

Сравнительный анализ методов определения теплоэнергетических характеристик эксплуатируемых зданий

Введение

Требования к теплотехническим характеристикам зданий изменяются вместе с изменением стоимости энергоносителей. Если в [1] требования к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций выбирались только из соображения теплового комфорта, то в [2, 3] были установлены нормируемые значения для сопротивления теплопередаче для ограждающих конструкций, а в [3, 4] — нормативные значения для удельного годового потребления тепловой энергии на отопление зданий. Удельное годовое потребление устанавливается также в нормативных документах стран Евросоюза [5] и РФ [6]. Из нормативных требований, предъявляемых к названному показателю, следует необходимость разработки измерительных методик, обеспечивающих проверку соответствия эксплуатационных значений показателя расчётным. Такая необходимость может возникнуть как при приёмке зданий, так и на разных стадиях эксплуатации, например, при выполнении работ по энергетической сертификации.

Показатель «удельное годовое потребление тепловой энергии на отопление» относится не к зданию как конструктивной системе, а характеризует его с учётом климатических условий, заселённости здания и условий его эксплуатации. Поэтому значение показателя удельного расхода тепловой энергии на отопление, измеренное

Показатель «удельное годовое потребление тепловой энергии на отопление» характеризует здание с учётом климатических условий, заселённости здания и условий его эксплуатации. Поэтому значение показателя удельного расхода тепловой энергии на отопление, измеренное в конкретных климатических условиях и в условиях эксплуатации здания, может существенно отличаться от расчётного

в конкретных климатических условиях и в условиях эксплуатации, может существенно отличаться от расчётного. Для оценки соответствия показателя проектным или нормативным требованиям его необходимо привести к расчётным условиям. Анализ расчёта показателя «удельного расхода тепловой энергии на отопление» в соответствии с [3] показывает, что для приведения значений расхода тепловой энергии на отопление, полученных по показаниям счётчика тепловой энергии, к расчётным условиям требует дополнительной информации о параметрах:

- температура воздуха в здании;
- температура наружного воздуха;
- мощность бытовых тепловыделений;
- энергия солнечной радиации, поступающей в здание.

УДК 728.1.012:658.260-27.236

Сравнительный анализ методов определения теплоэнергетических характеристик эксплуатируемых зданий

Л. Н. Данилевский, д.т.н., первый заместитель директора; С. Л. Данилевский, старший научный сотрудник, государственное предприятие «Институт жилища — НИПТИС им. Атаева С.С.» (г. Минск)

В статье выполнен сравнительный анализ точности и трудоёмкости определения удельного потребления тепловой энергии на отопление зданий для расчётных условий двумя методами: по двухступенчатой процедуре, когда на первом этапе по архиву показаний счётчика тепловой энергии определяется значение коэффициента удельных теплопотерь здания, а на втором — удельного потребления тепловой энергии на отопление зданий для расчётных условий; по упрощённой методике, которая основана на обработке показаний счётчика тепловой энергии на отопление зданий, потреблению горячей воды в здании, значениям температуры воздуха в здании и наружной температуры. Приведены данные по экспериментальному определению названного показателя по двум методам. Показаны преимущества первой методики с точки зрения трудоёмкости, так как для её использования достаточно использование архива показаний счётчика тепловой энергии в здании, и повышенной точности измерений. Недостаток — чувствительность к качеству регулирования теплоснабжением здания. Анализ полученных результатов показал, что при наличии в здании функционирующей системы управления теплоснабжением предпочтение следует отдать двухступенчатой процедуре определения удельного потребления тепловой энергии на отопление для расчётных условий. При сомнительном качестве работы системы регулирования следует использовать упрощённую методику определения этого показателя.

Ключевые слова: удельное потребление тепловой энергии на отопление, расчётные условия эксплуатации, измерения, коэффициент удельных теплопотерь, статистические характеристики.

UDC 728.1.012:658.260-27.236

The comparative analysis of methods of definition of heat power indicators of the operated buildings

L. N. Danilevsky, Doctor of Engineering Sciences, first Deputy Director; S. L. Danilevsky, Senior Research Officer, State-run Enterprise "Ataev Institute of accommodation" (Minsk city)

In article the comparative analysis of accuracy and labor input of definition of heating demand of thermal energy on heating of buildings for settlement conditions is made by two methods: according to the two-level procedure when at the first stage value of coefficient of thermal losses of the building is determined by the heating demand of the counter of thermal energy, and on the second — the heating demand of thermal energy on heating of buildings for settlement conditions; by the simplified technique which is based on processing of indications of the counter of thermal energy on heating of buildings, to consumption of hot water in the building, to values of air temperature in the building and external temperature. Data on experimental definition of the called indicator on two methods are provided. Advantages of the first technique, as from the point of view of labor input since definition of specific consumption of thermal energy on heating requires also rather enough use of archive of indications of the counter of thermal energy in the building, and the increased accuracy of measurements are shown. Shortcoming — sensitivity to quality of regulation by building heat supply. The analysis of the received results showed that in the presence preference should be given in the building of the functioning control system of heat supply to the two-level procedure of definition — the heating demand of thermal energy on heating for settlement conditions. At doubtful quality of work of system of regulation it is necessary to use the simplified technique of definition of this indicator.

