

Особенности формирования теплового баланса многоквартирных зданий на начальной стадии эксплуатации

Рецензия эксперта на статью получена
14.11.2019 [Expert review on the article
received on November 14, 2019].

Этап измерения теплотехнических показателей на стадии эксплуатации зданий является логическим завершением процессов проектирования и строительства. Выполнение этой работы позволяет сравнить расчётные и фактические показатели, определить класс зданий по удельному потреблению тепловой энергии, выявить дефекты наружных ограждающих конструкций. Наиболее распространённым видом теплотехнических измерений в настоящее время является тепловизионный контроль наружных ограждающих конструкций зданий [1]. Тепловизионный контроль позволяет выявить явные теплотехнические дефекты наружных ограждающих конструкций.

При обследовании зданий часто проводят определение сопротивления теплопередаче наружных стен [2]. Однако данный тип измерений требует обеспечения стационарных температурных условий и в условиях объекта трудоёмок и неудобен. С увеличением тепловой защиты зданий увеличивается погрешность измерений. К тому же измерения носят локальный характер, и их нельзя обобщить на все ограждающие конструкции здания.

Наиболее объективным показателем для характеристики энергоэффективности здания является удельное потребление тепловой энергии на отопление и вентиляцию. Этот показатель принят в качестве основного во многих европейских странах [3], а также в Республике Беларусь [4] и странах СНГ [5]. Измерение этого показателя выполняют для объективной оценки энергоэффективности.

Чем меньше величина этого показателя, тем выше требования к точности выполнения измерений. В [6] значение удельного потребления тепловой энергии на отопление определяли для проверки соответствия стандарту «пассивного дома».

При обследовании зданий часто проводят определение сопротивления теплопередаче наружных стен [2]. Однако данный тип измерений требует обеспечения стационарных температурных условий и в условиях объекта трудоёмок и неудобен. С увеличением тепловой защиты увеличивается погрешность измерений

Для сравнения с проектными и нормативными требованиями показатель удельного потребления тепловой энергии на отопление необходимо привести к расчётным условиям эксплуатации здания. Эта задача была поставлена и решена в [7–9]. В работе [10] приведён оптимальный алгоритм и определена точность возможного измерения рассматриваемого показателя для эксплуатируемых жилых зданий.

В то же время остаётся открытым вопрос о возможности определения показателя удельного потребления тепловой энергии для отопления и вентиляции для расчётных условий по показаниям теплосчётчиков на начальной стадии эксплуатации жилых зданий.

УДК 697.12. Научная специальность: 05.23.03.

Особенности формирования теплового баланса многоквартирных зданий на начальной стадии эксплуатации

Л. Н. Данилевский, д.т.н., первый заместитель директора ГП «Институт жилища — НИПТИС им. Атаева С.С.» (г. Минск, Республика Беларусь)

Объектом исследования являются теплоэнергетические показатели многоквартирных жилых зданий на начальной стадии их эксплуатации. Исследованы вопросы, связанные с оценкой возможности определения удельного потребления тепловой энергии на отопление и вентиляцию для расчётных условий. В статье показано, что энергетические характеристики многоквартирных зданий на начальной стадии своей эксплуатации имеют ряд особенностей, которые связаны не столько с изменением теплотехнических показателей наружных ограждающих конструкций, сколько с постепенным характером заселения зданий. Бытовые тепловыделения во многих квартирах отсутствуют, что увеличивает потребление здания в тепловой энергии на отопление. Воздухообмен в здании на начальной стадии своей эксплуатации составляет около 50 % от расчётной величины, что уравнивает потребление энергии на отопление зданий с системой вентиляции с естественным побуждением с аналогичными, в которых используются системы вентиляции с механическим приводом и рекуперацией тепловой энергии вытяжного воздуха. Показано, что прогноз удельного потребления тепловой энергии на отопление, в первые годы эксплуатации будет содержать достаточно большую погрешность. Материалы статьи могут быть использованы при решении задачи энергетической классификации жилых зданий.

Ключевые слова: тепловая энергия, бытовые тепловыделения, температура, теплообмен, тепловые потери, отопление.

UDC 697.12. Number of scientific specialty: 05.23.03.

