

ПРООН/ГЭФ  
Проект №00077154

«Повышение энергетической эффективности жилых зданий  
в Республике Беларусь»

Отчет

**Требования и нормы для проектирования и ввода в эксплуатацию  
новых энергоэффективных зданий и некоторые рекомендации  
по их улучшению**

Исполнитель,  
Эксперт по вопросам энергетической  
эффективности в зданиях

Л. Н. Данилевский.

Минск  
ноябрь 2013

<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>3</b>
<b>1 ТИПОЛОГИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ ИНДУСТРИАЛЬНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ИХ РЕКОНСТРУКЦИИ....</b>	<b>5</b>
<b>2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВЛЯЮЩИХ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА ЗДАНИЙ НА СТАДИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ .....</b>	<b>7</b>
<b>3 МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УДЕЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО ЗДАНИЯ В СЛУЧАЕ ОБЩЕГО УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ .....</b>	<b>11</b>
<b>4 ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ЗДАНИЯ ПО УЛ ПРИТЫЦКОГО, 107 В Г. МИНСКЕ.....</b>	<b>13</b>
<b>5 НОРМАТИВНАЯ БАЗА ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЗДАНИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ .....</b>	<b>16</b>
5.1 ТКП 45-2.04-43-2006 (02250) СТРОИТЕЛЬНАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА .....	16
5.2 СНБ 4.02.01-03 ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА.	17
5.3 ТКП 45-2.04-196-2010 ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ. ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ. ПРАВИЛА ОПРЕДЕЛЕНИЯ .....	17
5.4 ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ ЗДАНИЙ.....	17
<b>6 РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УСТРАНЕНИЮ СУЩЕСТВУЮЩИХ НЕСООТВЕТСТВИЙ МЕЖДУ БАЗОВЫМИ СТАНДАРТАМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК .....</b>	<b>19</b>
6.1 ЗАМЕЧАНИЯ ПО СТАНДАРТУ EN 15217:2007 .....	19
6.2 ЗАМЕЧАНИЯ ПО СТАНДАРТУ СТБ EN 15603_ПР.....	23
6.3 ЗАМЕЧАНИЯ ПО СТАНДАРТУ СТБ ISO 6242-1-20_ПР .....	25
<b>СПИСОК ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>26</b>

## Введение

Практически весь фонд многоэтажных зданий в стране оснащен общими системами учета и регулирования потребления тепловой энергии. Нормативы предусматривают обязательную установку индивидуальных средств учета и регулирования потребления тепловой энергии, а также потребления горячей и холодной воды. Следующим шагом развития является автоматическая дистанционная передача данных об учете и регулировании потребления энергетических ресурсов на центральный пункт учета и распределения тепловой энергии и диспетчеризации, как это сделано в системах автоматизированного учета электрической энергии. Таким образом, появился мощный инструмент для повышения качества проектирования зданий, которого не имели раньше: обратная связь, дающая возможность сравнения расчетных и эксплуатационных характеристик зданий и корректировку последующих проектов на основе полученной и обработанной информации. В первую очередь, это относится к теплотехническим характеристикам.

Исходной точкой для оценки общих для зданий теплоэнергетических характеристик в условиях эксплуатации является тепловой баланс. Обычно анализируется внешний тепловой баланс зданий, который устанавливает соотношение между тепловыми потерями зданий и поступлением тепловой энергии от системы отопления, внутренних и технологических тепловыделений и солнечной энергии в помещения через прозрачные ограждения при условии установившейся нормативной температуры воздуха. Принимается, что тепловой баланс определяется для стационарных условий функционирования здания. Анализ составляющих теплового баланса позволяет определить приоритетные направления модернизации оболочки и инженерных систем здания, обеспечивающих снижение уровня теплоснабжения и является основой для определения направлений снижения затрат теплоты на эксплуатацию зданий для многих исследователей.

Требования к теплотехническим характеристикам зданий изменяются вместе с изменением стоимости энергоносителей. Если в советских стандартах требования к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций выбирались только из соображения теплового комфорта, то в ТКП 45-2.04-43-2006 «Строительная теплотехника» (Строительные нормы проектирования) были установлены нормируемые значения для сопротивления теплопередаче для ограждающих конструкций, увеличивающие эти значения в 2–2,5 раза, а в ТКП 45-2.4-196-2010 «Тепловая защита зданий» - нормативные значения для удельного годового потребления тепла на отопление зданий. Удельное годовое потребление тепла на отопление устанавливается и в нормативных документах стран ЕС.

Однако эта характеристика относится не к зданию как конструктивной системе, а учитывает также климатические условия и условия эксплуатации здания. Поэтому сравнительный анализ зданий, находящихся в различных

климатических зонах для различных условий эксплуатации по удельному потреблению тепловой энергии на отопление некорректен в силу отмеченных особенностей. К этому следует добавить, что при существующей практике строительства здания сдаются в эксплуатацию с черновой отделкой, что затягивает период полного заселения зданий. Заселение здания растягивается на несколько, поэтому потребление тепловой энергии на отопление и вентиляцию в течение этого периода может существенно превышать проектное значение.

В Российском документе «Тепловая защита зданий» расчет тепловых потерь здания выполняется через общий коэффициент теплопередачи здания, равный отношению удельной мощности тепловых потерь через наружные ограждающие конструкции при разности температур в 1 К к их площади. Значение коэффициента позволяет сравнивать ограждающие конструкции здания по теплоэнергетическим параметрам независимо от места их строительства и условий эксплуатации.

В [1] для сравнительного анализа используют понятие удельной тепловой характеристики здания, значение которой равно отношению удельной мощности тепловых потерь при разности температур в 1К к объему здания. Для жилых зданий удобнее нормировать эту величину не к объему, а к отапливаемой площади здания, величину которой можно получить в эксплуатирующей организации. В дальнейшем будут рассмотрены методы определения удельной тепловой характеристики здания, в которой нормировка выполняется к отапливаемой площади здания [2].

Если говорить о массовой паспортизации жилого фонда Республики Беларусь, следует учитывать особенности его формирования. Если в Западной Европе жилой фонд формировали индивидуальные здания, выполненные по индивидуальным проектам, для Республики Беларусь основной фонд жилых зданий представляют серийные здания массовой застройки. В этой связи, выполнение анализа теплотехнических характеристик одного из зданий серии и подготовка рекомендаций по тепловой модернизации может быть отнесено ко всем зданиям серии. Аналогичный подход можно использовать и к типизированным зданиям общественного фонда: поликлиникам, больницам, школам, дошкольным учреждениям и пр.