Keywords: the demand of heating energy on heating, estimated operating conditions, measuring, coefficient of thermal losses of the building, statistical characteristics.

При выполнении энергетического обследования зданий, как правило, получение перечисленной информации затруднительно. Выполнение такой работы, результаты которой приведены в [7, 8] для определения мощности бытовых тепловыделений, потребовало обработки огромного объема статистической информации коммунальных служб и поставщика электрической энергии. Сравнительно просто получить информацию о температуре наружного воздуха, потреблении тепловой энергии на отопление и о потреблении горячей воды жителями. Измерение температуры воздуха в помещениях выполняется на коротких интервалах времени, в то время как для точного определения показателя необходимо обработать информацию по одному или нескольким отопительным сезонам. Эти обстоятельства ставят задачу разработки более простого и надежного способа измерений.

Наиболее доступной при выполнении измерений является следующая информация:

- температура наружного воздуха для условий эксплуатации здания, которую можно получить из данных гидрометеоцентра для станции наблюдений, ближайшей к зданию;
- архив показаний общедомового счетчика тепловой энергии на отопление здания, хранящийся в эксплуатирующей организации.

В качестве исходного целесообразно выбрать показатель, характеризующий здание вне климатических условий и условий его эксплуатации. В [9] предложено понятие удельной тепловой характеристики здания, значение которой равно отношению удельной мощности тепловых потерь при разности температур в 1 К к объёму здания. Эта величина не зависит от условий эксплуатации и характеризует здание как теплоэнергетический объект. Для жилых зданий удобнее нормировать эту величину не к объёму, а к отапливаемой площади здания, значение которой можно получить в эксплуатирующей организации.

По мнению авторов, для этой величины больше подходит название «коэффициент удельных теплопотерь» здания. Эта величина соответствует мощности тепловых потерь при разности температур воздуха снаружи и внутри здания в 1 °C в расчёте на 1 м² отапливаемой площади. Зная этот показатель, можно рассчитать значение удельного потребления тепловой энергии на отопление здания для любых расчётных условий [10, 11].

Однако, в случае ручного съёма показаний счётчиков потребления тепловой энергии, возникает проблема дополнительных ошибок, возникающих из-за возможной несвоевременности получения данных и «человеческого фактора», приводящего к ошибкам отсчёта показаний.

Двухэтапный алгоритм контроля удельного потребления тепловой энергии на отопление зданий для расчётных условий

Наиболее простой метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий для расчётных условий разработан в [11–18]. Задача решается в два этапа:

1. Определяется коэффициент удельных теплопотерь здания f_1 по методике, предложенной в [12, 18]:

$$f_1 = \frac{\sum_{j=1}^J \left[\sum_{i=1}^{N-1} (q_{ji} \Delta t_{ji}) \right]}{\sum_{j=1}^J \left[\sum_{i=1}^{N-1} (\Delta t_{ji}^2) \right]}, \quad (1)$$

Температура наружного воздуха и удельная мощность системы отопления*

табл. 1

Период	Удельная мощность, Вт/м ²	Температура наружного воздуха, °С
Ноябрь 2013 года	28,47	4,60
Декабрь 2013 года	27,55	-0,60
Январь 2014 года	27,55	-7,70
Февраль 2014 года	30,50	-1,30
Март 2014 года	27,55	5,00
Апрель 2014 года	9,56	4,40

* В здании г. Могилёва с характеристиками: год постройки — 2009-й; девять этажей; подъездов — два; отапливаемая площадь — 4797 м².

где f_1 — коэффициент удельных теплопотерь здания, Вт/(м²·К);

$$q_{ji} = q_{ji} - q_j, \quad (2)$$

здесь q_{ji} — значение средней удельной мощности источника в отоплении здания на i -м интервале измерений в j -м отопительном сезоне, Вт/м²; q_j — значение средней удельной мощности источника в отоплении здания на выбранном интервале измерений в j -м отопительном сезоне, Вт/м²;

$$\Delta t_{ji} = t_{jiout} - t_{jout}, \quad (3)$$

где t_{jiout} и t_{jout} — средние значения температур наружного воздуха на соответствующих интервалах измерений, °С.