Features of formation of thermal balance of apartment buildings at an initial stage of operation

L. N. Danilevski, Doctor of Technical Science, first deputy director of the State Enterprise "Institute of housing — NIPTIS named after Atayev S. S." (Minsk city, Republic of Belarus)

Object of a research is heat power indicators of apartment residential buildings at an initial stage of their operation. The questions connected with assessment of a possibility of definition of specific consumption of thermal energy on heating and ventilation for settlement conditions are investigated. In article it is shown that power characteristics of apartment buildings at an initial stage of the operation have a number of features which are connected not so much with change of heat-technical indicators of the external protecting designs, how many with the gradual nature of settling of buildings. Household thermal emissions in many apartments are absent that increases need of the building for thermal energy by heating. Air exchange in the building at an initial stage of the operation makes about 50 % of settlement size that equalizes consumption of energy on heating of buildings with system of ventilation with natural motivation with similar in which systems of ventilation with the mechanical drive and recoveries of thermal energy of exhaust air are used. It is shown that the forecast of specific consumption of thermal energy for heating, in the first years of operation will contain rather big error. Materials of article can be used at the solution of a problem of power classification of residential buildings.

Keywords: thermal energy, heating, household thermal emissions, temperature, heat exchange, thermal losses.

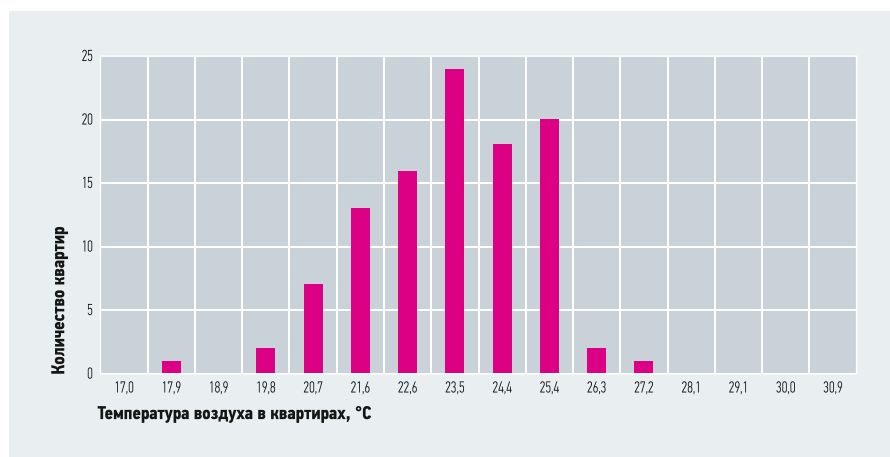


Рис. 1. Статистическое распределение температуры воздуха (февраль 2018 года, г. Гродно)

В практике строительства РБ допускается сдача зданий в эксплуатацию без окончательной отделки квартир [11]. Заселение квартир происходит постепенно, после выполнения отделочных работ. Постепенность заселения многоквартирных жилых зданий приводит к некоторым особенностям в формировании теплового баланса, которые принимаются как должное и не вызывают вопросов у специалистов. В первую очередь мощность бытовых тепловыделений в здании, связанных с проживанием людей, оказывается ниже уровня, характерного для полностью заселённых зданий. Можно ожидать, что и температура воздуха в квартирах может оказаться ниже допустимых или оптимальных [12] значений.

При наличии значительного количества незаселённых квартир теплообменные процессы между квартирами [13] могут обострить вопрос об адекватности индивидуального учёта тепловой энергии на отопление.

Возникает также проблема, связанная с определением теплоэнергетических показателей зданий с целью сравнения с проектными и нормативными значениями. После завершения строительства в здании продолжают процессы влагопереноса, связанные с высыханием строительных конструкций, ставящие вопрос о сроках их завершения. В научной периодике отсутствуют систематизированные данные по поставленным проблемам.

В данной статье будет сделана попытка ответить на некоторые из них.

Температура воздуха и бытовые тепловыделения в квартирах МКД

Основой для дальнейшего анализа послужили результаты измерения теплотехнических показателей жилых зданий на начальной стадии эксплуатации. Измерения теплоэнергетических показателей выполнялись в энергоэффективных зданиях, соответствующих классу А+ [14], построенных в городах Гродно и Минске в рамках проекта ПРООН по повышению энергоэффективности жилых зданий РБ и при финансовой поддержке Глобального экологического фонда (ГЭФ), а также аналогичных зданиях, соответствующих классу В по национальной классификации [4]. Выполнялись измерения температурных режимов в квартирах, потребление тепловой энергии по показаниям квартирных теплосчётчиков, а также общего счётчика энергии на отопление здания с учётом изменения температуры наружного воздуха. В качестве дополнительного показателя анализировалось потребление горячей воды в здании.