Нормативная база Республики Беларусь достаточна для проектирования зданий с низким потреблением тепловой энергии. Ее совершенствование может быть направлено на уточнение отдельных положений. При этом целесообразно использовать опыт Западной Европы. В то же время нормативы РБ целесообразно гармонизировать также с нормативной базой Российской Федерации, так как рынок строительных услуг нашего соседа наиболее емкий и близок к строительным организациям нашей страны.

# 1 Типология жилых зданий индустриального строительства и оценка возможности их реконструкции

К зданиям индустриальной застройки первых массовых серий, как уже отмечалось, относятся 4-5-этажные дома серий 1-335 и 1-335А (крупнопанельные), 1-464 и 1-464А (крупнопанельные), 1-434 и 1-434С кирпичные и крупноблочные), построенные в 60-70-е гг. по типовым проектам.

В городах Беларуси имеется свыше 2400 зданий перечисленных серий, построенных в период 1956-1975 гг. Распределение указанных зданий по территории страны приведено в табл. 1.

Таблица 1 - Распределение зданий по территории Республики Беларусь

Город (область)	Серия						Всего домов
	1-335	1-335А	1-464	1-464А	1-434	1-434С	
	Количество домов						
Минск	23	52	294	521	96	40	1026
Минская обл.	41	96	317	521	69	151	1195
Витебск и Витебская обл.	110	159	37	97	16	29	448
Гомель и Гомельская обл.	8	12	15	202	65	48	350
Гродно и Гродненская обл.	31	20	11	32	26	45	165
Могилев и Могилевская обл.	56	24	24	51	53	47	255
ВСЕГО:	246	311	404	903	229	320	2413

В целом по республике 55% рассматриваемого жилья составляют здания серий 1-464 и 1-464А, 23% - здания серий 1-335 и 1-335А, 22% - здания серий 1-434 и 1-434С, а для Минска эти показатели составляют соответственно 79, 7,3 и 13,2%.

Результаты сплошного обследования, проведенного производственным объединением «Жилкоммунтехника» в 1989 г., и результаты предпроектных обследований отдельных зданий, выполняемые в настоящее время проектными институтами республики с участием автора, свидетельствуют, что дома серии 1-335 находятся в наиболее неблагоприятном техническом состоянии.

Наибольшее количество панельных зданий первых массовых серий (1860 из 2400, или 78%) построено в период с 1962 по 1970 гг. Таким образом, возраст зданий составляет от 36 до 45 лет, и подавляющее большинство зданий имеет возраст от 30 до 43 лет и более. Учитывая, что срок службы зданий индустриальной постройки прогнозируется до 120-150 лет, остаточный срок эксплуатации рассматриваемых зданий может составлять более 100 лет.

## 2 Определение составляющих теплового баланса зданий на стадии эксплуатации

Определение составляющих теплового баланса зданий на стадии эксплуатации необходимо для решения многих задач:

- Для приведения эксплуатационных теплотехнических характеристик здания в соответствие проектным.
- Для выполнения энергетической паспортизации зданий.
- Для получения информации, необходимой при проектировании систем теплоснабжения и ограждающих конструкций зданий.

Значение удельной тепловой характеристики здания, можно найти из соотношения:

$$f_1 = q / \Delta T, \quad (1)$$

где  $\Delta T = T_{in} - T_{out}$ , а  $T_{in}$  и  $T_{out}$  – значения температуры воздуха внутри и снаружи здания;  $f_1$  – удельная тепловая характеристика здания, Вт/м<sup>2</sup>К, значение которой равно величине:

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

$K_{ost}$  – коэффициент остекленности стены;  $R_{ogr}$  – приведенное сопротивление теплопередаче стен, м<sup>2</sup>·К/Вт;  $R_{ost}$  – приведенное сопротивление теплопередаче окон, м<sup>2</sup>·К/Вт;  $S_{st}$  – площадь наружных стен, м<sup>2</sup>;  $R_{per}$  – приведенное сопротивление теплопередаче перекрытия верхнего этажа, м<sup>2</sup>·К/Вт;  $R_{pokr}$  – приведенное сопротивление теплопередаче покрытия над подвалом, м<sup>2</sup>·К/Вт;  $k$  – количество этажей;  $h_1$  – высота этажа, м;  $k_{kr}$  – кратность воздухообмена в единицу времени относительно объема здания, 1/ч.

В [3] предложен новый способ определения удельной тепловой характеристики по значению тепловой энергии, затраченной на отопление здания на нескольких интервалах времени. Средняя удельная мощность источника тепла в отоплении здания на  $i$ -ом временном интервале измерений равна:

$$P_i = \Delta T_i \cdot f_1 + f_2, \quad \Delta T_i = (T_{iin} - T_{iout}), \quad i=1 \dots NN, \quad (2)$$

где  $P_i$  – средняя удельная мощность источника тепла в отоплении здания, Вт/м<sup>2</sup>;

$f_1$  – удельная тепловая характеристика здания, Вт/(м<sup>2</sup> К);

$f_2$  – удельная мощность внутренних тепловыделений в здании, Вт/м<sup>2</sup>;

$T_{iin}$  – средняя температура воздуха в здании на  $i$ -ом интервале, °С;

$T_{iout}$  – средняя температура наружного воздуха на  $i$ -ом интервале, °С.

Считая удельную тепловую характеристику здания и среднюю мощность внутренних источников тепла в здании константами, можно записать систему уравнений для их определения:

$$[A] \cdot \vec{f} = \vec{P} \quad (3)$$

где  $[A]$  – матрица размерностью  $NN*2$ , элементы которой равны:  $a_{i1}=\Delta T_i$ ;  $a_{i2}=1$ ;

$\vec{f}$  – вектор размерностью 2 с компонентами  $f_1$  и  $f_2$ ;

$\vec{P}$  – вектор размерностью  $N$  с компонентами, равными  $P_i$ .

