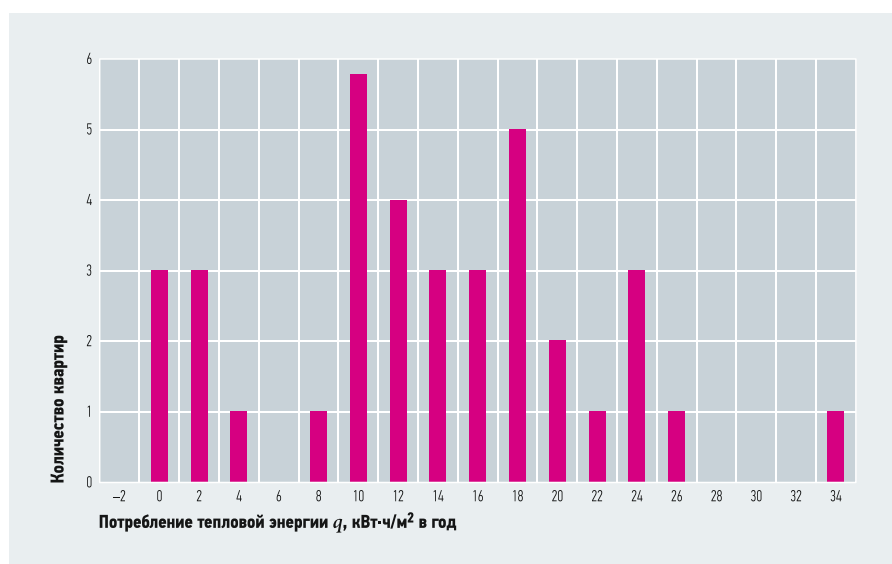


Рис. 1. Распределение удельного потребления тепловой энергии на отопление квартир энергоэффективного жилого здания, построенного в городе Гродно

подвалом, м²·К/Вт; k — количество этажей; h_1 — высота этажа, м; k_{kr} — кратность воздухообмена в единицу времени относительно объёма здания, ч⁻¹; n — количество суток в среднем отопительном сезоне; f_2 — удельная мощность внутренних тепловыделений в здании, принимаемая для расчётов, Вт/м²; ξ и ζ — коэффициент, учитывающий тип системы регулирования, и коэффициент усвоения солнечной энергии в здании, соответственно.

По этой же формуле (1) можно разделить потребление тепловой энергии на отопление отдельной квартиры при равных значениях температуры воздуха в квартирах здания. Для анализа влияния расположения квартир в здании на удельное потребление тепловой энергии на отопление был выполнен расчёт в соответствии с формулой (1) для квартир энергоэффективного 120-квартирного жилого здания, соответствующего классу А+ [14], построенного здания в городе Гродно [17] в предположении одинаковой

температуры воздуха, равной 18°C, и значений мощности бытовых тепловыделений, принятых в соответствии с [12] равными 9 Вт/м² (жилые помещения и кухни). Исходные данные, использованные при выполнении расчётов, приведены в табл. 1. Климатические условия и поступление солнечной энергии в расчётах принимались в соответствии с [15].

На рис. 1 приведена гистограмма распределения расчётного потребления тепловой энергии на отопление квартир. Удельное потребление квартир, расположенных в различных частях здания, отличается в четыре и более раза. Наибольшее потребление — в угловых квартирах верхнего этажа здания.

Из данных, приведённых на рис. 1, можно сделать вывод, что стоимость оплаты тепловой энергии на отопление квартир одной и той же площади, но расположенных в различных частях здания, при одинаковой температуре воздуха будет отличаться в разы.