Поскольку при централизованном теплоснабжении системы отопления в квартирах подключены к тепловому пункту с первого дня эксплуатации, отопление квартир в здании выполняется в нормальном режиме. В соответствии с требованиями норматива [15] в каждой квартире

предусмотрена возможность автоматического регулирования температуры в жилых помещениях. Возникает вопрос, насколько активно жители используют имеющуюся у них возможность управления температурой воздуха в квартирах.

На рис. 1 представлена гистограмма среднемесячных (февраль 2018 года) значений температуры воздуха в квартирах здания в Гродно. Измеренные значения температуры находятся в широком диапазоне значений от 18 до 27 °С, так что можно прогнозировать теплообмена между квартирами вследствие разности температур воздуха в квартирах.

На момент выполнения измерений заселённость квартир составляла 30 %, то есть было заселено около 40 квартир. Тем не менее, по гистограмме незаметно, чтобы жители снижали температуру для экономии энергии на отопление в квартирах ниже комфортного значения. Среднее значение температуры по приведённым данным составляет 23,6 °С, что на 30 % превышает допустимое значение температуры воздуха (18 °С), для которой выполняются расчёты удельного потребления энергии на отопление. Учитывая, что среднее значение температуры наружного воздуха для Гродно в отопительный период составляет 0,1 °С, тепловые потери здания будут увеличены также на 30 % по сравнению с проектным значением, которое для рассматриваемого здания составляет около 15 кВт·ч/(м²·год).

Важной составляющей теплового баланса здания, существенно влияющей на потребление тепловой энергии на отопление, являются бытовые тепловыделения. В работе [13] показано, что в среднем этот показатель связан с количеством жителей. Оценка количества жителей M проводилась по косвенному показателю — объёму потребления горячей воды. Исследование удельного потребления горячей воды на одного человека, результаты которого приведены в [13], дали значение 70 л на человека в сутки для жителей квартир многоэтажных зданий. Эта величина была принята за основу при определении значения M .

В табл. 1 приведены значения потребления горячей воды, рассчитанные количества жителей в здании по мере заселения и соответствующие значения энергии бытовых тепловыделений. Расчёт количества жителей выполнялся из предположения расхода горячей воды 70 л на человека в сутки [13]. Мощность и энергия бытовых тепловыделений приняты равными, с учётом результатов исследований, приведённых в [13], 147 Вт/чел. при среднеквадратичном отклонении 7 Вт/чел.

Потребление ГВС, количество жителей, энергия бытовых тепловыделений

табл. 1

Год	Месяц	Энергия в системе ГВС, Гкал	Объём ГВС, м³	Кол-во жителей, чел.	Мощность бытовых тепловыделений, Вт/м²	Энергия бытовых тепловыделений, кВт·ч/м²
2017	октябрь	11,2	285,8	132	1,94	0,7
	ноябрь	15,8	337	160	2,35	1,75
	декабрь	20,4	408	188	2,76	2,06
2018	январь	23,6	472	218	3,20	2,38
	февраль	21,5	430	219	3,22	2,40
	март	22	455	210	3,1	2,30
	апрель	22	455	210	3,1	1,1
За отопительный сезон		115	2388			12,4

Первое, что обращает на себя внимание в табл. 1, — пониженный по сравнению с расчётным значением, приведённым в [13], уровень бытовых тепловыделений. По мере заселённости здания мощность бытовых тепловыделений повышается. Если учесть, что для жилых зданий энергия бытовых тепловыделений за отопительный сезон составляет обычно около 30 кВт·ч/м² за отопительный сезон, потребление тепловой энергии из внешнего источника в здании увеличено на величину около 18 кВт·ч/(м²·год).

Таким образом, повышенная по сравнению с расчётной температура воздуха в здании и пониженный на стадии заселения уровень бытовых тепловыделений приведут к повышению потребления тепловой энергии на отопление в здании на 33 кВт·ч/(м²·год), что при расчётном значении 15 кВт·ч/(м²·год) [14] даст величину 48 кВт·ч/(м²·год).