Для решения системы относительно неизвестных величин  $f_1$  и  $f_2$  достаточно двух уравнений. При наличии большего количества уравнений для решения можно воспользоваться приемом «псевдообращения» матрицы, тогда система уравнений (3) преобразуется к виду:

$$[B] \cdot \vec{f} = \vec{P}_1, \quad (4)$$

где  $[B]$  – матрица размерностью  $2*2$ , равная:

$$[B]=[A]^T[A], \quad (5)$$

где

$$b_{11} = \sum_{i=1}^N \Delta T_i^2 ; \quad b_{12} = b_{21} = \sum_{i=1}^N \Delta T_i ; \quad b_{22} = NN. \quad (6)$$

$\vec{P}_1$  – двухкомпонентный вектор, равный:

$$\vec{P}_1 = [A]^T \cdot \vec{P}; \quad (7)$$

где

$$P_{11} = \sum_{i=1}^N P_{i1} \cdot \Delta T_i ; \quad P_{12} = \sum_{i=1}^N P_{i1}. \quad (8)$$

При известных значениях мощности внутренних источников тепла и значениях температуры воздуха в здании на одном, например,  $k$ -ом измерительном интервале из системы уравнений (5) можно определить удельную тепловую характеристику здания и температуру воздуха в здании на остальных измерительных интервалах. В этом случае значение  $f_1$  равно:

$$f_1 = \frac{Q_k}{T_k - T_{kout}}, \quad (9)$$

где

$$Q_k = P_k - f_2, \quad (10)$$

$$T_i = T_{iout} + \frac{Q_i}{f_1}, \quad i \neq k. \quad (11)$$

Экспериментальное определение значения удельной тепловой характеристика было выполнено по первичной информации по расходу тепла в зданиях различных типов г. Могилева [4]. Так как для каждого из зданий была известна также мощность внутренних источников тепла, удельная



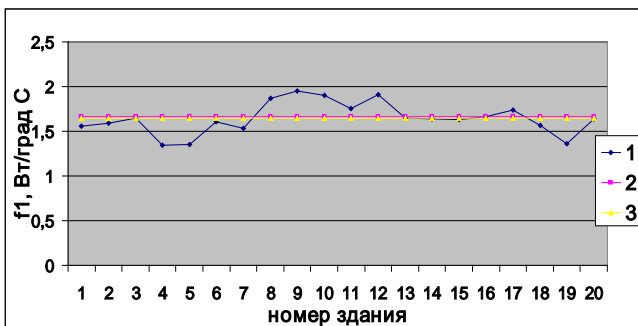
тепловая характеристика зданий была определена также решением системы уравнений (2) – (11).

При выполнении расчетов использовалась измерительная информация по четырем месяцам, с декабря 2006 по март 2007г.

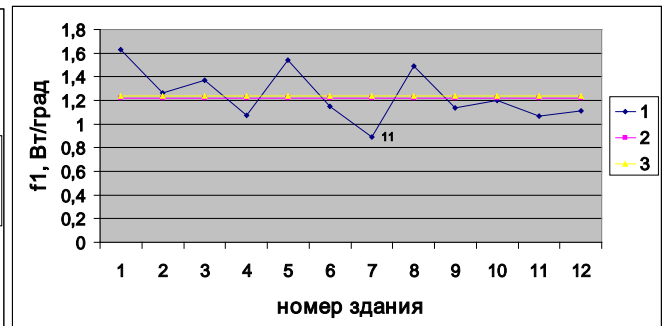
Для решения задачи определения  $f_1$  и  $f_2$  дополнительно к значениям расхода тепловой энергии на отопление в соответствии с уравнением (3) необходима информация о значениях  $\Delta T_i$ . Информация о температуре воздуха в здании отсутствовала. Поэтому было сделано несколько предположений.

Средняя температура воздуха в здании предполагалась постоянной в период выполнения измерений и определялась следующим образом. Для известных значений удельной мощности источника отопления в каждом месяце и для известных значений средней температуры наружного воздуха была разработана математическая программа, с помощью которой выполнялось решение системы уравнений (3) относительно  $f_1$  и  $f_2$ . Температура воздуха в здании определялась методом последовательных приближений. Значение температуры подбиралась на каждом шаге расчета таким образом, чтобы удельная мощность внутренних источников тепла для здания, рассчитанная из (3), совпала с известным для этого здания значением. Дополнительно принималось условие, что температура воздуха в зданиях для самого холодного месяца (февраля в данном случае) равна  $18^\circ\text{C}$ .

На рисунке 1а приведен график рассчитанных из уравнения (3) значений  $f_1$  для зданий, построенных до 1993 г. На этом же рисунке приведено среднее значение  $f_1$ , полученное по этим данным и расчетное теоретическое значение [4]. Обращает на себя факт совпадения среднего значения и теоретического значения. На графике виден разброс (до 20%) значений удельной тепловой характеристики от среднего, что обусловлено индивидуальными особенностями зданий. На рисунке 1б приведены графики значений удельной тепловой характеристики для зданий, построенных после 1993 г. На графике также наблюдается разброс (до 30%) значений характеристики от среднего значения.



а)



б)

Рисунок 1 – Удельная тепловая характеристика зданий старого жилого фонда (а) и нового строительства (б),  $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{°K})$

1 - расчет по экспериментальным данным; 2 – теоретическое, 3– среднее значение

На рисунке 2 приведен график средней температуры воздуха, определенный методом последовательных приближений из уравнения (3), для зданий старого (а) и нового (б) жилого фонда. Она выше нормативного значения, равного 18°C и находится в интервале оптимальных значений.

Из системы уравнений (8)–(11) также были получены значения среднемесячной температуры в зданиях и их удельной тепловой характеристики. Значения удельной тепловой характеристики для зданий старого жилого фонда практически совпадают с рассчитанными ранее из уравнения (3). Значения среднемесячных температур воздуха для зданий старого жилого фонда, представлены на рисунке 3.