Расчётные теплотехнические характеристики зданий и используемое оборудование табл. 1

Характеристика	Значение
Генпроектировщик	УП «Гродногражданпроект», Республика Беларусь
Этажность здания / кол-во квартир	10 / 120
Отапливаемая площадь, м ²	10 330
R_{ogr} , м ² ·К/Вт	4,11
R_{ost} , м ² ·К/Вт	1,00
R_{per} , м ² ·К/Вт	6,00
R_{pokr} , м ² ·К/Вт	2,50
Система вентиляции	Принудительная приточно-вытяжная с рекуперацией тепловой энергии вентиляционных выбросов (эффективность 80%)
Удельный расход тепловой энергии на отопление	15,5
Класс здания по потреблению тепловой энергии на отопление и вентиляцию	А+

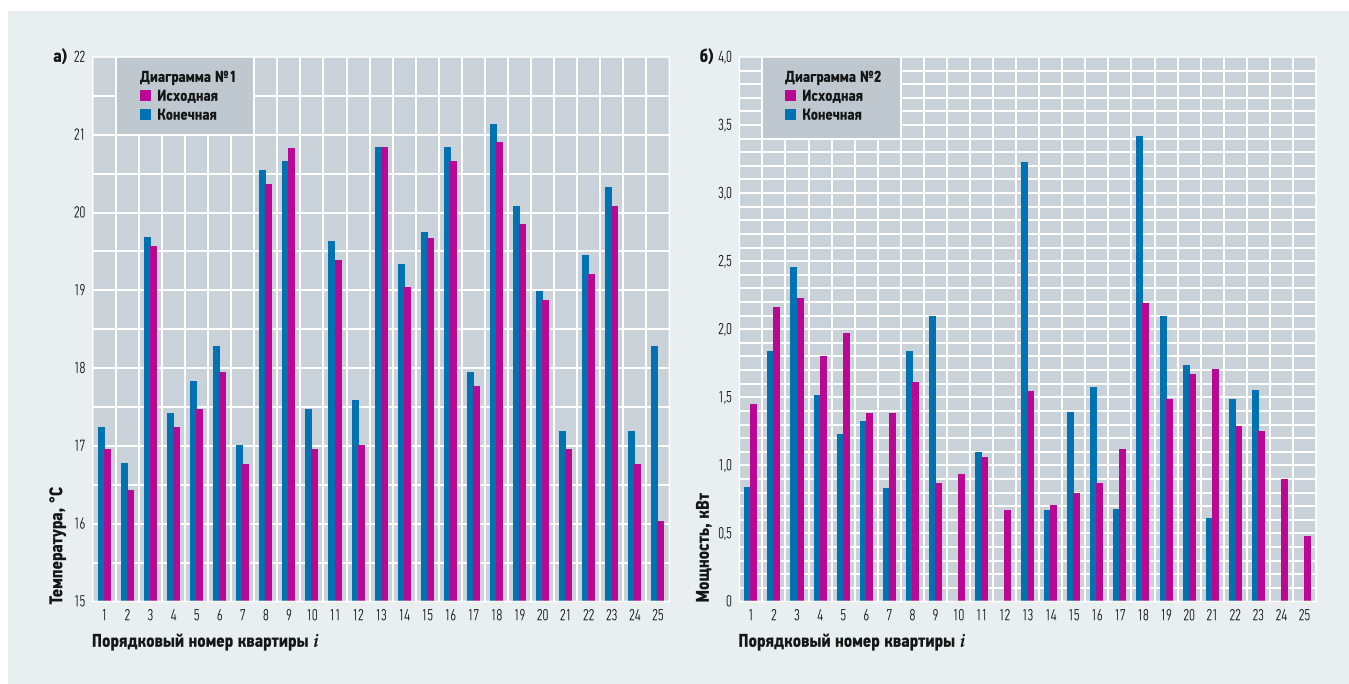


Рис. 2. Исходные и конечные значения регулирования распределения температур (а) и мощности (б) в квартирах

Для обеспечения равного уровня теплопотерь, с целью выравнивания уровня оплаты по квартирам здания в [13, 18] предлагается перейти к утеплению наружных ограждающих конструкций, зависящему от места расположения квартиры. Преимущества неоднородной системы утепления выявляются также при исследовании вопроса о выборе условий начала отопительного сезона в зданиях [13].