Потребление тепловой энергии на отопление и температура наружного воздуха*

Год	Месяц	Фактическое потребление энергии, Гкал	Удельное потребление энергии, кВт·ч/м ²	Температура наружного воздуха $t_{нр}$, °C
2017	октябрь	39,3	4,43	6,0
	ноябрь	59,62	6,71	4,39
	декабрь	76,5	8,62	1,0
2018	январь	89,5	10,08	-1,9
	февраль	90,6	10,20	-5,1
	март	70	7,88	-1,2
	апрель	20	2,25	5,0
Суммарное (среднее)			50,18	1,2

Удельное потребление энергии на отопление**

Отопительный сезон, год	Удельное потребление за отопительный сезон, кВт·ч/м ²					среднее
	1	2	3	4	5	
2017–2018	47,6	50,7	46,3	52,1	47,5	48,8
2018–2019	53,1	49,5	45,2	51,6	48,3	49,5

* В отопительном сезоне 2017–2018 годов. ** В отопительных сезонах 2017–2018 и 2018–2019 годов.

Удельное потребление тепловой энергии на отопление и вентиляцию

На стадии заселения измерение теплоэнергетических показателей здания становится проблематичным по нескольким причинам:

- наружные ограждающие конструкции отдают лишнюю влагу, и их теплотехнические показатели изменяются в процессе эксплуатации;
- количество проживающих изменяется, увеличиваясь по мере окончания ремонтных работ в квартирах, что приводит к изменению мощности бытовых и технологических тепловыделений.

Стоит вопрос о длительности переходного периода эксплуатации, после которого эксплуатационные показатели здания находятся в установившемся режиме.

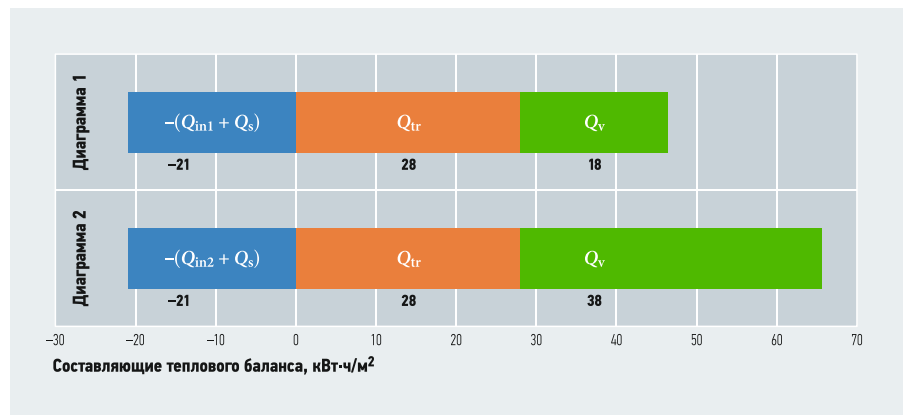


Рис. 2. Составляющие теплового баланса зданий с принудительной приточно-вытяжной вентиляцией с рекуперацией тепловой энергии вытяжного воздуха (диаграмма 1) и вентиляции с естественным побуждением (диаграмма 2) [Q_v — тепловые потери с воздухообменом; Q_{tr} — трансмиссионные тепловые потери; Q_{in} — бытовые тепловыделения; Q_s — поступление солнечной энергии в здание за отопительный сезон, кВт·ч/м²]

Приведённые выше обстоятельства требуют особого подхода к измерению теплотехнических показателей зданий.

В табл. 2 приведены значения потребления тепловой энергии, в том числе удельного, на отопление в отопительном

ные показатели зданий могут отличаться незначительно или вовсе не отличаться.

Это предположение подтверждается наблюдением за эксплуатацией четырёх зданий серии 111-90 МАПИД*: 19-этажные здания с отапливаемой площадью 9200 м² с одним подъездом. Здания отличаются друг от друга только типом системы вентиляции. В здании №1 используется принудительная приточно-вытяжная вентиляция с рекуперацией тепловой энергией вентвыбросов. В остальных зданиях — система вентиляции с естественным побуждением. На рис. 2 приведены составляющие теплового баланса зданий для расчётных условий эксплуатации Минска, рассчитанные по [4].

Удельное потребление тепловой энергии на отопление для расчётных условий составляет 25 кВт·ч/м² для здания с принудительной механической вентиляцией и рекуперацией тепловой энергии удаляемого из помещений воздуха и 45 кВт·ч/м² за отопительный сезон для зданий с вентиляцией с естественным побуждением. Утилизация энергии вентиляционных выбросов по расчёту снижает удельное потребление на 20 кВт·ч/м².