2. По известному значению f_1 определяется значение удельного потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий для расчётных условий по следующей формуле:

$$q_h = 0,024N[\Delta t_{sr}f_1 - \xi(f_2 + \zeta q_s)], \quad (4)$$

где $\Delta t_{sr} = (t_{in} - t_{out})$, К; q_h — удельная среднегодовая мощность источника энергии на отопление и вентиляцию для расчётных условий, Вт/(м²·год); f_1 — удельный коэффициент тепловых потерь здания, Вт/(м²·К); f_2 — удельная мощность вну-

тренних тепловыделений в здании, принимаемая для расчётов по Вт/м²; t_{in} — расчётная температура воздуха в здании, равная +18 °С; t_{out} — средняя температура наружного воздуха в отопительном сезоне в соответствии с климатическими условиями местности по [19]; q_{sr} — средний поток солнечной радиации, поступающей в здание, рассчитываемый в соответствии с требованиями [3, 19]; N — количество суток в среднем отопительном сезоне; ζ и ξ — коэффициенты, учитывающие тип системы регулирования и коэффициент усвоения солнечной энергии в здании, соответственно.

Следует отметить, что коэффициенты ζ и ξ вводятся в предположении, что в здании постоянно поддерживается температура +18 °С.

Предложенная в [18] методика определения коэффициента удельных теплопотерь и удельного потребления тепловой энергии на отопление здания наиболее рациональна. Для её использования:

- достаточно получить показания счётчика тепловой энергии в здании за несколько месяцев отопительного сезона;
- дополнительно необходимо получить данные по средней температуре наруж-

ного воздуха на рассматриваемых измерительных интервалах.

Основной предпосылкой для использования методики является наличие общедомового счётчика тепловой энергии на отопление здания и работающей системы регулирования подачи теплоносителя в здание, учитывающей изменение наружных климатических условий.

Следует отметить, что неудовлетворительная работа системы регулирования может исключить возможность определения удельных теплотехнических характеристик по предложенной методике.

Для иллюстрации проблемы в табл. 1 приведены данные по удельному потреблению тепловой энергии в жилом здании, полученные по общедомовому счётчику тепловой энергии на отопление.

Основной предпосылкой для использования методики является наличие общедомового счётчика тепловой энергии на отопление здания и работающей системы регулирования подачи теплоносителя в здание, учитывающей изменение наружных климатических условий

В данных, приведённых в табл. 1, изменение мощности источника отопления по показаниям счётчика тепловой энергии в здании совершенно не коррелирует с изменением температуры наружного воздуха. Например, средняя мощность системы отопления в феврале при температуре наружного воздуха -1,3 °С, то есть мощность, отдаваемая системой, выше, чем в январе при температуре наружного воздуха -7,7 °С. Аналогично соотношение мощностей для других месяцев.

Для этого здания применение рассмотренной выше методики даст заведомо ошибочный результат.

Упрощённая методика измерений

Для случая недостаточной уверенности в корректности имеющейся информации по ежемесячному потреблению тепловой энергии на отопление — целесообразно использовать упрощённую методику измерения удельного потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий для расчётных условий, предложенную в [20]. В этом случае измерения можно выполнять, используя как ежемесячные, так и годовые архивы данных.

Экспресс-метод определения составляющих теплового баланса жилого здания по косвенным измерениям предложен в [9].



В течение определённого промежутка времени выполняются измерение и регистрация наружной температуры и температуры воздуха в помещениях здания. Средняя температура воздуха внутри помещений здания определяется по температуре вентиляционных выбросов на выходе общих вентиляционных шахт здания. Измерения, выполненные ранее в [21], показали, что в этом случае температура вентиляционных выбросов на 1°C выше средней температуры в квартирах. В каждой из вентиляционных шахт определяется скорость движения воздуха и объём вентиляционных выбросов. Расчётным путём по проектным данным и измеренным значениям температуры воздуха внутри и снаружи здания и уровню воздухообмена определяются тепловые потери через ограждающие конструкции и инфильтрационные теплопотери здания. Недостатком данного метода является необходимость в дополнительной информации о проектных теплотехнических характеристиках ограждающих конструкций здания. Точность измерений определяется многими статистически неопределёнными величинами: сопротивлением теплопередаче ограждающих конструкций здания и объёмом вентиляционных выбросов.

