

DOI: 10.21122/1029-7448-2018-61-2-141-158

УДК 69.059.7

Некоторые особенности энергопотребления в современных жилых зданиях

С. Н. Осипов¹⁾, А. В. Захаренко¹⁾, С. А. Данилевский¹⁾

¹⁾ГП «Институт жилища – НИПТИС имени Атаева С. С.» (Минск, Республика Беларусь)

© Белорусский национальный технический университет, 2018
Belarusian National Technical University, 2018

Реферат. За последние 20 лет в странах бывшего СССР произошли существенные изменения в требованиях к жилищным условиям у покупателей жилья. Кроме этого, появились новые материалы и строительные изделия, например для герметичных окон и балконных дверей. Значительно увеличилось количество пустующих квартир с выключенным в зимнее время отоплением, что может вызвать конденсацию влаги на поверхностях межквартирных перегородок и образование плесени. При этом требования к уменьшению энергопотребления постоянно растут, что особенно явно проявляется в нормативном повышении значений термических сопротивлений ограждающих здания конструкций и увеличении интереса к использованию вторичных энергоресурсов, получаемых из воздуха и стоков отработанной воды. В статье описан способ предотвращения конденсации влаги на ограждениях смежных помещений с разной температурой воздуха, содержащих системы отопления и использования вторичной теплоты удаляемого из помещения отработанного воздуха. Для обеспечения быстрого аварийного подключения внутридомовых систем теплогазоснабжения к наружным передвижным источникам теплоты и газа рекомендуется дополнительно устанавливать специальные отводы с соединительными устройствами в специальных теплоизолированных нишах в стенах или других частях зданий с учетом возможности размещения вблизи наружных передвижных источников теплоты и газа. В случае отопления здания крышной газовой котельной или поквартирными отопителями, питаемыми газом, по стене дома прокладывают единый газопровод (коллектор), оборудованный дополнительным устройством для подключения аварийного газоснабжения. Для уменьшения удельного расхода теплоты на отопление зданий рекомендуется при модернизации и реконструкции увеличивать полезный объем зданий и улучшать их формы различными способами, в том числе путем объединения двух или более соседних малоэтажных зданий в одно вторичное здание с повышением этажности, с уширением с любой или с каждой стороны. Размеры реконструируемого здания принимают максимально возможными, а их пропорции (при любом количестве объединяемых зданий) – обеспечивающими стремление формы к шаровой, или равноцилиндрической, или кубической при любом их сочетании.

Ключевые слова: современное жилье, пустующие помещения, влаговыведение на перегородках, аварийное теплогазоснабжение, реконструкция зданий, уменьшение теплопотребления

Для цитирования: Осипов, С. Н. Некоторые особенности энергопотребления в современных жилых зданиях / С. Н. Осипов, А. В. Захаренко, С. А. Данилевский // *Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ*. 2018. Т. 61, № 2. С. 141–158. DOI: 10.21122/1029-7448-2018-61-2-141-158

Адрес для переписки

Осипов Сергей Николаевич
ГП «Институт жилища –
НИПТИС имени Атаева С. С.»
ул. Ф. Скорины, 15б,
220114, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.: +375 17 263-81-91
up-niptis@rambler.ru

Address for correspondence

Osipov Sergey N.
UE “Institute of Housing –
NIPTIS named after Ataev S. S.”
15b F. Skoriny str.,
220114, Minsk, Republic of Belarus
Tel.: +375 17 263-81-91
up-niptis@rambler.ru

Some Specific Features of Energy Consumption in Modern Residential Buildings

S. N. Osipov¹⁾, A. V. Zakharenko¹⁾, S. A. Danilevskii¹⁾

¹⁾UE “Institute of Housing – NIPTIS named after Ataev S. S.” (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. Over the past 20 years there have been significant changes in the customer requirements for housing in the countries of the former USSR. Besides, new materials and construction products, such as the ones for sealed windows and balcony doors have appeared in the market. The number of vacant flats with the heating off in the winter significantly increased that may cause condensation on the surfaces of interroom partitions and the formation of mold. Meanwhile, the requirements for lower energy consumption are constantly increasing, that is especially pronouncedly manifested in the growth of normative values of thermal resistance of enclosing structures of buildings and in the increased interest in the use of secondary energy resources extracted from the air and effluent wastewater. The present article describes the method to prevent moisture condensation on the fencing of adjacent premises with different temperatures containing heating systems and the use of waste heat removed from the room exhaust air. For quick emergency switching of in-house systems of heat and gas supply to outdoor mobile sources of heat and gas it is recommended to install special taps with connectors insulated in special niches in the walls or other parts of buildings considering the possibility of placing them close to the outer mobile sources of heat and gas. In the case of heating the building with the aid of a roof gas boiler or by door-to-door heaters fueled by gas, a single pipeline (collector), equipped with an additional device for the connection of emergency gas supply is being put along the wall. In order to reduce specific heat consumption for heating of buildings it is recommended to increase the net enclosure volume of buildings and to improve their form in various ways, including by combining two or more adjacent low-rise buildings in one secondary building with increasing height and with the broadening of either or each side for modernization and reconstruction. The dimensions of the reconstructed building are accepted as the maximum possible, and their proportions (in any number of merged buildings) – as providing tend of shapes to spherical or equicylindrical, or cubic – in any combination.

Keywords: modern housing, empty premises, moisturizing of partitions, emergency heat and gas supply, reconstruction of buildings, heat consumption reducing

For citation: Osipov S. N., Zakharenko A. V., Danilevskii S. A. (2018) Some Specific Features of Energy Consumption in Modern Residential Buildings. *Energetika. Proc. CIS Higher Educ. Inst. and Power Eng. Assoc.* 61 (2), 141–158. DOI: 10.21122/1029-7448-2018-61-2-141-158 (in Russian)

Современный рынок жилья требует строительства квартир под заказ с учетом требований жильцов относительно объемно-планировочных решений, их оснащения системами жизнеобеспечения, качества отделки и других свойств. Создание энергосберегающего, безопасного и комфортного жилья предполагает разработку нового поколения систем жизнеобеспечения [1].

Одна из основных проблем развития современных городов – дефицит территорий под новое строительство, в связи с чем актуальными принципами формирования городской застройки являются возведение зданий повышенной этажности, а также комплексная реконструкция существующего жилищного фонда. Следует отметить неоднозначное отношение жителей городов к подобным подходам. Например, еще 10 лет тому назад было вы-

явлено, что только около четверти москвичей согласны жить в 25-этажных домах и выше [2], и причины такого отношения к высотным домам понятны: мусоропроводы, лифты, шумность, опасность срочной эвакуации и т. п.

При существенном повышении требований к качественным показателям нового жилья за последние 10 лет заметного уменьшения вероятностей ошибок при его возведении не происходит. Так, вероятности ошибок при проектировании достигают 0,2–0,4 [3, рис. 1] и 0,04–0,25 [3, табл. 1]. Вероятности ошибок при строительстве составляют 0,5–0,6 [3, рис. 1] и 0,44–0,67 [3, табл. 1], а вероятности дефектности материалов 0,05–0,20 [3, рис. 1] и 0,15–0,23 [3, табл. 1].