В табл. 3 приведены значения удельного потребления тепловой энергии на отопление в четырёх зданиях серии 111-90 МАПИД в процессе эксплуатации в отопительных сезонах 2017–2018 и 2018–2019.

Средняя температура воздуха в здании №1 составила 22°C, что на 20% больше расчётного значения (18°C). Считая температуру воздуха в остальных зданиях такой же исходя из одинаковых представлений о температурном комфорте, потери тепловой энергии из зданий будут увеличены также на 20% и за отопительный сезон равны 56 и 80 кВт·ч/м², соответственно, при расчётных параметрах

* ОАО «МАПИД» (ранее Минское арендное предприятие индустриального домостроения «Минскжилстрой») — крупнейшее в Республике Беларусь строительное предприятие, структурное подразделение «ГТЮ Минскстрой» (г. Минск).

воздухообмена. Здания на момент выполнения измерений были заселены на 30 %, что даёт значение «энергия бытовых тепловыделений + солнечная энергия» 12 кВт·ч/м² за отопительный сезон. При расчётном уровне воздухообмена удельное потребление тепловой энергии в зданиях по расчёту равно 48 и 68 кВт·ч/м² за отопительный сезон.

Из табл. 3 можно сделать вывод, что удельное потребление тепловой энергии на отопление зданий практически одинаково, отличаясь не более чем на ± 5 %. Поскольку наружные стеновые панели изготовлены на одном предприятии в стандартных условиях, значения сопротивлений теплопередачи наружных стен в зданиях можно считать равными. То есть потери с воздухообменом в зданиях также находятся на одном уровне (около 20 кВт·ч/м²) за отопительный сезон. Если для здания №1 эта величина соответствует расчётному значению, то для остальных четырёх зданий она менее 50 % расчётного. Следовательно, если объём воздухообмена в здании №1 соответствует расчётному значению, уровень воздухообмена в остальных зданиях составляет менее 50 % расчётной величины.

Заключение

Многоквартирные здания не могут рассматриваться как простое объединение многоквартирных. Если на энергетической баланс отдельно стоящих зданий не оказывают влияния остальные, то в МКД на энергопоказатели квартир в значительной степени влияет температурный режим соседних. До заселения в многоквартирных зданиях можно не включать отопление или поддерживать температуру в зданиях на дежурном режиме. После заселения в течение первых лет эксплуатации индивидуального здания можно определить его энергетические показатели для расчётных условий эксплуатации.

Энергохарактеристики МКД на начальной стадии своей эксплуатации имеют ряд особенностей:

1. Температура воздуха в квартирах, несмотря на низкую завершённость и отсутствие жителей в большинстве квартир, поддерживается на оптимальном и выше оптимального уровне, что не обеспечивает экономии энергии.
2. Бытовые тепловыделения во многих квартирах отсутствуют, что увеличивает потребность здания в тепловой энергии на отопление.
3. Воздухообмен в здании на начальной стадии эксплуатации составляет

около 50 % от расчётной величины, что уравнивает потребление энергии на отопление зданий с системой вентиляции с естественным побуждением с аналогичными зданиями с использованием системы вентиляции с механическим приводом и рекуперацией тепловой энергии вытяжного воздуха.

4. В силу этого прогноз удельного потребления тепловой энергии на отопление, полученный по потреблению тепловой энергии на отопление в первые годы эксплуатации, будет содержать до достаточно большую погрешность. ●