Для зданий с обычной системой утепления, однородной по фасадам, целесообразно разработать методику расчёта затрат на отопление, учитывающую все особенности теплообмена между квартирами в многоквартирном здании. Одна из них предложена в [18–19].

В работах [19–21] выполнено математическое моделирование системы учёта тепловой энергии на отопление в многоквартирном здании с индивидуальными регуляторами температуры при компенсации влияния теплообмена через межквартирные перекрытия и перегородки. При моделировании в квартирах счётчиком случайных чисел задавались бытовые тепловыделения. Было учтено не

только расположение квартир в здании, но и влияние теплообменных процессов на показания счётчика тепловой энергии.

Площади перегородок между квартирами и ограждение лестничной площадки рассчитывались по геометрическим размерам, считая высоту этажа 2,8 м, а толщину межэтажных перекрытий 0,22 м. Исходные данные для расчёта приведены в табл. 2. На рис. 2 представлены диаграммы распределения начальных и полученных в результате моделирования значений температуры воздуха и мощности источников теплоснабжения в каждой квартире здания при диапазоне изме-

нения заданных значений температуры в квартирах от 16 до 21 °С.

На рис. 2а приведены исходные и достигнутое в процессе регулирования распределение значений температуры в квартирах. Отличие значений температуры на диаграмме №2 (температура после регулирования) от значений на диаграмме №1 (заданное значение температуры) не превышает 0,5 °С, что характеризует высокое качество регулирования температуры. На рис. 2б представлены значения мощности системы отопления в квартирах, необходимые для компенсации тепловых потерь с учётом внутренних тепловыделений (диаграмма №1) и значения, учитывающие теплообмен между квартирами через межквартирные стены и перегородки (диаграмма №2). Можно отметить изменение значений мощности источников теплоты по сравнению с исходным вариантом. Например, в квартире 10 источник отопления в результате работы регулятора выключен (рис. 3б). В соседних квартирах 9 и 18 мощность тепловых источников, установленная в процессе регулирования, вдвое превышает расчётную начальную, что обусловлено теплообменом между квартирами с различной температурой. Аналогичные тенденции можно проследить для квартир 12 и 26.

Приведённые на рис. 2а и 2б результаты однозначно свидетельствуют, что расположение квартиры в многоквартирном здании, а также теплообмен между квартирами оказывают значительное влияние на показания индивидуальных счётчиков тепловой энергии.

В работах [19–21] выполнено математическое моделирование системы учёта тепловой энергии на отопление в многоквартирном здании с индивидуальными регуляторами температуры при компенсации влияния теплообмена через межквартирные перекрытия и перегородки

Теплофизические характеристики ограждающих конструкций

табл. 2

Наименование конструкции	R, м ² ·°C/Вт	S, м ²	S _{общ} , м ²
Наружные стеновые панели	2,5	3434,9	8028
Окна	0,6	615,82	
Перекрытие над техподпольем	1,5	802,8	
Совмещённое покрытие	3,0	802,8	
Межквартирные перегородки	0,31	–	
Межэтажные перекрытия	0,423	–	

L.N. Danilevskij, Doctor of Technical Science, the First Deputy Director of the Republican Unitary Enterprise (State Enterprise) "Institute of Housing — NIPTIS named Ataev S.S."