Характерной иллюстрацией приведенных величин является сравнительная оценка фактических и расчетных (проектных) шести значений сопротивления теплопередаче теплоизоляционных материалов в конструкции стен [4, рис. 1], которая показывает, что средняя фактическая величина в 1,47 меньше расчетной. При этом коэффициент вариации составляет $K_v = 0,245$, что при вероятности реализации 5 % позволяет допустить двукратное уменьшение фактического значения сопротивления теплопередаче теплоизоляционных материалов по сравнению с расчетным. Подобное различие в значениях расчетных и фактических величин сопротивления теплопередаче ($3,84/2,53 = 1,53$) наружных стен наблюдается в экспериментальном многоквартирном здании, построенном в агрогородке Парафьяново Докшицкого района Витебской области [5, табл. 1].

В последнее время особенно обострилась ситуация с обеспечением нормальной вентиляции жилых помещений, оборудованных новыми герметичными окнами, что порождает массовые жалобы жильцов [6, с. 58]. При этом влажность воздуха повышается до 70–80 %, а часто до 90 %, что приводит к выпадению влаги и появлению плесени на внутренней поверхности наружных стен, особенно в угловых частях.

В связи с развитием рыночных отношений увеличилось количество жилых помещений, которые являются предметом вложения капитала и в которых зачастую никто не живет, в связи с чем владельцы отключают отопление. Другой причиной отключения отопления в одной или нескольких комнатах квартиры может быть необходимость экономии оплаты. Известны расчетные температуры и кратности обмена воздуха в помещениях жилых зданий [7, с. 106], среди которых кухни (15 °C), лестничные клетки (15 °C), мусорные камеры (5 °C). Также в [7] приведены расчетные температуры и кратности обмена воздуха для помещений в зданиях иных назначений. Основным недостатком упомянутых расчетных нормативных значений температур того периода является отсутствие учета вариантов недопустимого преднамеренного понижения температуры хозяевами жилых помещений, связанного с вышеупомянутыми причинами.

Известны аналогичные современные нормативы температуры в жилых и вспомогательных помещениях, например в ТКП 45-3.02-108–2008 (02250) [8, с. 31], где сказано, что в холодный период года в жилых помещениях,

когда они не используются, допускается снижение температуры воздуха ниже нормируемой, но не ниже, чем для жилых помещений гостиниц, 16 °С. Здесь же для помещений других назначений приведены температуры не ниже 12 и 5 °С. По аналогии с гостиницами, для неиспользуемых жилых помещений, вероятно, следует также принимать расчетную температуру 16 °С. Эти рекомендации наиболее близко подходят к предлагаемому способу.

Основные недостатки приведенных материалов – повышенный расход тепловой энергии для отопления неиспользуемых помещений в зданиях и возможность конденсации влаги на поверхностях перегородок, обращенных к смежным используемым помещениям с более высокой температурой. Задачей является обеспечение условий для предотвращения конденсации влаги на ограждениях смежных помещений с более низкой температурой воздуха в зданиях, снабженных системами отопления и средствами использования вторичной теплоты удаляемого из помещения отработанного воздуха. При этом определяется величина возможного снижения температуры воздуха в смежных помещениях, имеющих общие перегородки с рассматриваемыми.

В целом поставленная задача решается достижением технического результата посредством способа предотвращения конденсации влаги на ограждениях смежных помещений, заключающегося в том, что:

- определяют нижний предел допустимого значения снижения температуры $t_{\text{пр}}$ в более холодных помещениях;
- при температуре воздуха t_x в более холодном помещении выше предельной $t_x > t_{\text{пр}}$ обеспечивают индивидуально устанавливаемую потребителем подачу количества теплоты, расходуемой на отопление помещения;
- при температуре воздуха t_x в более холодном помещении ниже либо равной предельной температуре $t_x \leq t_{\text{пр}}$ обеспечивают автоматически регулирующую подачу количества теплоты, расходуемой на отопление помещения, в зависимости от климатических условий и температур воздуха в смежных помещениях; при этом обеспечивают среднюю расчетную температуру $t_{\text{ср}}$ воздуха в смежных теплых помещениях, а температуру t_x воздуха в холодном помещении определяют из выражения [9, с. 5]

$$t_x = 2t_{\text{ср}} - \frac{\sum_{i=1}^n t_{\text{см}} i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i}, \quad (1)$$

где t_x – температура воздуха в холодном помещении, °С; $t_{\text{см}}$ – температура воздуха в смежных теплых помещениях, °С; $t_{\text{ср}}$ – средняя расчетная температура (15 °С), °С; S_i – площадь поверхности перегородок со смежными теплыми помещениями, м²; $i = 1, \dots, n$; n – количество смежных помещений.

Таким образом, сущность описываемого способа заключается в установлении минимально допустимой температуры в более холодном (неиспользуемом) помещении, при которой на поверхностях перегородок, обращенных к смежным более теплым (используемым) помещениям с предельной нормативной относительной влажностью 60 % (что примерно соответствует полному насыщению воздуха при температуре менее 10 °C [7, рис. 11] в условиях наружной атмосферы), не будет происходить конденсация влаги. При этом общее количество теплоты, расходуемой на отопление жилого помещения, разделяют на индивидуально устанавливаемое потребителем и автоматически регулируемое в зависимости от внешних климатических условий и температур воздуха в смежных более теплых помещениях, средняя величина которых является определяющей величиной для холодного помещения.

Следует учитывать, что влагосодержание воздуха с относительной влажностью $W = 60\%$ и температурой $t_r = 20\text{ °C}$ составляет $d = 9\text{ г/кг}$ [7], что соответствует $t = 12\text{ °C}$ для полного насыщения и выпадения влаги на поверхности перегородки. При создании значительного запаса температуры до возможной конденсации влаги можно упростить определение допустимого понижения температуры в жилом помещении при отсутствии существенного влияния на смежные жилые помещения.

В качестве определяющего параметра рекомендуется применять среднюю расчетную температуру, определяемую как средневзвешенную суммарную по площади всех окружающих холодное помещение «горячих» перегородок (смежных с теплыми помещениями) температуру воздуха между теплым и холодным помещениями, согласно (1). Если принять $t_{cp} = 15\text{ °C}$, то получим

$$t_x + \frac{\sum_{i=1}^n t_{cm} i S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \\ 15\text{ °C} \leq \frac{\sum_{i=1}^n S_i}{2}. \quad (2)$$

Такая средняя температура при реальном квазистационарном (медленно изменяющемся) тепловом режиме практически соответствует центральной части по толщине межкомнатной перегородки [10]. Температура поверхности перегородки, обращенной к теплomu помещению, в любом случае $t_r > 15\text{ °C}$, что обеспечивает отсутствие условий для конденсации влаги.