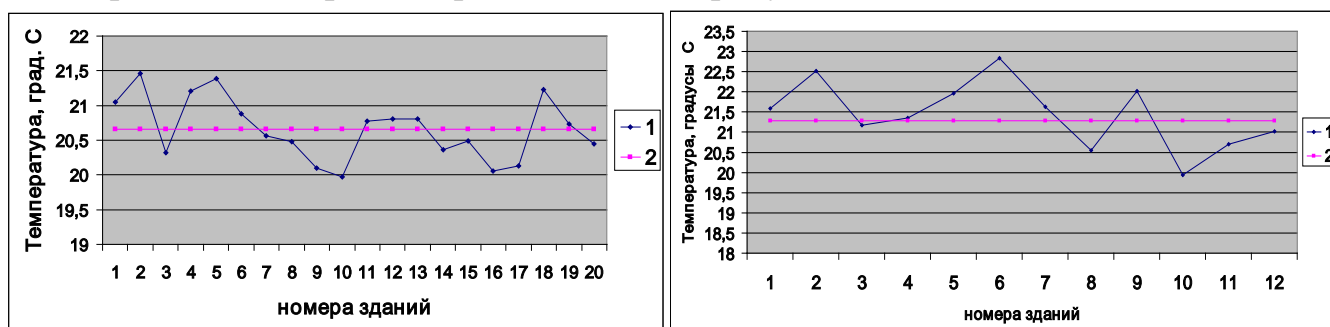


Рисунок 2 – Температура в зданиях старого жилого фонда (а) и новых зданий (б)

1 – рассчитанное значение; 2 – среднее по зданиям

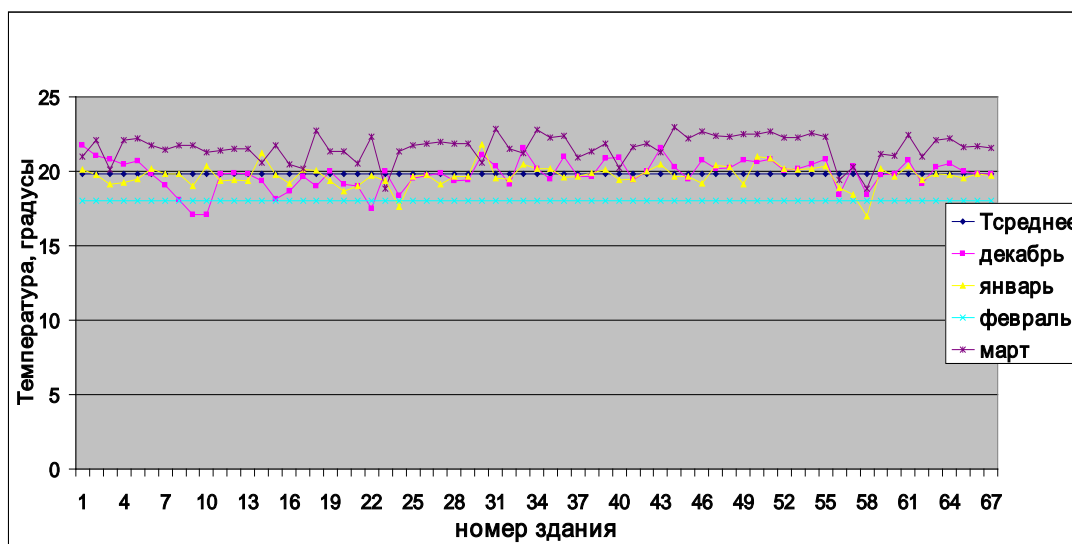


Рисунок 3 – Расчетные среднемесячные температуры для зданий старого жилого фонда (до 2003 г.)

### 3 Методика определения коэффициента удельных тепловых потерь эксплуатируемого здания в случае общего учета тепловой энергии

В зданиях с общим учетом тепловой энергии на отопление и горячее водоснабжение из данных по общему учету необходимо вычесть количество энергии, затраченной на приготовление горячей воды, а расчеты удельных характеристик тепловых потерь здания и мощности внутренних источников теплоты выполнять по формулам (3)–(11).

Энергию на подогрев горячей воды рассчитывают исходя из объема нагреваемой воды, средней температуры холодной воды за отопительный сезон, которая принимается равной  $5^{\circ}\text{C}$  и нормативному значению температуры горячей воды, равному  $55^{\circ}\text{C}$ . По объему потребленной горячей воды, которую определяют по отдельному счетчику расхода, по формуле 1 определяют количество тепловой энергии, затраченной для этой цели.

$$Q_{\text{в}} = V * \Delta T / 1000, \quad (12)$$

где  $Q_{\text{в}}$  - тепловая энергия, затраченная для подогрева горячей воды, Гкал;  $V$  – объем потребленной горячей воды, м<sup>3</sup>;  $\Delta T = 50^{\circ}\text{C}$  – разность температур горячей и холодной воды.

Исследования среднего потребления горячей воды, приведенные в [2], показали, что для многоэтажных зданий, оборудованных индивидуальными (по квартирам) счетчиками потребления горячей воды среднее значение равно 70 л/(чел. в сутки).

В принципе, по среднему за сутки объему потребленной в течение года горячей воды можно определить количество людей, проживающих в здании по формуле (13).

$$N = V_{\text{сут}} / 70, \quad (13)$$

а также заселенность здания  $S_3$  по формуле (14):

$$S_3 = S_0 / N, \quad (14)$$

где  $S_0$  – общая отапливаемая площадь здания, м<sup>2</sup>.

По значению  $S_3$  определяют мощность внутренних источников  $P_{\text{вн}}$  тепла по формуле:

$$P_{\text{вн}} = P_0 * S_3 / S_{30}, \quad (15)$$

Удельное количество тепловой энергии, даваемое внутренними источниками теплоты за отопительный сезон равно:

$$q_{\text{вн}} = P_{\text{вн}} * 24 * N_{\text{от}} / 1000 \quad (16)$$

где  $q_{\text{вн}}$  - удельное количество тепловой энергии, даваемое внутренними источниками теплоты за отопительный сезон, кВтч/м<sup>2</sup> за отопительный сезон;  $N_{\text{от}}$  – продолжительность отопительного сезона, суток.  $q_{\text{вн}0} = 30$  кВтч/м<sup>2</sup> за отопительный сезон длительностью 199 суток.

Среднее потребление тепловой энергии на отопление определяют по формуле (17), вычитая из общей потреблённой зданием за отопительный сезон тепловой энергии количество энергии, затраченное на приготовление горячей воды:

$$Q = \sum_{i=1}^n Q_i - \frac{1}{20} \sum_{i=1}^n V_i \quad (17)$$

где  $Q$  – суммарная энергия на отопление здание, Гкал;  $Q_i$  – затраты тепловой энергии по месяцам отопительного сезона, Гкал;  $V_i$  – расход горячей воды по месяцам отопительного сезона, м<sup>3</sup>.