- Kotin V.A. O raspredelenii postojannyh rashodov teplovoj jenerгии na otoplenie po kvartiram, oborudovannym kvartirnymi schetchikami [On the distribution of the fixed costs of heat energy for heating in apartments equipped with apartment heat meters]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* ["Industrial and Civil Construction" Magazine]. 2009. No. 12. Pp. 10–12.
- Medvedev V.A. V Rossii nuzhno prinyat' i vvodit' v dejstvie standart EN 1434-97 "Teploschetchiki" v vide modifitsirovannogo nacional'nogo standarta [In Russia, it is necessary to adopt and enforce standard EN 1434-97 "Heat meters" in the form of a modified national standard]. *Mat. 1-j Mezhd. nauch.-prakt. konf. "Jenergosberezhenie v sisteme teplosnabzhenija. Povyshenie jenergeticheskoy jeffektivnosti"* [Proc. of the 1st International Scientific and Practical Conference "Energy Saving in the Heat Supply System. Improving energy efficiency"]. St. Petersburg. May 25–27, 2010. Pp. 7–10.
- Balashov Ju.V., Medvedev V.A. O programmah ispytaniya tipa i metodikah poverki mnogokanal'nyh teploschetchikov [About test programs of the type and methods of verification of multichannel heat meters]. *Mat. 1-j Mezhd. nauch.-prakt. konf. "Jenergosberezhenie v sisteme teplosnabzhenija. Povyshenie jenergeticheskoy jeffektivnosti"* [Proc. of the 1st International Scientific and Practical Conference "Energy Saving in the Heat Supply System. Improving energy efficiency"]. St. Petersburg. May 25–27, 2010. Pp. 10–16.
- Medvedev V.A. Teplovaja jenergiya i teploschetchiki: izmereniya, uchet ili "izmereniya = uchet"? Chto dolzhen "umet" teploschetchik? [Thermal energy and heat meters: measurements, accounting or "measurements = accounting"? What should a heat meter "know"?] *Mat. 1-j Mezhd. nauch.-prakt. konf. "Jenergosberezhenie v sisteme teplosnabzhenija. Povyshenie jenergeticheskoy jeffektivnosti"* [Proc. of the 1st International Scientific and Practical Conference "Energy Saving in the Heat Supply System. Improving energy efficiency"]. St. Petersburg. May 25–27, 2010. Pp. 16–23.
- Kazachkov V.S., Kogut S.A. Ocenka jekonomicheskoy obosnovannosti razlichnyh metodov ucheta potrebleniya tepla v zhilyh domah. Prilozhenie: "Dannye potrebleniya tepla v kvartirah jeksperimental'nogo zhilogo doma v 2009 godu" [Estimation of economic validity of various methods of heat consumption in residential houses. App.: Data of heat consumption in the apartments of the experimental apartment house in 2009]. *Mat. 1-j Mezhd. nauch.-prakt. konf. "Jenergosberezhenie v sisteme teplosnabzhenija. Povyshenie jenergeticheskoy jeffektivnosti"* [Proc. of the 1st International Scientific and Practical Conference "Energy Saving in the Heat Supply System. Improving energy efficiency"]. St. Petersburg. May 25–27, 2010. Pp. 67–78.
- Rudenko S.N. Masshtaby i problemy kvartirnogo uchjota potrebleniya vody i teplovoj jenerгии [The scale and problems of apartment accounting of water and heat energy consumption]. *Mat. 1-j Mezhd. nauch.-prakt. konf. "Jenergosberezhenie v sisteme teplosnabzhenija. Povyshenie jenergeticheskoy jeffektivnosti"* [Proc. of the 1st International Scientific and Practical Conference "Energy Saving in the Heat Supply System. Improving energy efficiency"]. St. Petersburg. May 25–27, 2010. Pp. 7–10.
- Danilevskij L.N. Sistemnyj podhod k jenergosberezheniju v zhilyh zdaniyah. Opyt belorussko-germanskogo sotrudnichestva v stroitel'stve [System approach to energy saving in residential buildings. Experience of Belarusian-German cooperation in construction]. Minsk. OOO "Strinko" [Strinco, LLC]. 2000. Pp. 108–112.