При температуре $t > 15\text{ °C}$ и нормативной температуре воздуха в теплых помещениях 18–20 °C температура воздуха в холодном помещении составляет 10–12 °C, что примерно соответствует нижнему пределу допустимого снижения температуры t_{np} в общественных и административно-бытовых помещениях [8, с. 31]. Таким образом, индивидуальное регулирование температуры воздуха в жилом помещении посредством индивидуально устанавливаемой потребителем подачи количества теплоты, расходуемой

на отопление помещения, допускается при $t > t_{\text{пр}}$ (или $t > (10-12) ^\circ\text{C}$), а начиная с этого значения, т. е. при $t < t_{\text{пр}}$, температура должна поддерживаться автоматически в зависимости от климатических условий и температур воздуха в смежных помещениях посредством автоматически регулируемой подачи количества теплоты, расходуемой на отопление помещения. Описанный способ предотвращения конденсации влаги запатентован в Евразийском патентном ведомстве [11].

В качестве примера далее приведен расчет минимальной температуры воздуха в квартире со следующими параметрами: геометрические размеры $11 \times 6 \times 2,8$ м (длина \times ширина \times высота); площади поверхностей перегородок между смежными помещениями S_i : лестничным помещением $S_1 = 6 \cdot 2,8 = 16,8 \text{ м}^2$ при $t = 12 ^\circ\text{C}$; соседней теплой квартирой по длине $S_2 = 11 \cdot 2,8 = 30,8 \text{ м}^2$ при $t = 19 ^\circ\text{C}$; соседней теплой квартирой в торце $S_3 = 16,8 \text{ м}^2$ при $t = 20 ^\circ\text{C}$; ниже расположенной теплой квартирой через потолок $S_5 = 11 \cdot 6 = 66 \text{ м}^2$ при $t = 20 ^\circ\text{C}$. Учитывая, что температура воздуха в лестничном помещении примерно соответствует температуре в холодной квартире t_x , теплообмен между ними не учитываем, т. е. S_1 исключается из расчетов. Тогда при средней температуре $t_{\text{ср}} = 15 ^\circ\text{C}$ в соответствии с (1)

$$t_x = 30 - \frac{S_2 t_2 + S_3 t_3 + S_4 t_4 + S_5 t_5}{S_2 + S_3 + S_4 + S_5} =$$

$$= 30 - \frac{30,8 \cdot 19 + 16,8 \cdot 20 + 66 \cdot 18 + 66 \cdot 20}{30,8 + 16,8 + 66 + 66} = 30 - 19,1 = 11 ^\circ\text{C}. \quad (3)$$

Существенный интерес представляет оценка величины возможного поступления теплоты от окружающих холодное помещение теплых перегородок в прилегающих нормально отапливаемых квартирах. Для таких расчетов используем упрощенную зависимость, приведенную в [9, с. 10] в виде

$$Q_i = \frac{S_i (t_p - t_i)}{R_i} (1 + \sum \beta) n, \quad (4)$$

где Q – тепловой поток, Вт; S_i – расчетная площадь ограждения, м^2 ; t_p – расчетная температура воздуха в помещении, $^\circ\text{C}$; t_i – температура воздуха в смежном помещении или снаружи, $^\circ\text{C}$; R_i – сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; β , n – коэффициенты, зависящие от добавочных тепловых потоков и положения наружной поверхности ограждения.

Для ориентировочных расчетов принимаем: $\beta = 0$ и $n = 1$, а для внутренних перегородок со смежными теплыми квартирами принимаем следующие значения R_i : вертикальных перегородок $R_2 \approx 0,6 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ и $R_3 \approx 0,6 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$; пола $R_4 \approx 1,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ и потолка $R_5 \approx 1,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Площадь наружного ограждения (стена и окна) составляет $S_6 = 30,8 \text{ м}^2$, в том числе площадь окон – 25 % общей площади наружного ограждения. При сопро-

тивлении теплопередаче наружной стены $R_7 \approx 3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ и окон $R_8 \approx 1,0 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ приведенное к общему наружному ограждению $R_6 \approx 2,65 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Тогда поток теплоты через наружное ограждение при уличной температуре $t_n = (-25) ^\circ\text{C}$ с учетом 5%-й вероятности возможного двукратного уменьшения R_6 составляет

$$Q_{x.o} = \frac{30,8 \cdot [11 - (-25)]}{2,65/2} = 0,84 \text{ кВт}. \quad (5)$$

При минимальном уровне вентиляции с коэффициентом обмена воздуха $K_{ов} = 0,5$, что рекомендовано [7, с. 116] для складов, кладовых и т. п., количество поступающего воздуха в «холодную» квартиру составит примерно $V_x \approx 100 \text{ м}^3/\text{ч}$. Тогда затраты теплоты на вентиляцию $Q_{x.в} \approx 1,4 \text{ кВт}$, что определяет общий расход теплоты $\Sigma Q_x \approx 2,24 \text{ кВт}$. Приход теплоты от теплых ограждающих квартир составляет

$$\Sigma Q_o = \frac{30,8 \cdot (19 - 11)}{0,6} + \frac{16,8 \cdot (20 - 11)}{0,6} + \frac{66 \cdot (18 - 11)}{1,0} + \frac{66 \cdot (20 - 11)}{1,0} \approx 1,7 \text{ кВт}. \quad (6)$$

Таким образом, при использованных значениях R_i для обеспечения расчетной температуры воздуха в «холодной» квартире $11 ^\circ\text{C}$ необходимо затрачивать на отопление около $0,54 \text{ кВт}$, что составляет примерно 24,1 % от необходимого расхода теплоты.

Учитывая прямую пропорциональность теплового потока от разности температур уже при наружной температуре около $-12 ^\circ\text{C}$ и выше, «холодная» квартира не нуждается в дополнительном отоплении.

В связи с высокими вероятностями ошибок при проектировании и строительстве новых и большим износом действующих систем теплогазоснабжения старых зданий зачастую возникают проблемы функционирования этих систем, особенно в зимнее время. Изложенное далее предложение [12] предусматривает создание технических возможностей для быстрого использования передвижных автономных источников теплогазоснабжения, позволяющих предотвращать переселение значительного количества людей из неотапливаемых зданий в теплые помещения при низких наружных температурах, приводящих к замораживанию систем отопления. Подтверждением полезности предлагаемых устройств являются известные случаи ежегодного выхода из строя каких-либо участков сетей теплоснабжения крупных городов в периоды достаточно сильных морозов, когда приходится переселять сотни людей из замерзающих зданий в отапливаемые помещения.

В известных нормативных документах [13, 14] ничего не сказано о необходимости сооружения даже в крупных жилых домах специальных устройств для быстрого (в течение 6–12 ч) перевода систем отопления и газоснабжения при использовании домовых генераторов теплоты на аварийные передвижные источники теплоты и газа, отдельные образцы которых уже нашли практическое применение в аварийных ситуациях.