Удельные затраты тепловой энергии, пересчитанные в кВт·ч/м<sup>2</sup> в год в расчёте на м<sup>2</sup> рассчитываем по формуле (18):

$$q_{уд} = \frac{Q}{S_{зд}} \cdot 1156 - Q_{пол} \quad (18)$$

где  $Q_{пол}$  – тепловая энергия, потреблённой полотенцесушителем в ванной комнате, кВт·ч/м<sup>2</sup> в год;  $S_{зд}$  – отапливаемая площадь здания, м<sup>2</sup>.

#### 4 Исследование эксплуатационных характеристик энергоэффективного здания по ул Притыцкого, 107 в г. Минске

Здание по ул Притыцкого, 107 в г. Минске находится в эксплуатации шестой отопительный сезон. Ранее, [2] был выполнен анализ удельного потребления тепловой энергии на отопление квартир в отопительных сезонах 2008-2009 и 2009-2010 гг. В то же время, в анализе упущен важный момент, характеризующий здание в целом, удельное потребление тепловой энергии на отопление всего здания, с учетом мест общего пользования.

В качестве исходных данных для анализа были взяты значения среднемесячных температур в отопительных сезонах 2010–2013 гг., приведенные в таблице 2, объем потребленной в здании горячей воды - в таблице 3 и значения потребленной тепловой энергии для целей отопления и вентиляции, а также горячего водоснабжения здания, приведенные в таблицах 4 и 5. Эти данные позволяют выполнить анализ теплотехнических характеристик здания в соответствии с разработанной методикой.

Таблица 2 - Значения среднемесячных температур в отопительных сезонах 2009 – 2013 гг

Месяц	октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель
Год	2009			2010			
T <sup>0</sup> C	4,59	3,55	4,16	11,10	4,80	0,25	8,50
Год	2010			2011			
T <sup>0</sup> C	4,13	4,12	7,29	3,80	8,17	0,30	8,40
Год	2011			2012			
T <sup>0</sup> C	6,15	2,29	1,06	5,02	10,42	0,99	8,08
Год	2012			2013			
T <sup>0</sup> C	6,89	3,60	5,80	7,34	1,99		

Обработка данных по потреблению горячей воды позволяет сделать вывод о том, что заселенность здания с каждым годом увеличивается, приводя к увеличению энергии внутренних источников тепла в энергоснабжении здания. Это должно привести к последовательному снижению потребления тепловой энергии на отопление здания по мере постепенного заселения и увеличения энергии внутренних источников теплоты.

Таблица 3 - Значения объема потребляемой горячей воды, м<sup>3</sup>

Месяцы	Потребление горячей воды по годам, м <sup>3</sup>		
	2010	2011	2012
январь	668	987	885
февраль	722	651	795
март	715	898	825
апрель	700	768	813
май	670	733	838
июнь	387	603	700
июль	470	588	729
август	490	603	759
сентябрь	739	1071	1224
октябрь	737	469	812
ноябрь	820	832	857
декабрь	828	826	840
Среднемесячное	662,1	752,4	916,75
Среднесуточное	22,07	25,1	30,5
Количество жильцов	315,3	358,3	435,4
Заселенность, м <sup>2</sup> /чел	31,75	27,9	23,0
$q_{вн}$ кВтч/м <sup>2</sup> в год	21	23,6	28,6

В таблице 4 приведены теплоэнергетические характеристики здания в отопительном сезоне 2010–2011 гг., а в таблице 5 - те же данные за отопительный сезон 2011–2012 гг. Сравнение результатов расчета удельного расхода тепловой энергии на отопление показывает снижение значения этой величины для расчетных условий в отопительном сезоне 2011–2012 гг. Это свидетельствует о том, что жители в последнем сезоне более осознанно подходят к эксплуатации здания, что дало в результате улучшение удельных показателей здания. Здание можно отнести к классу А [3] по показателю удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию.

Таким образом, предложенная методика позволяет проводить измерение коэффициента удельных теплопотерь здания при совместном учете тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение. Для энергоэффективного здания представленные результаты позволяют проследить изменение заселенности энергоэффективного здания и определить его теплотехнические характеристики.

Таблица 4 - Теплоэнергетические характеристики здания в отопительном сезоне 2010–2011 гг.

Месяцы		октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель
Средние затраты тепла, Гкал/день		3,04	3,37	5,54	4,30	5,69	4,17	2,48
Средние затраты без нагрева горячей воды, Гкал/день		1,97	2,09	4,21	2,71	3,98	2,71	1,27
Удельная тепловая характеристика, кВтч/м <sup>2</sup> *К					0,00085			
Удельные теплопотери здания, кВтч/м <sup>2</sup> *К		Удельные затраты тепловой энергии на отопление для расчетных условий, кВтч/м <sup>2</sup> *К			Удельные затраты тепловой энергии на отопление для условий отопительного сезона, кВтч/м <sup>2</sup> *К			
для расчетных условий	для условий отопительного сезона	39,20			39,65			
76,7	67,25							

Таблица 5 - Теплоэнергетические характеристики здания в отопительном сезоне 2011–2012 гг.

Месяцы		октябрь	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	апрель
Средние затраты тепла, Гкал/день		2,65	3,73	4,14	4,93	5,68	3,79	2,54
Средние затраты без нагрева горячей воды, Гкал/день		1,97	2,43	2,81	3,50	4,26	2,46	1,27
Удельная тепловая характеристика, кВтч/м <sup>2</sup> *К					0,00068			
Удельные теплопотери здания, кВтч/м <sup>2</sup>		Удельные затраты тепловой энергии на отопление для расчетных условий, кВтч/м <sup>2</sup>			Удельные затраты тепловой энергии на отопление для условий отопительного сезона, кВтч/м <sup>2</sup>			
для расчетных условий	для условий отопительного сезона	30			34			
61,4	60,02							

Представленная здесь методика положена в основу стандарта «Метод выполнения энергетической паспортизации эксплуатируемых жилых зданий по потреблению тепловой энергии на отопление»

## 5 Нормативная база энергосбережения в зданиях Республики Беларусь

Анализом международного опыта оценки энергетической эффективности зданий по показателю энергетической эффективности, энергопотребления зданий на отопление и охлаждение установлено, что отнесение здания к определенному классу энергоэффективности в большинстве стран принято в зависимости от его соответствия нормируемому интегральному показателю – удельному расходу энергии на его эксплуатацию. Сущность методик по контролю показателя энергопотребления зданий сводится к определению основных и дополнительных компонентов теплового баланса за контролируемый период.