Для получения точных значений мощности внутренних тепловыделений в квартирах здания был выполнен анализ потребления электрической энергии и газа при приготовлении пищи, тепловых выделений жителей с учётом статистики по заселённости многоэтажных зданий из [8]. Были использованы данные жилищно-коммунальных служб о расходе энергетических ресурсов в жилых зданиях, областных центров Республики Беларусь и города Минска. В [8, 11] было показано, что мощность бытовых тепловыделений можно нормировать не к жилой площади здания, как это делается обычно, например в [22], а к количеству жителей в здании в размере. Анализ полученных результатов, представленный в [8, 11] показывает, что уровень тепловыделений несущественно зависит от типа зданий, устойчив в расчёте на одного человека и составляет 147 Вт/чел. при среднеквадратичном отклонении 7 Вт/чел.

Анализ потребления горячей воды в жилых зданиях, приведённый в [11], показал, что среднее потребление составляет 70 л на человека в сутки.

Эти данные послужили основой для создания упрощённого алгоритма определения показателя удельного потребления тепловой энергии на отопление зданий для расчётных условий [20].



Для значения удельного потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий для конкретных условий j -го отопительного сезона выражение (4) переписывается в виде:

$$q_h = 0,024 [D_{jsr} f_1 - N_j \xi (f_{2j} + \zeta q_{sj})], \quad (4)$$

где $D_{jsr} = N_j \Delta t_{jsr}$ — количество градусо-суток j -го отопительного сезона; N_j — количество дней j -го отопительного сезона; Δt_{jsr} средняя температура воздуха в j -м отопительном сезоне; f_{2j} — мощность бытовых тепловыделений в j -м отопительном сезоне, равная:

$$f_{2j} = \frac{n q_1}{S_o}, \quad (6)$$

где q_1 — мощность бытовых тепловыделений, приходящаяся на одного человека, принятая равной 147 Вт/чел.; n — количество людей в здании; q_{sj} — средняя мощность поступления солнечной энергии в j -м отопительном сезоне.

Количество людей, проживающих в здании, можно определить по потреблению горячей воды, в расчёте 70 л на человека в сутки [11], по формуле:

$$n = V_c / 0,07, \quad (7)$$

где V_c — объём горячей воды, потребляемой в здании за сутки отопительного периода, м³/сут.

Приведённые в [20] данные по общей отапливаемой площади и количеству жителей в здании, определённом по выражению (7), позволяют получить среднюю заселённость зданий, равную в данном случае 22,5 м² общей площади на человека. Для сравнения, в статистическом сборнике [23] средняя заселённость для города Минска составляет 22,5 м² на человека, что прекрасно совпадает с приведённым результатом и подтверждает

возможность использования предложенной методики для оценки числа жителей в здании.

По всем полученным в отопительном сезоне или в нескольких отопительных сезонах данным можно определить удельное потребление тепловой энергии для расчётных условий.

Пересчёт удельного потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий для расчётных условий выполняется по формуле:

$$q_j^r = \frac{p_j D_0}{D_j} - 0,024 N_0 (f_2 + q_s) \zeta v, \quad (8)$$

здесь $j \in [1; I]$,

$$p_j = q_{hj} + 0,024 N_j \xi (f_{2j} + \zeta q_{sj}), \quad (9)$$

где $D_0 = N \Delta t_{sr}$ — количество градусо-суток отопительного сезона для расчётных условий; q_s — расчётное удельное поступление солнечной энергии в здание за отопительный сезон, [кВт/м²] отапливаемой площади; I — количество обработанных измерительных интервалов.

По рассчитанным величинам определяют среднее значение по формуле:

$$q_j^{sr} = \frac{\sum_{j=1}^I q_j^r}{I}, \quad (10)$$

и среднеквадратичное отклонение по следующей формуле:

$$\sigma_q = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^I (q_j^r - q_j^{sr})^2}{I}}, \quad (11)$$

Поскольку количество измерений (отопительных сезонов) ограничено, определяют коэффициенты Стьюдента k , связанные с количеством измерений, например, в [24], и доверительные интервалы измерений:

$$\text{от } q_0^{sr} - \sigma_q k \text{ до } q_0^{sr} + \sigma_q k. \quad (12)$$