Известен способ подогрева помещений в холодное время года горячим воздухом, для чего служит передвижной теплогенератор [15] и ему подобные «тепловые пушки». Главным недостатком такого способа обогрева помещений (квартир) многоэтажных домов является трудность доставки этого воздуха в помещения, для чего необходима прокладка специальных воздухопроводов по всему дому, так как простая подача горячего воздуха с предельной температурой около 25 °С в помещения и подъезды первого этажа не может прогреть необходимые помещения на всех этажах хотя бы до 15 °С при наружных температурах ниже $-(5-10)$ °С. Кроме того, данный способ не гарантирует предотвращения замораживания отдельных элементов системы водяного отопления при зависимой схеме присоединения к наружной тепловой сети, поскольку при аварии принудительная циркуляция теплоносителя прекращается.

Способ обустройства систем теплогазоснабжения зданий и сооружений в случае аварийного отключения наружных сетей теплогазоснабжения, по-видимому, должен предусматривать необходимость перевода людей в отапливаемые помещения на время устранения последствий аварий. Приведенные в [9, с. 17] схемы присоединения систем водяного отопления к тепловым сетям позволяют дополнить их устройствами для быстрого присоединения аварийных источников теплогазоснабжения. В [9, с. 659–662] при устройстве внутреннего газоснабжения жилых зданий и газоснабжения домовых (крышных) котельных также ничего не сказано об аварийных режимах газоснабжения.

Задачей является техническое обеспечение быстрого подключения аварийных источников теплоснабжения, а при необходимости и газа, путем сооружения специальных отводов и отключающих устройств, позволяющих восстановить функционирование системы отопления. Быстрота подключения аварийных источников теплогазоснабжения определяется сроками охлаждения и выхода из строя при аварии «штатных» систем теплогазоснабжения зданий. В зависимости от значения наружных низких температур воздуха она может составлять от 6 до 12 ч.

Поставленная задача решается достижением технического результата посредством способа реконструкции систем теплогазоснабжения здания, отличие которого в том, что в домовых системах теплогазоснабжения дополнительно устанавливают специальные отводы к наружным передвижным источникам теплогазоснабжения, обеспечивающие быстрое подключение и использование наружных передвижных источников тепло- или газоснабжения. Концы указанных отводов оборудуют соединительными устройствами, унифицированными с концами отводов на наружных передвижных источниках теплоты и газа. Таким образом, в начальной части отводов устанавливают запирающие устройства (кран, вентиль, задвижка, обратный клапан), а в конечной части отводов в целях безопасности – быстросъемные заглушки, при этом отводы обустраивают в легкодоступных местах с положительной температурой, для чего оборудуют специальные теплоизолированные ниши

в стенах или других частях зданий с учетом возможности размещения вблизи наружных передвижных источников теплогазоснабжения.

В случае отопления здания крышной газовой котельной, питаемой газом при помощи наружного газопровода, проложенного по стене дома [14, п. 7.21, с. 12–13], устройство для подключения аварийного газоснабжения устраивают в удобном месте на этой же стене. При этом в наружном газопроводе дополнительно устанавливают запорное устройство (если такового не имеется), препятствующее уходу газа при аварийном газоснабжении.

При реконструкции внутридомовой системы газоснабжения с установкой поквартирных отопителей и единого для всех подъездов отвода наружной сети газоснабжения в виде протяженного коллектора [16] устройство для подключения аварийного газоснабжения устанавливается в начале этого коллектора до ввода в первый подъезд по ходу газа.

В целом сущность предлагаемого способа заключается в том, что в домовых системах теплогазоснабжения при использовании газового общедомового отопления (крышные котельные) или газовых теплогенераторов устанавливают специальные устройства, обеспечивающие быстрое подключение и использование наружных источников теплоты и газа, как это показано на рис. 1, где приведены схемы подключения аварийных источников газоснабжения.

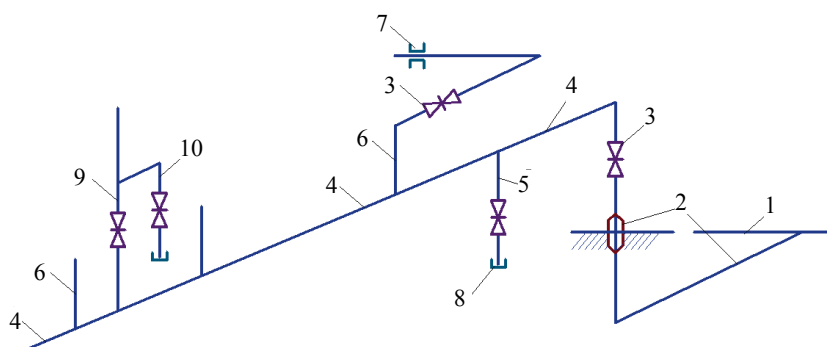


Рис. 1. Схема подключения аварийных источников газоснабжения:

- 1 – наружный распределительный газопровод низкого давления; 2 – отвод газопровода к дому с выводом на поверхность; 3 – кран или задвижка; 4 – протяженный газовый коллектор снаружи здания; 5 – аварийный отвод газопровода; 6 – отвод от коллектора в подъезд дома; 7 – ввод газопровода в дом; 8 – заглушка аварийного отвода от газового коллектора; 9 – газопровод в крышную котельную; 10 – аварийный отвод от газопровода для крышной котельной

Fig. 1. Wiring diagram for emergency sources of gas supply:

- 1 – outdoor distribution low-pressure gas pipeline; 2 – drain pipeline to the house exiting to the surface; 3 – valve or gate valve; 4 – elongated gas collector outside the building; 5 – emergency drain pipe; 6 – drain pipeline from the collector to the entrance of the house; 7 – entering the pipeline to the house; 8 – plug of the emergency withdrawal from the gas collector; 9 – gas pipeline to the roof boiler; 10 – emergency drain from the gas pipeline for roof boiler

В случае использования для отопления дома крышной котельной отвод от распределительного газопровода до котельной [14, п. 7.21] располагает-

ся на стене здания в соответствии со схемой, приведенной на рис. 1. Сущность этого способа поясняется также при помощи принципиальных схем, изображенных на рис. 2, которые отображают варианты быстрого (аварийного) присоединения наружного источника теплоты как при независимых, так и при зависимых схемах подключения системы водоснабжения здания к тепловой сети.