1. Vasilyev G.P., Lichman V.A., Yurchenko I.A., Kolesova M.V. Method of thermotechnical uniformity coefficient evaluation by analyzing thermograms. Magazine of Civil Engineering. 2016. No. 6. Pp. 60–66.
2. Крышов С.И., Курилюк И.С. Опыт ГБУ «ЦЭИИС» по экспериментальной оценке эффективности энергосберегающих мероприятий в жилых и общественных зданиях. Анализ и прогноз развития отраслей топливно-энергетического комплекса: Труды семинара А.С. Некрасова. Засед. №162. — М.: Изд-во ИНИИ РАН, 2015. С. 20–40.
3. Implementing the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD). Featuring Country Reports 2012 Co-funded by European Region. ADENE. 2013. 368 p
4. ТКП 45-2.04-196-2010. Тепловая защита зданий Теплоэнергетические характеристики. Правила определения. — Минск: Межгос. совет по стандарт., метрол. и сертиф.: БелГИСС, 2010.
5. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализ. ред. СНиП 23-02-2003 (с Изм. №1). — М.: Стандартинформ, 2018.
6. Feist W., Ebel W., Peper S., Hasper W. Langzeiterfahrungen und Messergebnisse aus dem ersten Passivhaus in Darmstadt-Kranichstein. 20 Internationale Passivhaustagung. Darmstadt, 2016. Pp. 279–287
7. Патент РБ №18898 (BY). МПК G01N25/00. Способ определения общего коэффициента теплопередачи здания / Л.Н. Данилевский. Заявл. 20.12.2010; опубл. 28.02.2015. Бюл. №1.
8. Данилевский Л.Н. Методика определения теплоэнергетических характеристик эксплуатируемых зданий // Строительная наука и техника, 2010. №6 С. 31–35.
9. Патент РБ №22283 (BY). МПК G01N25/00. Способ определения удельного коэффициента тепловых потерь здания / Л.Н. Данилевский, С.Л. Данилевский. Заявл. 03.06.2015; опубл. 30.12.2018 Бюл. №6.
10. Danilevski L.N., Danilevskij S.L. The algorithm and error of determination of coefficient of specific thermal losses of the building and power classification of the maintenance. Magazine of Civil Engineering. 2017 No. 5. Pp. 49–61.
11. ТКП 45-01.03-59-2008. Приёмка законченных строительством объектов. Порядок проведения. — Минск: Минстройархитектуры РБ, 2009.
12. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. — Минск: Госстандарт, 2011. 15 с.
13. Данилевский Л.Н. Энергоэффективные жилые здания: тепловая защита, утилизация тепловых выбросов, измерение теплоэнергетических показателей / Л.Н. Данилевский, С.Л. Данилевский Г.М. Дмитриев. Lambert Academic Publishing. 2018 540 с.
14. Данилевский Л.Н., Пилипенко В.М., Терехов С.В. Предварительные результаты эксплуатации энергоэффективных зданий второго поколения в Республике Беларусь // Журнал С.О.К., 2018. №9 С. 76–83.
15. СНБ 4.02.01-03. Отопление, вентиляция, кондиционирование воздуха. — Минск: Минстройархитектуры РБ, 2004.

References — see page 95.

Features of formation of thermal balance of apartment buildings at an initial stage of operation. Pp. 70–73.

Leonid N. Danilevski, Doctor of Technical Science, first deputy director of the State Enterprise “Institute of housing — NIPTIS named after Atayev S.S.” (Minsk city, Republic of Belarus)