Город, год строительства, этажность, количество подъездов, отапливаемая площадь	Показатель $Q_{\text{ср}}$ по упрощённой методике, кВт·ч/м ²		Доверительный интервал для $Q_{\text{ср}}$ при 75 % вероятности, кВт·ч/м ²		Значение f_1 , Вт/(м ² ·К)	Показатель $Q_{\text{ср}}$ по значению f_1 , кВт·ч/м ²	Доверительный интервал для $Q_{\text{ср}}$ при 75 % вероятности, кВт·ч/м ²
	$t = 20^\circ\text{C}$	$t = 22^\circ\text{C}$	$t = 20^\circ\text{C}$	$t = 22^\circ\text{C}$			
Минск, 1990 г., 9 эт., 6 под., 13 601 м ²	141	125	± 15	± 114	1,86	129	± 6
Минск, 1959 г., 4 эт., 3 под., 2203 м ²	133	119	± 13	± 12	1,76	138	± 5
Минск, 1982 г., 9 эт., 4 под., 9336 м ²	167	151	± 13	± 14	2,05	164	± 11
Минск, 1963 г., 5 эт., 4 под., 2823 м ²	147	132	± 12	± 12	1,81	143	± 7
Минск, 1972 г., 9 эт., 6 под., 16 439 м ²	125	113	± 6	± 7	1,52	116	± 9
Минск, 1985 г., 9 эт., 3 под., 7001 м ²	94	84	± 7	± 8	1,20	85	± 5
Гомель, 2010 г., 9 эт., 3 под., 7369 м ²	68	60	± 4	± 4	1,07	69	± 7
Гомель, 2011 г., 9 эт., 3 под., 7830 м ²	64	57	± 4	± 4	1,05	66	± 7
Минск, 1998 г., 7–9 эт., 2 под., 3991 м ²	94	84	± 12	± 10	1,17	85	± 4
Минск, 2007 г., 19 эт., 1 под., 8491 м ²	80	71	± 6	± 5	0,95	65	± 7
Минск, 1999 г., 8–10 эт., 3 под., 6938 м ²	89	79	± 12	± 12	1,20	88	± 6

В соответствии с результатом определяют класс здания по параметру потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию в соответствии с таблицей в [3].

Для более точного расчёта необходимо использовать данные о поступлении солнечной энергии в здание и о типе регулирования подачи энергии в помещение.

Для определения данных о поступлении солнечной энергии необходимо знать: тип окон в здании; ориентацию здания; площадь остеклённой поверхности по сторонам света; данные о солнечной активности в рассматриваемых отопительных сезонах.

Эта информация, как правило, отсутствует. Опыт расчёта теплоэнергетических характеристик многоэтажных зданий показывает, что значение солнечной энергии, поступающей в многоэтажные здания, составляет около 7 кВт·ч за отопительный сезон.

Было принято при расчётах значение $\zeta = 0,85$, $\beta = 0,9$. Из [8, 11] было принято: $q_0^s = 6,15$ Вт/м².

Сравнительные результаты определения удельного потребления тепловой энергии для расчётных условий для эксплуатируемых зданий

В табл. 2 представлены результаты определения удельного потребления тепловой энергии на отопление для эксплуатируемых зданий с помощью двух описанных выше методов:

- с использованием предварительно определенного значения коэффициента удельных теплопотерь;
- по упрощённой методике.

При использовании обеих методик использовались данные о ежемесячных значениях потребления энергии в течение четырёх отопительных периодов и средней температуры окружающего воздуха по данным гидрометеоцентра.

Средняя температура в зданиях для упрощённой методики принималась постоянной в течение всего периода измерений и равной 20 или 22 °С. Определялось значение удельного потребления

тепловой энергии на отопление для расчётных условий по данным каждого отопительного периода и определялось среднее значение для каждого здания.

По представленным в табл. 2 результатам можно сделать вывод, что упрощённая методика даёт возможность определения показателей зданий по удельному потреблению тепловой энергии для расчётных условий, однако результаты измерений показали сильную зависимость результата от принятого при расчётах значения температуры воздуха в здании.

В двухступенчатой методике доверительный интервал результата измерений для тех же условий для всех объектов не превышает 6 % измеряемой величины. При её применении нет необходимости в информации о температуре воздуха в здании и дополнительного объёма информации, который необходим при применении упрощённой методики. Но при этом должна функционировать система управления теплоснабжением



Доверительный интервал результата измерений для 75 % вероятности находится для всех объектов в диапазоне от 4 до 15 % измеряемой величины.

В двухступенчатой методике доверительный интервал результата измерений для тех же условий для всех объектов не превышает 6 % измеряемой величины. При её применении отсутствует необходимость информации о температуре воздуха в здании и дополнительного объёма информации, который необходим при применении упрощённой методики. Однако при её применении в здании должна

функционировать система управления теплоснабжением — в зависимости от климатических условий.

Результаты, приведенные в табл. 2, позволяют сделать вывод о том, что использование одновременно двух методик может обеспечить определение средних температурных условий в здании без выполнения прямых измерений.

Таким образом, при наличии в здании функционирующей системы управления теплоснабжением в зависимости от климатических условий предпочтение следует отдать двухступенчатой процедуре определения удельному потреблению тепловой энергии на отопление для расчётных условий. При сомнительном качестве работы системы регулирования следует использовать упрощённую методику определения этого показателя.