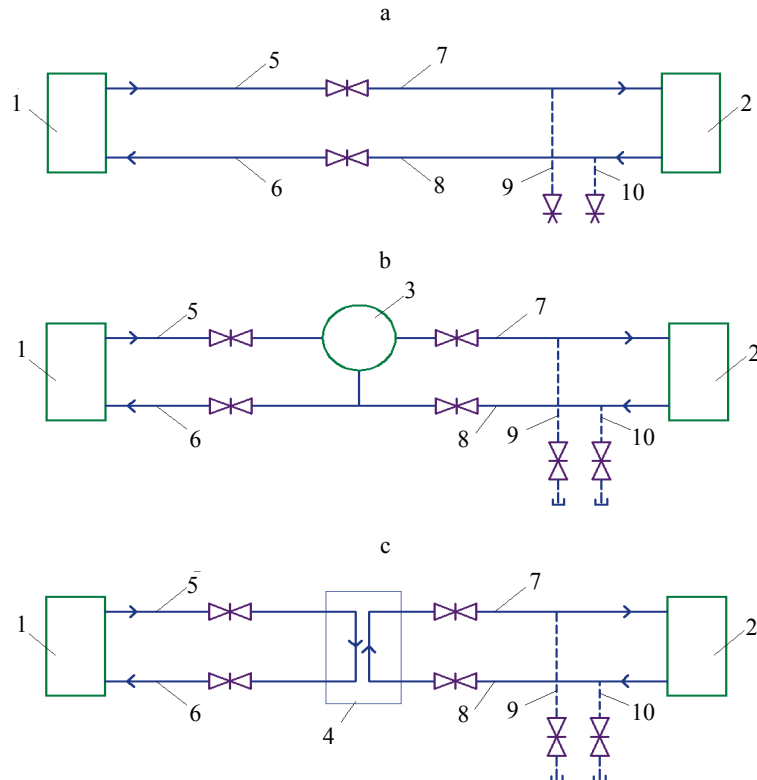


Рис. 2. Наиболее простые схемы быстрого (аварийного) присоединения наружного источника теплоты: а – схема непосредственного присоединения; б – схема присоединения с узлом смешения; с – схема присоединения с теплообменником; 1 – тепловые сети (или котельная); 2 – система отопления; 3 – узел смешения; 4 – теплообменник; 5 – ввод в здание от наружной тепловой сети; 6 – вывод к наружной тепловой сети; 7, 8 – присоединение отводов прямого и обратного теплоносителя системы отопления здания; 9 – отвод с задвижкой и заглушкой для горячего теплоносителя; 10 – то же для обратного теплоносителя

Fig. 2. The most simple scheme of fast (emergency) connection of an external source of heat: а – direct connection scheme; б – scheme of connection with the blending unit; с – scheme of connection with heat exchanger; 1 – heat networks (or boiler); 2 – heating system; 3 – blending unit; 4 – heat exchanger; 5 – inlet to the building from external heat network; 6 – output to the outer heating networks; 7, 8 – connection of the taps of the direct and reverse heat carrier of the heating system of the building; 9 – offtake with gate valve and plug for the hot heat carrier; 10 – same for the reverse heat carrier

В качестве наружного источника теплоты можно использовать испытанную в г. Минске передвижную котельную мощностью 1 МВт, смонти-

рованную на базе полуприцепа автомобиля МАЗ. Эта котельная также оборудована насосами, которые могут использоваться в качестве рециркуляционных для прокачки капельной жидкости (воды) через систему отопления здания.

При независимой схеме присоединения системы водяного отопления к тепловым сетям использование наружного источника теплоты может производиться по двум основным вариантам: с использованием циркуляционного насоса системы отопления здания, что уменьшает общие энергозатраты наружного источника теплоты, и без использования циркуляционного насоса системы отопления здания.

Как видно из приведенных схем присоединения наружного источника теплоты, все они предусматривают прямое быстрое присоединение (передвижного наружного источника теплоты или газа) к системе отопления здания в аварийных ситуациях и отключение наружной отопительной сети, что существенно уменьшает расход энергии на циркуляцию теплоносителя.

В случае использования сжиженного газа его предварительно переводят в газообразное состояние и смешивают с воздухом в безопасной концентрации на основе рекомендаций А. А. Ионина [17, с. 266–267]. В качестве аварийного резервного газа предлагается использовать газозвоздушные смеси, получаемые при помощи установок получения газозвоздушной смеси (УГВС) из паров сжиженных углеводородных газов (СУГ) и воздуха. УГВС можно смонтировать на полуприцепе и совместно с полуприцепом для СУГ объемом 39 м³ (ГОСТ 27352 и др.) использовать для аварийного газоснабжения крышной котельной или квартирных отопителей без каких-либо переделок горелок.

Как справедливо считает В. М. Пилипенко [18, с. 3], народнохозяйственная значимость проблемы реконструкции и модернизации жилых домов индустриальной жилой застройки 60–80-х гг. прошлого века возрастает с увеличением срока эксплуатации зданий. Это же в полной мере относится к 2–3-этажным зданиям, построенным в конце 40-х и 50-х годов прошлого столетия, примером чему является жилой район, расположенный напротив главного входа в Минский тракторный завод.

Большинство исследователей пришло к выводу, что реконструкция и придание эксплуатируемому с указанными выше сроками постройки жилому фонду современных потребительских качеств – наиболее рациональное и эффективное использование ресурсов государства при решении жилищной проблемы [18, с. 3, 4]. При этом необходимо учитывать, что, по оценкам специалистов, затраты на снос жилых домов могут достигать 60 % стоимости строительства нового жилья такой же площади [18, с. 47].

Известно много способов уменьшения удельного расхода теплоты на отопление путем повышения термического сопротивления ограждающих конструкций за счет их дополнительного наружного покрытия теплоизолирующими материалами [19]. При этом, как правило, не учитывается эффект влияния размеров и конфигурации здания на удельные расходы теплоты на отопление: объемные (Вт/м³) и площадные (Вт/м²).

Известен способ восстановления жилых зданий, сооруженных методом крупнопанельного строительства [19], заключающийся в дополнительной установке перед старым зданием самонесущего каркаса, который соединяют с имеющейся структурой здания. В несущий каркас вставляют сборные комнатные секции или элементы стен, пола и потолка. Полученные новые помещения объединяют со старым зданием путем общей перепланировки.

Еще один способ реконструкции зданий [20] заключается в надстройке вышележащих этажей и одновременном уширении здания с возведением ограждающей теплой керамзитожелезобетонной стены и дополнительных перекрытий в уровнях существующего здания с частичной перепланировкой его помещений. Преимуществом этого способа является увеличение общего объема вторичного здания с улучшением его формы с точки зрения влияния на удельный расход теплоты на отопление. Недостатками являются большая удельная площадь ограждающих конструкций, возводимых со всех сторон здания по его контуру.

В приведенных способах не упоминается о возможности уменьшения удельных затрат теплоты на отопление при увеличении объема здания и изменении его формы в результате реконструкции, так как основной целью реконструкции старых зданий, особенно в ставших центральными районах городов, является увеличение жилой площади и комфортности при соблюдении нормативов теплозащиты и удельных расходов теплоты.

Поэтому целесообразно сформулировать следующие задачи для процесса реконструкции, в частности, жилых зданий:

- уменьшение удельных расходов теплоты на отопление имеющихся в микрорайоне зданий за счет не только дополнительной наружной тепловой изоляции ограждающих конструкций, но и эффекта от увеличения объема и изменения формы зданий при реконструкции;
- снижение удельной площади наружных ограждающих конструкций, возводимых при модернизации и реконструкции зданий;
- экономия площади земли в микрорайоне под реконструируемыми и новыми зданиями при существенном увеличении плотности застройки (1 м^2 жилья на 1 га).