Отличия по странам заключаются в количестве факторов, которое принимается в учет, обязательность их применения, в объеме рассчитываемых и расчетных показателей, временных отрезках контроля (расчета). Можно отметить, что переход к интегральному нормированию теплотехнических характеристик зданий с сохранением требований к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий приблизил нормативную базу Республики Беларусь к базе ЕС.

Требования к сопротивлению теплопередаче наружных ограждающих конструкций в северных странах Европейского союза выше требований Республики Беларусь. Следует учесть, что это диктуется структурой жилого фонда стран Европейского союза, в котором преобладают здания малой этажности.

Нормативная база Республики Беларусь не тормозит проектирование зданий с низким уровнем тепловых потерь. Тем не менее, уже имеющийся опыт проектирования зданий классов А<sup>+</sup>, А и В по потреблению тепловой энергии на отопление и вентиляцию показал некоторые проблемные моменты, которые требуется устранить.

### 5.1 ТКП 45-2.04-43-2006 (02250) Строительная теплотехника

- Устанавливает требования к приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий. Однако, методы расчета приведенного сопротивления теплопередаче предполагают упрощенный ручной расчет, что создает ошибку в расчетных значениях, достигающую 30% расчетной величины. Целесообразно установить в этом документе обязательный расчет с применением современных программных продуктов расчета температурных полей с учетом термических неоднородностей.
- Целесообразно рассмотреть вопрос об оптимальном значении сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций с учетом изменившихся стоимостей тепловой энергии и утеплительных материалов.



## 5.2 **СНБ 4.02.01-03 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха**

- Целесообразно установить технические требования к эффективности рекуперативных теплообменников, применяемых в системах вентиляции жилых зданий, а также предельные нормативы использования электрической энергии, связанной с работой этих устройств в отопительном периоде;
- Разработать типовые решения систем приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией теплоты вытяжного воздуха с различной степенью централизации для многоэтажных зданий.
- Разработать процедуры и установить обязательную техническую сертификацию теплообменников воздух/воздух;
- Разработать стандарт на теплообменники воздух/воздух для использования в системах вентиляции жилых зданий;
- Установить допустимое значение температуры воздуха в жилых помещениях равным 20<sup>0</sup>С.

## 5.3 **ТКП 45-2.04-196-2010 Тепловая защита зданий. Теплоэнергетические характеристики. Правила определения**

- Уточнить расчет поступающей в здания солнечной энергии;
- Уточнить нормативные требования на удельное потребление тепловой энергии на отопление и вентиляцию для зданий малой (1 – 4 этажа) этажности, а также для всех типов общественных зданий.

## 5.4 **Горячее водоснабжение зданий.**

В современных зданиях системы горячего водоснабжения потребляют при эксплуатации тепловую энергию, количество которой превышает затраченную на отопление. В нормативной базе, регулирующей горячее водоснабжение зданий целесообразны следующие изменения:

- Уточнение норматива горячей воды для жителей. Исследования, проведенные ГП «Институт жилища – НИПТИС им. Атаева С. С.» показали, что при оснащении квартир счетчиками потребления горячей и холодной воды потребление составляет около 65 л. Горячей вода в сутки (при нормативе 120 л.). Уменьшение нормативного значения позволит уменьшить вводимые мощности тепловой энергии, снизить ресурсоемкость систем горячего водоснабжения, даст дополнительную экономию тепловой энергии при выработке и доставке.
- Не проработана нормативная база использования альтернативных источников энергии для приготовления горячей воды;
- Отсутствуют стандарты на солнечные коллекторы для систем горячего водоснабжения;
- Отсутствуют стандарты на утилизаторы теплоты сточных вод;

- Отсутствуют типовые проектные решения с использованием этих опций;
- Отсутствует нормативная и испытательная база для сертификации альтернативных источников энергии.

Таким образом, предстоит большая работа по совершенствованию нормативной и методической базы отрасли, обеспечивающей строительство энергоэффективных зданий.

## **6 Рекомендации по устранению существующих несоответствий между базовыми стандартами энергетических характеристик**

В виду гармонизации нормативной базы Республики Беларусь, применяемой к жилым домам, подлежащим капитальному ремонту, с таковой базой Евросоюза ряд технических нормативных правовых актов Республики Беларусь имеют в своей основе положения соответствующих базовых стандартов Евросоюза. В то же время, по мере расширения их применения, обнаруживается ряд несоответствий между ними. С одной стороны это обусловлено национальными особенностями, а с другой – несогласованностью в терминах и определениях. Ниже даны рекомендации по устранению существующих несоответствий между национальными базовыми стандартами энергетических характеристик и таковыми, принятыми в странах Евросоюза, с целью обеспечить их успешное внедрение на территории Республики Беларусь.

### **6.1 Замечания по стандарту EN 15217:2007**

Ниже приведены замечания в отношении корректности перевода текста стандарта EN 15217:2007 «Энергоэффективность зданий. Методы выражения энергетических характеристик зданий».

1. п.3.6, стр. 2 в определении термина «расчетный показатель энергопотребления» заменить термин «поставленной энергии» на «поставляемой энергии», в соответствии с наименованием этого термина в п. 3.30.

2. п.3.18, стр. 4 в перечислении инженерных систем уточнить, что имеется в виду под термином «производство электроэнергии».

3. п.3.32, первый абзац, перед словом «энергоносителей» следует добавить «в единицах измерения».

4. п.3.39 и далее по тексту термин «тепло» следует заменить на «теплота».

5. п.5.1 следует уточнить ссылку на EN 15603 в соответствии с разделом 2.

6. п.5.3, стр. 8, 2-й абзац – предложение не закончено по смыслу.

7. п.6.3.1, стр. 11, 1-й абзац. После слова «параметров» следует добавить «зданий».

8. п.6.3.3 в обозначениях к формуле (5) следует уточнить перевод наименования коэффициента  $\alpha$ .