Выводы

В статье представлены результаты сравнительного анализа точности определения удельного потребления тепловой энергии на отопление зданий для расчётных условий двумя методами:

- по двухступенчатой процедуре, когда на первом этапе по архиву показаний счётчика тепловой энергии определяется значение коэффициента удельных теплопотерь здания, а на втором — удельного потребления тепловой энергии на отопление зданий для расчётных условий;
- по упрощённой методике, которая основана на обработке показаний счётчика тепловой энергии на отопление зданий, потреблению горячей воды в здании, значениям температуры воздуха в здании и наружной температуры.



Представлены результаты определения удельного потребления тепловой энергии на отопление для расчётных условий по двум методикам и приведены доверительные интервалы оценки результата по двум методикам.

По полученным результатам можно сделать вывод, что упрощённая методика даёт возможность определения показателей зданий по удельному потреблению тепловой энергии для расчётных условий, однако результаты измерений показали сильную зависимость результата от температуры воздуха в здании. Доверительный интервал результата измерений для 75 % вероятности находится для всех объектов в диапазоне от 4 до 15 % измеряемой величины.

В двухступенчатой методике доверительный интервал результата измерений для тех же условий для всех объектов не

превышает 6 % измеряемой величины. При её применении отсутствует необходимость информации о температуре воздуха в здании и дополнительного объёма информации, который необходим при применении упрощённой методики. Однако при её применении в здании должна функционировать система управления теплоснабжением в зависимости от климатических условий.

Таким образом, при наличии в здании функционирующей системы управления теплоснабжением в зависимости от климатических условий предпочтение следует отдать двухступенчатой процедуре определения удельному потреблению тепловой энергии на отопление для расчётных условий. При сомнительном качестве работы системы регулирования следует использовать упрощённую методику определения этого показателя. ●

1. СНиП II-3-79. Строительная теплотехника. — М.: Государственный комитет по делам строительства, 1980. 20 с.
2. СНБ 2.01.01-93. Строительная теплотехника. — Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации (Белорус. Гос. ин-т стандартизации и сертификации), 1994. 32 с.
3. ТКП 45-2.04-43-2006. Строительная теплотехника. Строительные нормы проектирования. — Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации (Белорус. Гос. ин-т стандартизации и сертификации), 2006. 35 с.
4. ТКП 45-2.04-196-2010. Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики. Правила определения. — Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации (Белорус. Гос. ин-т стандартизации и сертификации), 2010. 30 с.
5. Energieeinsparverordnung (EnEV). Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen BRD vom 16. November. 2001.
6. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуал. ред. СНиП 23-02-2003.
7. EN 15603:2008. Energy performance of buildings — overall use and definition of energy ratings. CEN. European Committee for Standardisation. 2008.
8. Данилевский Л.Н., Жило А.Н., Москалик Б.Ф. Фактические энергетические характеристики жилых зданий // Строительная наука и техника, 2008. №5. С. 22-29.

9. Данилевский Л.Н. Экспериментальное определение составляющих теплового баланса жилых зданий // Архитектура и строительство, 2008. №8. С. 90-95.
10. Богословский В.Н. Аспекты создания здания с эффективным использованием энергии // АВОК, 2000. №5. С. 34-39.
11. Данилевский Л.Н. Принципы проектирования и инженерное оборудование энергоэффективных жилых зданий // Бизнесофсет (г. Минск), 2011. 375 с.
12. Данилевский Л.Н. Способ определения общего коэффициента теплопередачи здания / Патент на вынаходства №18898 РБ по заявке от 20.12.2010. №a20101504 МПК (2009) G 01 N 25/00.
13. Данилевский Л.Н. Методика определения теплоэнергетических характеристик эксплуатируемых зданий // Строительная наука и техника, 2010. №6. С. 31-35.
14. СТБ 2409-2015. Метод определения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию эксплуатируемых жилых зданий. — Минск: Государственный стандарт РБ, 2015. 42 с.
15. Данилевский Л.Н., Терехов С.В., Терехова И.А., Корзина И.А. Метод определения удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию многоквартирных жилых зданий и условия его применения // Архитектура и строительство, 2014. №1. С. 52-58.
16. Данилевский Л.Н., Данилевский С.Л. Способ определения удельного коэффициента тепловых потерь здания. Заяв. о выдаче патента РБ на изобр. №a20150303 от 03.06.2015.