Для решения указанных задач предлагается при реконструкции старых зданий увеличение их объема производить путем объединения двух и более зданий в одно – вторичное здание – с соответствующим проекту заполнением новыми помещениями промежутков между старыми зданиями, со значительным увеличением этажности и с уширением реконструированного здания. В итоге резко увеличиваются этажность (в 2–3 раза) и ширина здания (на 20–30 %), что приводит к существенному снижению удельных тепловых затрат во вторичном здании по сравнению с результатом реконструкции таких старых домов без их объединения даже при одинаковом термическом сопротивлении ограждающих конструкций. Одновременно экономится территория, занимаемая одним реконструированным домом,

включившим оба старых малоэтажных здания, по сравнению с отдельной реконструкцией каждого из старых зданий, когда необходимо выдерживать противопожарные и строительные разрывы между зданиями. Снижение удельной площади наружных ограждающих конструкций при объединении достигается тем, что отпадает необходимость в их возведении вдоль по меньшей мере двух взаимно прилегающих смежных стен объединяемых домов. Способ поясняется схемами, приведенными на рис. 3, 4.

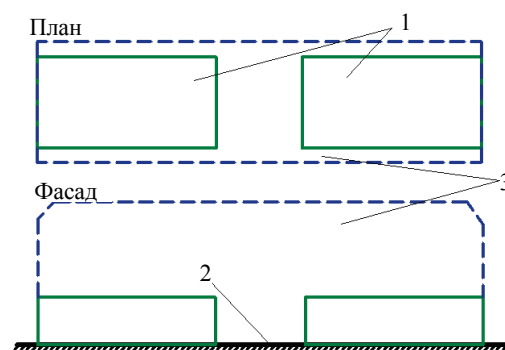


Рис. 3. Схема объединения двух соседних малоэтажных зданий:

- 1 – реконструируемые (объединяемые) здания; 2 – расстояние (промежуток) между зданиями; 3 – реконструированное (вторичное) здание

Fig. 3. The scheme of merging of two neighboring low-rise buildings:

- 1 – buildings being reconstructed (merged); 2 – distance (interval) between buildings; 3 – building having been reconstructed (i. e. the secondary one)

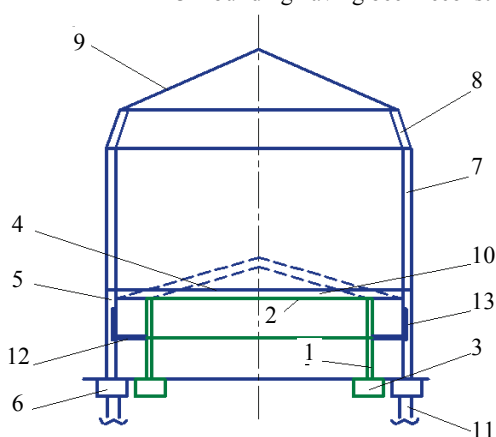


Рис. 4. Схема надстройки вторичного здания, объединяющего старые здания:

- 1 – стена старого здания; 2 – перекрытие верхнего (2-го) этажа старого здания; 3 – фундамент старого дома; 4 – новое перекрытие; 5 – несущие конструкции надстройки; 6 – фундамент надстройки; 7 – стена надстройки; 8 – стена мансарды; 9 – крыша надстройки; 10 – конструктивный зазор; 11 – буронабивные сваи; 12 – плиты пола-потолка лоджий; 13 – монолитные ограждения

Fig. 4. The scheme of the superstructure of the secondary building that combines old buildings:

- 1 – wall of the old building; 2 – overlap of the upper (2nd) floor of the old building; 3 – foundation of the old house; 4 – new overlap; 5 – bearing structures of the superstructure; 6 – foundation of the superstructure; 7 – wall of the superstructure; 8 – wall of the attic; 9 – roof of the superstructure; 10 – structural gap; 11 – bored piles; 12 – slabs of floor-ceiling of loggias; 13 – monolithic fences

Форма реконструируемого здания создается с таким расчетом, чтобы его размеры при совмещении, особенно уширении, принимали максимально возможные значения с учетом расположения соседних зданий, проч-

ностных характеристик, строительных материалов и норм архитектурной эстетики.

Как известно из курса теплофизики, стационарная теплоотдача поверхности плиты описывается простым уравнением

$$q = \frac{\Delta t S_i}{R}, \quad (7)$$

где q – тепловой поток (теплоотдача), Вт; Δt – перепад температур для рассматриваемого случая между температурами наружного (t_n) и внутреннего (t_b) воздуха в помещении, $\Delta t = t_b - t_n$, °С; S_i – площадь теплоотдающей поверхности (ограждения), м²; R – термическое сопротивление, учитывающее теплопроводность ограждения и особенности теплоотдачи, м²·град/Вт.

В строительных нормах и при теплотехнических расчетах в качестве показателя эффективности тепловой изоляции зданий и сооружений часто используются величины удельных расходов теплоты (объемного (Вт/м³) и площадного (Вт/м²)), а также нормативные величины термических сопротивлений R ограждающих конструкций. Если принять, что все трансмиссионные потери теплоты через ограждающие конструкции составляют $\underline{Q} = \sum q$, то удельные объемные потери теплоты в случае $\Delta t = \text{const}$ для всех помещений

$$\frac{\underline{Q}}{V} = \frac{\sum q_i}{V} = \frac{\Delta t \sum S_i}{R_i}, \quad (8)$$

где V – внутренний отапливаемый объем здания, м³; q_i – тепловой поток (теплоотдача) отдельных элементов ограждающих конструкций, Вт; R_i – термическое сопротивление, учитывающее теплопроводность отдельных элементов ограждения и особенности их теплоотдачи, м²·град/Вт.

Если для простоты принять форму здания в виде прямоугольного параллелепипеда, то можно получить выражение

$$\frac{\underline{Q}}{V} = \Delta t \left[\frac{2 \cdot \left(\frac{1}{y} + \frac{1}{x} \right)}{R_{\text{ст}}} + \frac{\left(\frac{1}{R_{\text{пк}}} + \frac{1}{R_{\text{пол}}} \right)}{z} \right], \quad (9)$$

где x, y, z – длина, ширина, высота здания, м; $R_{\text{ст}}, R_{\text{пк}}, R_{\text{пол}}$ – средние (приведенные) термические сопротивления соответственно стен (с учетом окон), потолка (с учетом чердачных помещений и крыши) и пола (с учетом подвальных помещений).

Как видно из (9), с ростом термического сопротивления и габаритов отапливаемого здания удельный расход теплоты на отопление уменьшается.

Так, для снижения трансмиссионных потерь теплоты в два раза необходимо повысить термические сопротивления ограждений в два раза или их эквивалентное сочетание. В первом приближении при увеличении всех линейных размеров здания в два раза его объем повышается в восемь раз, а трансмиссионные потери возрастают в четыре раза, т. е. уменьшают удельные потери в два раза. Однако одни габаритные размеры можно увеличивать более чем в два раза (этажность и длина здания), а другие размеры – гораздо меньше или оставлять неизменными (ширина здания). В итоге удельные потери теплоты также существенно снижаются.