9. п.8.2, стр.17, абзац b) - следует уточнить перевод выражения «с экраном дисплея» и заменить его на соответствующий аналог русского языка.

10. п. D.3.1, стр. 33 следует привести в соответствие выражение «оболочки здания» в отношении коэффициента теплопередачи и термином п.3.27 «термической оболочки» в термине «площадь термической оболочки».

Ниже приведены замечания в отношении смысла положений стандарта EN 15217:2007 «Энергоэффективность зданий. Методы выражения энергетических характеристик зданий».

1. При чтении перевода стандарта вызывают вопросы многие термины и определения. Например, неясен смысл, вкладываемый переводчиком в словосочетания:

- «поставляемая энергия», «поставленная энергия»;
- «энергоносители» в п. 3.28, 3.30-3.32;
- «фактические данные здания», «стандартные исходные данные о компоновке и эксплуатации здания» и многие другие.

2. Без уточнения методики, по которой определяют показатель энергоэффективности, положение п.8.4 стандарта, стр. 19, 5-й абзац, можно трактовать как угодно.

3. В целом, следует отметить неудовлетворительное качество перевода, из-за которого смысл некоторых положений стандарта неясен. Для более глубокой оценки его содержания по существу решаемых вопросов и предоставления качественных замечаний необходимо выполнить более точный технический перевод стандарта. В частности, термин «Энергоэффективность» в данном случае не совсем подходит. Для справки ниже дается нормативное определение понятий «Энергоэффективность» и «Энергосбережение»:

согласно СТБ ИСО 9000-2006 (п.3.2.14), эффективность (efficiency) - это «...соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами»;

согласно закону Республики Беларусь от 20.07.2006 N162-З, показатель энергоэффективности - это «...научно обоснованная абсолютная или удельная величина потребления топливно-энергетических ресурсов (с учетом их нормативных потерь) на производство единицы продукции (работ, услуг) любого назначения, установленная техническими нормативными правовыми актами в области технического нормирования и стандартизации»;

согласно ГОСТ Р 51380-99 (Энергосбережение. Методы подтверждения соответствия показателей энергетической эффективности энергопотребляющей продукции их нормативным значениям), показатель энергетической эффективности – это «...абсолютная, удельная или относительная величина потребления или потерь энергетических ресурсов для продукции любого назначения или технологического процесса».

Положения рекомендаций Р 50.1.026-2000 (Методы подтверждения показателей энергетической эффективности) оперируют несколькими показателями энергоэффективности:

Таблица А.1 Показатели энергоэффективности изделий

Вид процесса	Назначение изделия	Наименование изделия	Показатель энергоэффективности	Обозначение	Размерность
1 Потребление топлива	1.1 Производство энергии	Котлы паровые стационарные, отопительные водогрейные и т.п.	КПД брутто при номинальной производительности	$\eta$	%
		Дизельные двигатели (судовые, тепловозные, промышленные)	Удельный расход топлива, среднеэксплуатационный расход топлива	$g$	г/(кВт·ч)
		Топки механические стационарных котлов	Потери тепла от химического недожога	$\bar{q}$	%
	1.2 Выполнение работы	Тракторы сельскохозяйственные	Удельный расход топлива при наибольшей тяговой мощности	$g_{кр}$	г/(кВт·ч)
		Автогрейдеры	Удельный расход топлива при вырезании кювета	$g_{г}$	кг/м <sup>3</sup>
		Скреперы	Часовой расход топлива	$G_{ч}$	кг
		Бульдозеры	Часовой расход топлива при траншейной разработке грунта	$G_{ч}$	кг
		Мотопомпы пожарные	Удельный расход топлива	$g$	г/м <sup>3</sup>
		Тракторы промышленные и лесопромышленные	Удельный расход топлива при эксплуатационной мощности двигателя	$g_{0}$	г/(кВт·ч)
		Погрузчики строительные одноковшовые фронтальные колесные	Средний часовой расход топлива	$G_{ч}$	кг
		Автомобили легковые	Обобщенный приведенный расход топлива	$G_{с}$	дм <sup>3</sup> /100 км
		Автомобили грузовые	Удельный контрольный расход топлива при скорости 60 км/ч	$g_{уд}$	л/(100 км·т)
		Электроагрегаты и передвижные электростанции с двигателями внутреннего сгорания	Удельный расход топлива	$g_{т}$	г/(кВт·ч)
	1.3 Производство продукции	Печи ваннные для изготовления тянутого стекла, работающие на природном газе	Удельный расход энергии	$e$	МДж/м <sup>3</sup>
		Печи ваннные регенеративные для варки тарного стекла	Удельный расход тепловой энергии	$q_{т}$	МДж/кг
		Печи для обжига керамических плиток	Удельный расход тепловой энергии	$q_{т}$	МДж/кг
	1.4 Достижение полезного эффекта	Экономайзеры	Изменение коэффициента избытка воздуха при номинальной нагрузке	$\Delta\alpha$	-
		Горелки и форсунки стационарных водогрейных котлов	Минимальный коэффициент избытка воздуха при номинальной тепловой мощности	$\alpha$	-

			Изменение минимального коэффициента избытка воздуха в диапазоне регулирования тепловой мощности	$\Delta\alpha$	-
2 Потребление энергии	2.1 Преобразование энергии в другие виды	Гидроприводы объемные	Общий КПД	$\eta$	%
		Пневмодвигатели	Удельный расход воздуха	$q_{уд}$	$\frac{м^3 \cdot мин^{-1}}{кВт^{-1}}$
		Машины электрические вращающиеся, турбогенераторы	КПД	$\eta$	%

## 6.2 Замечания по стандарту СТБ EN 15603\_ПР

Замечания по первой редакции стандарта СТБ EN 15603\_ПР «Энергетические характеристики зданий. Оценка общего потребления энергии и энергетических характеристик зданий» касаются следующего:

1. В названии стандарта EN 15217:2007 выражение «Energy performance of buildings» было переведено как «Энергоэффективность зданий». Первое предложение наименования стандарта СТБ EN 15603 при переводе той же фразы с английского языка представлено как «Энергетические характеристики зданий», что не соответствует названию стандарта ГОСТ EN 15217:2007. Так как термины «энергоэффективность» и «энергопотребление» имеют принципиально различные определения, их разное толкование при переводах не только вводит в заблуждение пользователей, но и не способствуют улучшению национальных норм, которые должны быть гармонизированы с европейскими.