- Danilevskij L.N. Opyt massovogo vvedeniya sistem upravleniya teplosnabzheniem na predpriyatijah bjuzdzhetnoj sfery [Experience in the mass introduction of heat management systems at public sector enterprises]. *Mat. nauch.-tehn. konf. "Opyt i perspektivy sanatsii sushhestvujushih zhilyh domov krupnopanel'nogo stroitel'stva v stranah Srednej, Juzhnoj i Vostochnoj Evropy"* [MOE/NUS] [Proc. of the International Scientific and Technical Conference "Experience and prospects for the rehabilitation of existing residential buildings of large-panel construction in the countries of Central, Southern and Eastern Europe"]. Minsk. June 2–6, 2000. Pp. 1–3.
- Danilevskij L.N., Tauroginskij B.I. Ispol'zovanie reguljatorov "DIT-541" dlja upravleniya teplovym rezhimom zdaniy i TSTP [Use of "DIT-541" regulators for management of thermal conditions of buildings and central heat points]. *Rekonstrukcija zhil'ja* [Reconstruction of housing]. Kiev. 2000. Pp. 129–134.
- Regulirujushhie klapany i jelektroprivody: katalog firmy Danfoss [Regulating valves and electric drives: Danfoss catalog]. Moscow. OOO "Danfos" [Danfos, LLC]. 2007.
- Inzhenernoe oborudovanie zdaniy i sooruzhenij: jenciklopedija [Engineering equipment of buildings and structures: encyclopedia]. Moscow. Strojizdat ["Strojizdat" Publishers — Publishing House of Construction Industry]. 1994. 512 p.
- SNB [Building Regulations of the Republic of Belarus] 4.02.01–03. Otoplenie, ventiljacija, kondicionirovanie vozduha [Heating, ventilation, air conditioning]. Minsk. 2004.
- Danilevskij L.N. Principy proektirovaniya i inzhenernoe oborudovanie jenergojeffektivnyh zhilyh zdaniy [Principles of design and engineering equipment for energy-efficient residential buildings]. Minsk. OOO "Biznesofset" [Biznesofset, LLC]. 2011. 375 p.
- TKP [Technical Code of Steady-State Practice] 45-2.04-196–2010. Teplovaja zashhita zdaniy. Teplojenergeticheskie harakteristiki. Pravila opredeleniya [Thermal protection of buildings. Heat power characteristics. Rules for the determination]. Minsk. Mezhgosudarstvennyj Sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii: Belorusskij gosudarstvennyj institut standartizacii i sertifikacii [Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification: Belarusian State Institute for Standardization and Certification]. 2010.
- SNB [Building Regulations of the Republic of Belarus] 2.04.02–2000. Stroitel'naja klimatologija [Building climatology]. Minsk. 2001.
- Vasil'ev Ju.S., Hrisanov N.I. Jekologija ispol'zovaniya vobnovljaemyh jenergoistochnikov [Ecology of the use of renewable energy sources]. Leningrad. LGU [Leningrad State University]. 1991. 343 p.
- Pilipenko V.M., Danilevskij L.N., Terehov S.V., Kacynel' R.B., Greben'kov A.Zh. Jenergojeffektivnye zhilye zdaniya vtorogo pokoleniya v proekte PROON-GJeF v Respublike Belarus' [Energy-efficient residential buildings of the second generation in the Project of the United Nations Development Program and the Global Environment Facility (UNDP/GEF) in the Republic of Belarus]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2017. No. 11. Pp. 61–67.
- Patent of the EAPU No. 008576. IPC (2006) E04V 1/76, E04N 1/00. Zdanie s utepljajushhej obolochkoj [Building with a thermal sheath] / L.N. Danilevskij, V.M. Pilipenko, V.A. Potersshuk. The declarant: Gosudarstvennoe predpriyatie "Institut zhilishha — NIPTIS im. Ataeva S.S." [State Enterprise "Institute of Housing — NIPTIS named Ataev S.S."]. No. 200600508. Decl. Mart 29, 2006; publ. June 29, 2007. Bull. EAPV No. 3. 2007.