Для уменьшения удельного расхода теплоты на отопление существенное значение имеет форма здания. Минимальное значение удельного расхода теплоты при одинаковом объеме присуще шарообразной форме (наилучшая форма здания). При переходе от шаровой к цилиндрической и далее к кубической форме (ухудшение формы) удельный расход теплоты увеличивается. Для цилиндрической формы наименьшее отношение площади поверхности к объему реализуется при равенстве высоты цилиндра его диаметру [21, с. 371]. Такую форму цилиндра для простоты удобно называть равноцилиндрической. Для параллелепипеда любой формы удельный расход теплоты больше, чем куба. С приближением от параллелепипеда к кубической форме удельный расход теплоты при прочих равных условиях уменьшается.

Приведенные выше рекомендации по реконструкции жилых зданий, приводящие к экономии энергопотребления, были запатентованы [22].

ВЫВОДЫ

1. Предложен способ предотвращения конденсации влаги на ограждениях смежных помещений с разной температурой воздуха, содержащих системы отопления и использования вторичной теплоты удаляемого из помещения отработанного воздуха.

2. Для обеспечения быстрого аварийного подключения внутридомовых систем теплогасоснабжения к наружным передвижным источникам теплоты и газа рекомендуется дополнительно устанавливать специальные отводы с соединительными устройствами в специальных теплоизолированных нишах в стенах или других частях зданий с учетом возможности размещения вблизи наружных передвижных источников теплоты и газа.

3. В случае отопления здания крышной газовой котельной или поквартирными отопителями, питаемыми газом, по стене дома прокладывают единый газопровод (коллектор), оборудованный дополнительным устройством для подключения аварийного газоснабжения.

4. Для уменьшения удельного расхода теплоты на отопление зданий рекомендуется при модернизации и реконструкции увеличивать полезный объем зданий и улучшать их формы различными способами, в том числе путем объединения двух или более соседних малоэтажных зданий в одно

вторичное здание с повышением этажности, с уширением с любой или с каждой стороны.

5. Размеры реконструируемого здания принимают максимально возможными, а их пропорции, при любом количестве объединяемых зданий, – обеспечивающими стремление формы к шаровой, или равноцилиндрической, или кубической при любом их сочетании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пилипенко, В. М. Современные потребительские качества жилья / В. М. Пилипенко // Современные методы индустриального домостроения: энергоэффективные системы и конструктивно-технологические решения: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Минск: ГП «Институт жилища – НИПТИС имени Атаева С. С.», 2011. С. 5–11.
2. Чистякова, С. Б. Здоровье населения России – стратегия развития среды жизнедеятельности: сб. статей к общему собранию РААСН / С. Б. Чистякова. М.: Российская академия архитектуры и строительных наук, 2008. Т. 1. С. 240–245.
3. Квач, П. И. Оценка системы менеджмента качества в проектных и подрядных организациях / П. И. Квач, Г. В. Земляков // Современные проблемы внедрения европейских стандартов в области строительства: сб. Междунар. науч.-техн. статей (материалы науч.-метод. конф.), 27–28 мая 2014 г. Минск: БНТУ, 2015. С. 203–212.
4. Вашенко, Д. А. Опыт энергообследования построенных зданий и рекомендации по улучшению состояния / Д. А. Вашенко // Современные методы индустриального домостроения: энергоэффективные системы и конструктивно-технологические решения: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Минск: ГП «Институт жилища – НИПТИС имени Атаева С. С.», 2011. С. 55–56.
5. Протасевич, А. М. Особенности тепловлажного режима ограждающих конструкций с эффективным использованием энергии / А. М. Протасевич, В. В. Лешевич // Современные методы индустриального домостроения: энергоэффективные системы и конструктивно-технологические решения: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Минск: ГП «Институт жилища – НИПТИС имени Атаева С. С.», 2011. С. 67–71.
6. Кацынель, Р. Б. Анализ эффективности жилых зданий, их конструктивных узлов во взаимосвязи с температурно-влажностным режимом квартир / Р. Б. Кацынель, А. М. Протасевич, В. В. Лешевич // Современные методы индустриального домостроения: энергоэффективные системы и конструктивно-технологические решения: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Минск: ГП «Институт жилища – НИПТИС имени Атаева С. С.», 2011. С. 56–59.
7. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха / под ред. И. Г. Старовойтова. М.: Стройиздат, 1978. 510 с.
8. Высотные здания. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-3.02-108–2008 (02250). Введ. 01.12.2008. Минск: Минстройархитектуры, 2008. 89 с.
9. Теплоснабжение и вентиляция: курсовое и дипломное проектирование / под ред. Б. М. Хрусталева. М.: Изд-во АСВ, 2007. 784 с.
10. Богуславский, В. Н. Строительная теплофизика / В. Н. Богуславский. М.: Высш. шк., 1982. 416 с.
11. Способ предотвращения конденсации влаги на ограждениях смежных помещений с разной температурой воздуха: евразийский пат. № 024278 / С. Н. Осипов, В. М. Пилипенко. Оpubл. 30.10.2014.
12. Способ реконструкции систем теплогазоснабжения здания, сооружения: евразийский пат. № 016799 / С. Н. Осипов, В. М. Пилипенко. Оpubл. 29.04.2011.
13. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: СНБ 4.02.01–03 (с изм. № 1–7). Введ. 01.01.2005. Минск: Минстройархитектуры, 2015. 81 с.

14. Газораспределение и газопотребление. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.03-267–2012 (с изм. № 1). Введ. 01.12.2012. Минск: Минстройархитектуры, 2015. 102 с.
15. Передвижной теплогенератор: пат. РФ № 2178119 / Р. В. Алтухов, Н. В. Дашунин, В. А. Иванов [и др.]. Оpubл. 10.01.2002.
16. Способ восстановления или реконструкции системы газоснабжения внутри зданий и сооружений: евразийский пат. 008296 / С. Н. Осипов, В. М. Пилипенко, А. С. Атаев. Оpubл. 27.04.2007.
17. Ионин, А. А. Газоснабжение / А. А. Ионин. М.: Стройиздат, 1989. 439 с.
18. Пилипенко, В. М. Комплексная реконструкция индустриальной жилой застройки: организационно-технологические основы / В. М. Пилипенко. Минск: Адукацыя і выхаванне, 2007. 279 с.
19. Verfahren zum Sanieren von Wohngebäuden, die in Plattenbauweise Hergestellt Sind: Patent DE 19639471 / Bjoern Bechmann. Veröffentlicht 13.09.2001.
20. Способ реконструкции зданий: пат. РФ № 2036291 / Р. Р. Гаспарян, В. Н. Мириманов. Оpubл. 27.05.1995.
21. Выгодский, М. Я. Справочник по высшей математике / М. Я. Выгодский. М.: Гостехиздат, 1957. 783 с.
22. Способ уменьшения удельного расхода тепла на отопление зданий при модернизации и реконструкции: евразийский пат. № 009747 / В. М. Пилипенко, С. Н. Осипов, А. А. Кулак. Оpubл. 28.02.2008.