2. Дословный перевод текста, на наш взгляд, искажает смысл стандарта. Множество несоответствующих общепринятой технической терминологии выражений затрудняет понимание и использование стандарта. Ниже приведены лишь некоторые из них с предложениями о корректировке перевода.

3. Необходимо откорректировать различный перевод фразы «Energy performance of buildings» в названиях EN 15217, EN 15603, EN ISO 13790 раздела 2.

4. п.3.1.12 перевод термина «other services» и его определение предлагается в формулировке «другие потребители энергии: устройства и приборы систем инженерно-технического обеспечения здания, потребляющие энергию».

5. п.3.2.1 определение термина «вспомогательная энергия» лучше переформулировать на «электрическая энергия, необходимая для функционирования систем отопления, вентиляции и/или водоснабжения здания».

6. п.3.2.3 перевод термина «system thermal loss» и его определение предлагается в формулировке «дополнительные тепловые потери: тепловые потери в инженерных сетях здания, включая генерирующее оборудование, связанные с остыванием теплоносителя в трубопроводах, с остыванием/нагревом приточного воздуха на транзитных участках воздухопроводов и т.д.»

7. п.3.2.4 перевод термина «recoverable system thermal loss» и его определение предлагается в формулировке «утилизируемая теплота: часть тепловых потерь инженерных систем, повторно используемых на нужды отопления или охлаждения».

8. п.3.3.3 перевод термина «system boundary» и его определение предлагается в формулировке «граница балансовой принадлежности: линия раздела энергосетей, источников энергии и энергопотребляющих установок

между владельцами по признаку осуществления учета энергии и расчетов за нее».

9. п.3.3.9 перевод термина «renewable energy produced on the building site» и его определение предлагается в формулировке «возобновляемая энергия: энергия от возобновляемых источников энергии, расположенными в границах балансовой принадлежности здания».

10. п.3.4.2 и далее по тексту термины «поставленная» и «отведенная» энергия предлагается заменить на «импортируемая» и «экспортируемая» или (как вариант) «потребленная» и «проданная» энергия.

11. Имеются противоречия в смысле определений 3.4.6 и 3.3.4 и примечания 2 п.3.3.4: когда речь идет о «доставленной» (импортируемой) энергии, то по определению 3.3.4 это – расчетные потребности, однако в примечании 2 этого же пункта и в п.3.4.6 речь идет об измеренных значениях указанной величины. В этой связи, а также для более понятного перевода предлагается следующая формулировка определения термина «delivered energy»: «импортируемая энергия - энергия, заключенная в энергоносителе, подводимая к границе балансовой принадлежности для инженерных сетей здания, включая источники энергии и энергопотребляющие установки».

12. Слово «энергопотребность» в терминах пп.3.3.14-3.3.19 рекомендуется заменить на выражение «потребность в энергии».

13. Из определений терминов «энергопотребление» и «энергопотребность» в пп. 3.3.14-3.3.19 непонятны их отличия. Необходимо изменить или дополнить содержание перевода указанных пунктов, чтобы эти термины были четко различимы по какому-либо признаку, например, по возможности их определения – расчетом или измерением.

14. п.3.3.17 перевод термина «energy use for ventilation» и его определение предлагается в формулировке «потребление энергии для вентиляции: электрическая энергия, используемая системой вентиляции для транспортирования воздуха, а также энергия, используемая системой увлажнения воздуха».

15. п.3.4.7 перевод термина и определения предлагается как «доверительный интервал: интервал, включающий с высокой вероятностью фактическое значение».

16. пп.7.2.2.1, 7.2.2.2 выражениям «постоянная средняя мощность», «слишком короткий период времени», «приблизительно постоянной», «несколько дней (недель)» без указания конкретных значений отклонения величины пользоваться методом экстраполяции невозможно.

17. Термин «солнечное излучение» в тексте стандарта не используется.

18. Приложение В. На основании имеющихся данных, некоторые положения методики, представленной в приложении В, не являются корректными для ее применения на многоэтажных жилых зданиях Республики Беларусь.



19. Для практического использования стандарта на территории Республики Беларусь считаем целесообразным разработку к нему национальных приложений, или перевод стандарта из идентичной степени соответствия в модифицированную, переработав текст стандарта заново.

### **6.3 Замечания по стандарту СТБ ISO 6242-1-20\_ПР**

Перечень замечаний по первой редакции СТБ ISO 6242-1-20\_ПР «Строительство. Требования потребителя. Часть 1. Требования к теплотехническим характеристиками зданий» касается следующего:

1. Раздел 1, второй абзац, перечисление а) рекомендуется откорректировать выражение «при подготовке конструкций», т.к. речь, видимо, идет о проектировании конструкций.

2. По тексту всего стандарта термин «лица», «лиц», рекомендуется заменить на «люди», «человека».

3. п.2.1а) перед словом «нагрузка» рекомендуется добавить «негативным».

4. п.2.1b) после слова «обеспечение» добавить слово «комфортного».

5. п.3.2 наименование подпункта и термина первого абзаца «теплотехнические характеристики» рекомендуется заменить на «параметры микроклимата».

6. Термин «температура солнечного излучения» по тексту стандарта рекомендуется заменить на «радиационная температура».

7. Строка 3 таблицы 1, 2-я колонка. После слова «необходимого объема» добавить слова «воздуха».

## Список источников

1. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика. / В. Н. Богословский. – Спб.:АВОК- СЕВЕРОЗАПАД, 2006. – 400с.
2. Данилевский, Л.Н. Принципы проектирования и инженерное оборудование энергоэффективных жилых зданий /Л. Н. Данилевский. // Бизнесофсет,– Минск, 2011.- 375 с.
3. Данилевский, Л.Н. Способ определения теплоэнергетических характеристик здания / Л.Н. Данилевский// Заявка на получение патента на изобретение от 20.12.2010 г. № а20101504 МПК(2009) F16L 59/00? F24D 10/00
4. Данилевский, Л.Н., Жило, А.Н., Москалик, Б. Ф.. Фактические энергетические характеристики жилых зданий / Л.Н. Данилевский, А.Н. Жило, Б.Ф. Москалик // Строительная наука и техника. – 2008. – № 5 – с. 22 – 29.