- Danilevskij L.N. Temperaturnyj rezhim i teplosnabzhenie kvartir v mnogokvartirnom zdanii s individual'nymi reguljatorami [Temperature regime and heat supply of apartments in a multi-apartment building with individual regulators]. *Inzhenerno-fizicheskij zhurnal* [Engineering and Physics Magazine]. 2010. No. 1. Pp. 334–341.
- Danilevskij L.N. Osobennosti ucheta teplosnabzheniya kvartir v mnogokvartirnom zdanii s individual'nymi reguljatorami [Features of heat metering of apartments in a multi-apartment building with individual regulators]. *Mat. 1-j Mezhd. nauch.-prakt. konf. "Jenergosberezhenie v sisteme teplosnabzhenija. Povyshenie jenergeticheskoy jeffektivnosti"* [Proc. of the 1st International Scientific and Practical Conference "Energy Saving in the Heat Supply System. Improving energy efficiency"]. St. Petersburg. May 25–27, 2010. Pp. 183–185.
- Danilevskij L.N. Temperaturnyj rezhim i uchet zatrat na teplosnabzhenie kvartir v mnogokvartirnom zdanii s individual'nymi reguljatorami [Temperature regime and accounting of heating costs for apartments in a multi-apartment building with individual regulators]. *Stroitel'naja nauka i tehnika* ["Building Science and Technology" Magazine]. 2010. No. 1–2. Pp. 85–92.
- TKP [Technical Code of Steady-State Practice] 45-2.04-43–2006. Stroitel'naja teplotehnika. Stroitel'nye normy proektirovaniya [Building heat engineering. Building design standards]. Minsk. 2006.
- Nikitina S.V. Primenenie ustrojstv dlja raspredeleniya teplovoj jenerгии v kachestve priborov pokvartirnogo ucheta tepla [The use of devices for the distribution of thermal energy as a device for the quarterly heat metering]. *Mat. 1-j Mezhd. nauch.-prakt. konf. "Jenergosberezhenie v sisteme teplosnabzhenija. Povyshenie jenergeticheskoy jeffektivnosti"* [Proc. of the 1st International Scientific and Practical Conference "Energy Saving in the Heat Supply System. Improving energy efficiency"]. St. Petersburg. May 25–27, 2010. Pp. 7–10.
- Metodicheskie rekomendacii opredeleniya potrebleniya teplovoj jenerгии na otoplenie zhilyh, nezhilyh i vspomogatel'nyh pomeschenij na osnovanii pokazanij raspredelitelej tepla i priborov individual'nogo ucheta teplovoj jenerгии [Methodical recommendations for determining the consumption of thermal energy for heating residential, non-residential and auxiliary premises on the basis of the indications of heat spreaders and individual heat metering devices]. Minsk. RUP "Institut "Belzhilproekt" [Republican Unitary Enterprise "Institute "Belzhilproject"]. 2008. 48 p.
- Patent of the Republic of Belarus No. 15790. IPC G01K 178/00. Sposob opredeleniya kolichestva teplovoj jenerгии, zatracennoj na otoplenie kvartiry v mnogokvartirnom zdanii zjavka [Method for determining the amount of thermal energy spent on heating an apartment in an apartment building application] / L.N. Danilevskij. The declarant: Gosudarstvennoe predpriyatie "Institut zhilishha — NIPTIS im. Ataeva S.S." [State Enterprise "Institute of Housing — NIPTIS named Ataev S.S."]. No. a20100214. Decl. February 12, 2010; publ. April 30, 2012. Bull. No. 2. 2012.
- Teploschetchik mnogokanal'nyj TJeM-104KV: tehicheskij passport [The multichannel heat meter TEM-104KV: technical passport]. Minsk. OOO "Arvas" [Arvas, LLC]. 2017.