Поступила 28.04.2017 Подписана в печать 05.07.2017 Опубликована онлайн 30.03.2018

REFERENCES

1. Pilipenko V. M. (2011) The Modern Consumer Quality of Housing. *Sovremennye Metody Industrial'nogo Domostroeniya: Energoeffektivnye Sistemy i Konstruktivno-Tekhnologicheskie Resheniya: Materialy Mezhdunar. Nauch.-Tekhn. Konf.* [Modern Methods of Industrial Housing Construction: Energy Efficient Systems and Technological Solutions: Proceedings of the International, Scientific-and-Technical Conference]. Minsk: UE "Institute of Housing – NIPTIS named after Ataev S. S.", 5–11 (in Russian).
2. Chistyakova S. B. (2008) *Health of the Population of Russia: the Development of the Environment Strategy: Collected Articles to the General Meeting of the RAACS. Vol. 1.* Moscow, Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, 240–245 (in Russian)
3. Kvach P. I., Zemlyakov G. V. (2015) Assessment of the Quality Management System of Design and Contracting Organizations. *Sovremennye Problemy Vnedreniya Evropeiskikh Standartov v Oblasti Stroitel'stva, Sbornik Mezhdunarodnykh Nauchno-Tekhnicheskikh Statei, (Materialy Nauchno-Metodicheskoi Konferentsii), 27–28 maya 2014 g.* [Modern Problems of Implementing European Standards in the Field of Construction. Collected Papers]. Minsk, BNTU, 203–212 (in Russian).
4. Vashchenko D. A. (2011) Experience of Energy Survey of the Buildings and Recommendations for Improvement. *Sovremennye Metody Industrial'nogo Domostroeniya: Energoeffektivnye Sistemy i Konstruktivno-Tekhnologicheskie Resheniya: Materialy Mezhdunar. Nauch.-Tekhn. Konf.* [Modern Methods of Industrial Housing Construction: Energy Efficient Systems and Technological Solutions: Proceedings of the International. Scientific-and-Technical Conference]. Minsk: UE "Institute of Housing – NIPTIS named after Ataev S. S.", 55–56 (in Russian).
5. Protasevich A. M., Leshevich V. V. (2011) Specific Features of Heat and Humidity Regime of Walling with Efficient Use of Energy. *Sovremennye Metody Industrial'nogo Domostroeniya: Energoeffektivnye Sistemy i Konstruktivno-Tekhnologicheskie Resheniya: Materialy Mezhdunar. Nauch.-Tekhn. Konf.* [Modern Methods of Industrial Housing Construction: Energy Efficient Systems and Technological Solutions: Proceedings of the International. Scientific-

- and-Technical Conference]. Minsk: UE "Institute of Housing – NIPTIS named after Ataev S. S.", 67–71 (in Russian).
6. Katsynel' R. B., Protasevich A. M., Leshevich V. V. (2011) Analysis of the Efficiency of Residential Buildings and of Their Structural subassemblies in Correlation with the Temperature and Humidity Conditions of the Apartments. *Sovremennyye Metody Industrial'nogo Domostroeniya: Energoeffektivnye Sistemy i Konstruktivno-Tekhnologicheskie Resheniya: Materialy Mezhdunar. Nauch.-Tekhn. Konf.* [Modern Methods of Industrial Housing Construction: Energy Efficient Systems and Technological Solutions: Proceedings of the International. Scientific-and-Technical Conference]. Minsk: UE "Institute of Housing – NIPTIS named after Ataev S. S.", 56–59 (in Russian).
 7. Staroverov I. G. (ed.) (1978) *Directory of a Designer. Ventilation and Air Conditioning*. Moscow, Stroizdat Publ. 510 (in Russian).
 8. TKP 45-3.02-108–2008 (02250). High-Rise Buildings. Construction Design Standards. Minsk, Ministry of Architecture and Construction, 2008. 89 (in Russian).
 9. Khrustalev B. M., Kuvshinov Yu. Ya., Kopko V. M., Mikhalevich A. A., Dyachek P. I., Pokotilov V. V., Sen'kevich E. V., Borukhova L. V., Pilyushenko V. P., Bazylenko G. I., Yurkov O. I., Artikhovich V. V., Pshonik M. G. (2007) *Heating and Ventilation. Term and Diploma Designing*. Moscow, ACB Publ. 784 (in Russian).
 10. Boguslavskii V. N. (1982) *Heat Engineering*. Moscow, Vysshaya Shkola Publ. 416 (in Russian).
 11. Osipov S. N., Pilipenko V. M. (2014) *Method of Preventing Condensation of Moisture on the Fences of Adjacent Rooms with Different Temperature*. Eurasia Patent No 024278 (in Russian).
 12. Osipov S. N., Pilipenko V. M. (2011) *Method of Reconstruction of Systems of Heat and Gas Supply of the Building or Construction*. Eurasia Patent No 016799 (in Russian).
 13. Building Codes of Belarus 4.02.01–03 (with Alterations 1–7). *Heating, Ventilation and Air Conditioning*. Minsk, Ministry of Architecture and Construction, 2015. 81 (in Russian).
 14. TKP 45-4.03-267–2012 (with Alteration No 1). *Gas Distribution and Gas Consumption. Construction Design Standards*. Minsk, Ministry of Architecture and Construction, 2008. 102 (in Russian).
 15. Altukhov R. V., Dashunin N. V., Ivanov V. A., Krivopuskov D. A., Rachuk V. S., Savin S. A., Sorokin I. N., Sukhov A. I., Trubnikov A. V., Shevtsov A. P. (2002) *Mobile Heat Generator*. Patent Russian Federation No 2178119 (in Russian).
 16. Osipov S. N., Pilipenko V. M., Ataiev A. S. (2007) *Method of Rehabilitation or Reconstruction of Gas Supply Systems inside Buildings*. Eurasia Patent No 008296 (in Russian).
 17. Ionin A. A. (1989) *Gas Supply*. Moscow, Stroizdat Publ. 439 (in Russian).
 18. Pilipenko V. M. (2007) *The Comprehensive Renovation of Industrial Residential Layout*. Minsk, Adukatsyya i Vykhaveanne Publ. 279 (in Russian).
 19. Bjoern Bechmann (2001) *Verfahren zum Sanieren von Wohngebäuden, die in Plattenbauweise Hergestellt Sind*. Patent DE 19639471 (in German).
 20. Gasparyan R. R., Mirimanov V. N. (1995) *Method of Reconstruction of Buildings*. Patent Russian Federation No 2036291 (in Russian).
 21. Vygodskii M. Ya. (1957) *Reference Book on Higher Mathematics*. Moscow, Gostekhizdat Publ. 783 (in Russian).
 22. Pilipenko V. M., Osipov S. N., Kulak A. A. (2008) *The Method of Reduction of Specific Heat Consumption for Heating of Buildings Subjected to Modernization and Reconstruction*. Eurasia Patent No 009747 (in Russian).

Received: 28 April 2017

Accepted: 5 July 2017

Published online: 30 March 2018