17. Данилевский Л.Н., Данилевский С.Л. Проблемы и практический опыт определения теплоэнергетических характеристик и энергетической классификации эксплуатируемых жилых зданий в массовом масштабе // Архитектура и строительство, 2016. №2. С. 28-31.
18. Данилевский Л.Н., Данилевский С.Л. Определение теплоэнергетических характеристик и энергетическая классификация эксплуатируемых жилых зданий // БСТ, 2016. №6. С. 45-47.
19. БНБ 2.04.02-2000. Будаўнічая кліматалогія. Змяненне №1. 33 с.
20. Данилевский Л.Н., Данилевский С.Л., Дмитриев Г.М. Упрощённая методика определения удельного потребления тепловой энергии на отопление для расчётных условий эксплуатации зданий // Энергоэффективность, 2017. №5. С. 26-29.
21. Ливчак В.И. Фактическое теплопотребление зданий как показатель качества и надёжности проектирования // АВОК, 2009. №2. С. 4-10.
22. СНБ 4.02.01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. — Минск: Министерство архитектуры и строительства, 2015. 81 с.
23. Жилищный фонд Республики Беларусь в 2016 году: Статист. бюл. — Минск: Национальный статистический комитет РБ, 2017. С. 5.
24. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы обработки данных [Пер. с англ.]. — М.: Мир, 1980. 610 с.

The comparative analysis of methods of definition of heat power indicators of the operated buildings. Pp. 52–57.

L.N. Danilevsky, Doctor of Engineering Sciences, first Deputy Director; **S.L. Danilevsky**, Senior Research Officer, State-run Enterprise "Ataev Institute of accommodation" (Minsk city)

1. SNiP [Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia)] II-3-79. *Stroitel'naja teplotehnik* [Construction heating engineer]. Moscow. Goskomitet po delam stroitel'stva [State Committee on affairs of construction]. 1980. 20 p.
2. SNB [Building norms of the Republic of Belarus] 2.01.01–93. *Stroitel'naja teplotehnik* [Construction heating engineer]. Minsk. Mezghos. Sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii: Belorus. Gos. in-t standartizacii i sertifikacii [Interstate Council for standardization, metrology and certification. Belarusian State Institute of standardization and certifications]. 1994. 32 p.
3. TKP [Technical Code of Common Practice] 45-2.04-43–2006. *Stroitel'naja teplotehnik*. *Stroitel'nye normy proektirovaniya* [Construction heating engineer: Construction norms of design]. Minsk. Mezghos. Sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii: Belorus. Gos. in-t standartizacii i sertifikacii [Interstate. Council for standardization, metrology and certification: Belarusian State Institute of standardization and certifications]. 2006. 35 p.
4. TKP [Technical Code of Common Practice] 45-2.04-196–2010. *Teplovaja zashhita zdaniy. Teplojenergeticheskie harakteristiki. Pravila opredeleniya* [Thermal protection of buildings. Heat power characteristics. Rules of definition]. Minsk. Mezghos. Sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii: Belorus. Gos. in-t standartizacii i sertifikacii [Interstate Council for standardization, metrology and certification: Belarusian State Institute of standardization and certifications]. 2010. 30 p.
5. *Energieeinsparverordnung (EnEV)*. Bundesministerium für Verkehr. Bau- und Wohnungswesen. BRD vom 16. November. 2001.
6. SP [Set of Rules] 50.13330.2012. *Teplovaja zashhita zdaniy. Aktual. red. SNiP* [Thermal protection of buildings. An actualize release of Construction Norms and Regulations of the Russia] 23-02–2003.
7. EN 15603:2008. *Energy performance of buildings — overall use and definition of energy ratings*. CEN. European Committee for Standardisation. 2008.
8. Danilevsky L.N., Lived A.N., Moskalik B.F. *Fakticheskie jenergeticheskie harakteristiki zhilyh zdaniy* [Actual power characteristics of residential buildings]. Edited by L.N. Danilevsky, A.N. Zhilo, B.F. Moskalik. *Stroitel'naja nauka i tehnika* [Construction science and technology]. 2008. No. 5. Pp. 22–29.
9. Danilevsky L.N. *Jeksperimental'noe opredelenie sostavljajushhih teplovogo balansu zhilyh zdaniy* [Experimental definition of the residential buildings: making thermal balance]. *Arhitektura i stroitel'stvo* [Architecture and construction]. 2008. No. 8. Pp. 90–95.
10. Theological V.N. *Aspekty sozdaniya zdaniya s jeffektivnym ispol'zovaniem jenerгии* [Aspects of creation of the building with effective use of energy]. Edited by V.N. Bogoslovsky. "AVOK" Magazine. 2000. No. 5. C. 34–39.
11. Danilevsky L.N. *Principy proektirovaniya i inzhenernoe oborudovanie jenergojeffektivnyh zhilyh zdaniy* [Principles of design and engineering equipment of energy efficient residential buildings]. OOO "Biznesofset" [Businessofset, Ltd.]. Minsk. 2011. 375 p.
12. Danilevsky L.N. *Sposob opredeleniya obshhego koeficienta teploperedache zdaniya* [The Way of determination of the general coefficient to a heat transfer of building]. *Patent on vynakhodstvo* [Invention patent] No. 18898 RB. According to the application of 20.12.2010. No. a20101504 MPK (2009) G 01 N 25/00.
13. Danilevsky L.N. *Metodika opredeleniya teplojenergeticheskikh harakteristik jekspluatiruemyh zdaniy* [Methods of definition of heat power characteristics of the operated buildings]. *Stroitel'naja nauka i tehnika* [Construction science and technology]. 2010. No. 6. Pp. 31–35.
14. STB [State Standards of the Republic of Belarus] 2409–2015. *Metod opredeleniya udel'nogo rashoda teplovoj jenerгии na otoplenie i ventiljaciju jekspluatiruemyh zhilyh zdaniy* [A method of definition of a specific expense of thermal energy on heating and ventilation of the operated residential buildings]. Minsk. Gosudarstvennyj standart RB [State Standard of the Republic of Belarus]. 2015. 42 p.
15. Danilevsky L.N., etc. *Metod opredeleniya udel'nogo rashoda teplovoj jenerгии na otoplenie i ventiljaciju mnogokvartirnyh zhilyh zdaniy i uslovija ego primeneniya* [Method of definition of a specific expense of thermal energy on heating and ventilation of apartment residential buildings and condition of its application]. Edited by L.N. Danilevsky, S.V. Terekhov, I.A. Terekhova, I.A. Korizna. *Arhitektura i stroitel'stvo* [Architecture and construction]. 2014. No. 1. Pp. 52–58.
16. Danilevsky L.N., Danilevsky S.L. *Sposob opredeleniya udel'nogo koeficienta teplovyyh poter' zdaniya* [Way of determination of specific coefficient of thermal losses of building]. *Zajav. o vydache patenta RB na izobr.* [Appl. of a patent of the Republic of Belarus for an invention]. No. a20150303. June 03, 2015.
17. Danilevsky L.N., Danilevsky S.L. *Problemy i prakticheskij opyt opredeleniya teplojenergeticheskikh harakteristik i jenergeticheskoy klassifikacii jekspluatiruemyh zhilyh zdaniy v massovom masshtabe* [Problems and practical experience of definition of heat power characteristics and power classification of the operated residential buildings in mass scale]. *Arhitektura i stroitel'stvo* [Architecture and construction]. 2016. No. 2. Pp. 28–31.
18. Danilevsky L.N., Danilevsky S.L. *Opredelenie teplojenergeticheskikh harakteristik i jenergeticheskaja klassifikacija jekspluatiruemyh zhilyh zdaniy* [Definition of heat power characteristics and power classification of the operated inhabited buildings]. *BST*. 2016. No. 6. Pp. 45–47.
19. BNB 2.04.02–2000. *Budaynichaja klimatologija* [Construction climatology]. Change No. 1. 33 p.
20. Danilevsky L.N., Danilevsky S.L., Dmitriyev G.M. *Uproshhjonnaja metodika opredeleniya udel'nogo potrebleniya teplovoj jenerгии na otoplenie dlja raschjotnyh uslovij jekspluatatsii*