1. G.P. Vasilyev, V.A. Lichman, I.A. Yurchenko, M.V. Kolesova. Method of thermotechnical uniformity coefficient evaluation by analyzing thermograms. *Magazine of Civil Engineering*. 2016. No. 6. Pp. 60–66.
2. S.I. Kryshov, I.S. Kuriljuk. *Opyt GBU “CJeIIS” po jeksperimental’noj ocenke jeffektivnosti jenergosberegajushhih meroprijatij v zhilyh i obshhestvennyh zdaniyah* [The experience of the State Budget-funded Institution “Center for Expertise, Research and Testing in Construction” in experimental evaluation of the effectiveness of energy-saving measures in residential and public buildings]. *Analiz i prognoz razvitiya otraslej toplivno-jenergeticheskogo kompleksa: Trudy seminarov A.S. Nekrasova* [Analysis and forecast of the development of the sectors of the fuel and energy complex: Proc. of the A.S. Nekrasov Seminar]. Session No. 162 of September 29, 2015. Moscow. Izd-vo INP RAN [Publishing House of the Institute of Economic Forecasting of the Russian Academy of Sciences]. 2015. Pp. 20–40. [In Russian]
3. Implementing the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD). Featuring Country Reports 2012. Co-funded by European Region. ADENE. 2013. 368 p.
4. TKP [Technical Code of Good Practice No.] 45-2.04-196–2010. *Teplovaya zashhita zdaniy. Teplojenergeticheskie karakteristiki. Pravila opredeleniya* [Thermal protection of buildings. Thermal power characteristics. Rules of definition]. Minsk. Mezghos. sovet po standartizacii, metrologii i sertifikacii: BelGISS [Interstate Council for Standardization, Metrology and Certification: Belarusian State Institute of Standardization and Certification]. 2010. [In Russian]
5. SP [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No.] 50.13330.2012. *Teplovaya zashhita zdaniy. Aktualiz. red. SNIp* [Thermal protection of buildings. The updated version of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No.] 23-02–2003 (with Amendment No. 1). Moscow. Standartinform [Russian Scientific-Technical Information Centre for Standardization, Metrology and Conformity Assessment (“Standartinform” Publishers)]. 2018. [In Russian]
6. W. Feist, W. Ebel, S. Peper, W. Hasper. Langzeiterfahrungen und Messergebnisse aus dem ersten Passivhaus in Darmstadt-Kranichstein. 20 Internationale Passivhaustagung. Darmstadt, 2016. Pp. 279–287.
7. The patent of the Republic of Belarus No. 18898 (BY). IPC G01N25/00. *Sposob opredeleniya obshhego koefitsienta teploperedachi zdaniya* [A method for determining the overall heat transfer coefficient of a building]. L.N. Danilevskij. Decl. on December 20, 2010. Publ. on February 28, 2015. Bull. No. 1. [In Russian]
8. L.N. Danilevskij. *Metodika opredeleniya teplojenergeticheskikh harakteristik jekspluatiruemyyh zdaniy* [Methodology for determining the heat and power characteristics of operated buildings]. *Stroitel’naya nauka i tekhnika* [“Building science and technology” Magazine]. 2010. No. 6. Pp. 31–35. [In Russian]
9. The patent of the Republic of Belarus No. 22283 (BY). IPC G01N25/00. *Sposob opredeleniya udel’nogo koefitsienta teplovyh poter’ zdaniya* [A method for determining the specific heat loss coefficient of a building]. L.N. Danilevskij, S.L. Danilevskij. Decl. on June 3, 2015. Publ. on December 30, 2018. Bull. No. 6. [In Russian]
10. L.N. Danilevskij, S.L. Danilevskij. The algorithm and error of determination of coefficient of specific thermal losses of the building and power classification of the maintenance. *Magazine of Civil Engineering*. 2017. No. 5. Pp. 49–61. [In Russian]
11. TKP [Technical Code of Good Practice No.] 45-01.03-59–2008 (02250). *Priemka zakonchennykh stroitel’stvom ob’ektov. Porjadok provedeniya* [Acceptance of completed construction projects. Order of conduct]. Minsk. *Minstrojarkhitektury RB* [Ministry of Construction and Architecture of the Republic of Belarus]. 2009. [In Russian]
12. GOST [State Industry Standard of Russia No.] 30494–2011. *Zdaniya zhilye i obshhestvennye. Parametry mikroklimata v pomeshheniyah* [Residential and public buildings. Indoor microclimate parameters]. Minsk. Gosstandart [Russian State Committee for Standardization, Metrology and Certification (“Gosstandart” Publishers)]. 2011. 15 p. [In Russian]
13. L.N. Danilevskij, S.L. Danilevskij, G.M. Dmitriev. *Jenergojeffektivnye zhilye zdaniya: teplovaya zashhita, utilizatsiya teplovykh vybrosov, izmerenie teplojenergeticheskikh pokazatelej* [Energy-efficient residential buildings: thermal protection, utilization of thermal emissions, measurement of heat and energy indicators]. Lambert Academic Publishing. 2018. 540 p. [In Russian]
14. L.N. Danilevskij, V.M. Pilipenko, S.V. Terehov. *Predvaritel’nye rezul’taty jekspluatatsii jenergojeffektivnykh zdaniy vtorogo pokoleniya v Respublike Belarus’* [Preliminary results of the operation of energy-efficient second-generation buildings in the Republic of Belarus]. *Zhurnal Santehnika, otopenie, kondicionirovanie* (S.O.K.) [Journal of Plumbing, Heating, Ventilation]. 2018. No. 9. Pp. 76–83. [In Russian]
15. SNB [Construction Codes of the Republic of Belarus No.] 4.02.01-03. *Otoplenie, ventilatsiya, kondicionirovanie vozduha* [Heating, ventilation, air conditioning]. Minsk. *Minstrojarkhitektury RB* [Ministry of Construction and Architecture of the Republic of Belarus]. 2004. [In Russian]