zdaniy [The simplified technique of definition of specific consumption of thermal energy on heating for settlement service conditions of buildings]. *Jenergojeffektivnost'* [Energy efficiency]. 2017. No. 5. Pp. 26–29.

21. Livchak V.I. *Fakticheskoe teplopotreblenie zdaniy kak pokazatel' kachestva i nadjzhnosti proektirovaniya* [The actual heatconsumption of buildings as an indicator of quality and reliability of design]. "AVOK" Magazine. 2009. No. 2. Pp. 4–10.
22. SNB [Building norms of the Republic of Belarus] 4.02.01–03. *Otoplenie, ventiljacija i kondicionirovanie vozduha* [Heating, ventilation and air conditioning]. Minsk. Ministerstvo arhitektury i stroitel'stva [Ministry of Architecture]. 2015. 81 p.
23. *Zhilishhnyj fond Respubliki Belarus' v 2016 godu. Statist. bjull* [Statistical bulletin "Housing Stock of Republic of Belarus in 2016"]. Minsk. Nacional'nyj statisticheskij komitet RB [National statistical committee of Republic of Belarus]. 2017. P. 5.
24. Johnson N., Lyon F. *Statistika i planirovanie jeksperimenta v tehnikе i nauke: Metody obrabotki dannyh* [Statistics and experiment planning in engineering and science. Methods of data processing]. Moscow. Mir ["World" Publishers]. 1980. 610 p.