



Тепловые характеристики жилых зданий дореволюционной постройки

Вопросы совершенствования методов расчёта процессов тепломассообмена в ограждающих конструкциях и повышения энергоэффективности зданий рассмотрены в работах многих исследователей, в том числе В.Н. Богословского, В.Г. Гагарина, Т.А. Дацюк, Ю.Я. Кувшинова, Е.Г. Малявиной, А.Г. Перехоженцева, Г.М. Позина, В.А. Пухкала, Ю.А. Табунщикова [1–9] и др.

Однако вышеуказанные исследования посвящены преимущественно современным зданиям и строительным конструкциям. Что касается изучения особенностей тепломассообмена в ограждающих конструкциях так называемых «исторических» зданий, то, в основном, исследованы уникальные здания с использованием натуральных и математических методов, как описано, например, в [10].

Поскольку особый исторический облик городов сформирован также и жилыми зданиями, то в настоящее время, в связи с неизбежной реконструкцией в направлении повышения энергоэффективности, актуальным становится исследование теплотехнических характеристик ограждающих конструкций данной категории зданий.

Известно, что своеобразный архитектурный облик Санкт-Петербурга во многом определяется жилыми зданиями дореволюционной постройки, так называемыми «доходными домами» [11]. Жилищным комитетом Администрации Санкт-Петербурга принята Региональная программа капитального ремонта многоквартирных жилых домов до 2035 года [12], в которую включено более 3000 жилых зданий дореволюционной постройки. Учитывая, что действующие требования по тепловой защите зданий не распространяются на данную категорию зданий, в программу включены работы по капитальному ремонту систем отопления.

Поскольку особый исторический облик городов сформирован также и жилыми зданиями, то в настоящее время в связи с неизбежной реконструкцией в направлении повышения энергоэффективности актуальным становится исследование теплотехнических характеристик ограждающих конструкций данной категории зданий

Рецензия эксперта на статью получена 12.07.2019 [Expert review on the article received on July 12, 2019].

УДК 697.11. Научная специальность: 05.23.03.

Тепловые характеристики жилых зданий дореволюционной постройки

Георгий А. Рябев, аспирант, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (СПбГАСУ)

В статье представлены результаты анализа лабораторных, натурных и численных исследований теплотехнических характеристик наружных стен из кирпича, производимого на заводе «Громов и К°» в конце XIX и начале XX века. Определены удельные теплозащитные характеристики исследуемых зданий, значения которых в зависимости от этажности составляют от 0,3–0,6 Вт/(м³·К). Получены статистические данные теплопотребления жилых зданий дореволюционной постройки, датированных с 1806 по 1917 годы. Удельные расходы на отопление и вентиляцию доходных домов составляют от 0,5 до 0,92 Вт/(м³·К). Выполнено сравнение тепловых характеристик «доходных домов» с требованиями современных нормативных документов. Выявлено, что данная категория жилых домов может быть отнесена к классам энергосбережения D и E. Полученные данные могут быть использованы при разработке проектов капитального ремонта систем отопления рассматриваемой категории жилых зданий.

Ключевые слова: жилое здание дореволюционной постройки, теплозащитные характеристики, теплопотребление, удельные расходы.

UDC 697.11. The number of scientific specialty: 05.23.03.

Thermal characteristics of the pre-revolutionary construction residential buildings

Georgy A. Ryabev, graduate student, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)

The article presents the results of the laboratory, full-scale and numerical studies analysis of the thermal characteristics of the brick outer walls produced at the plant "Gromov and Co." in the late 19th and early 20th century. The specific heat-protective characteristics of the studied buildings, the values of which, depending on the number of floors are from 0,3–0,45 W/(m³·K), are determined. The statistical data of pre-revolutionary construction residential buildings heat consumption, dating from 1806 to 1917, are received. Specific characteristics for heating and ventilation of apartment buildings are from 0,5 to 0,92 W/(m³·K). The comparison of "apartment houses" thermal characteristics is performed with the requirements of modern regulations. It is revealed that this category of residential buildings can be attributed to the energy saving classes D and E. Data can be used in the development of residential buildings considered category heating systems capital repairs projects.

Key words: pre-revolutionary construction residential buildings, specific heat-protective characteristics, heat consumption, specific comparison.

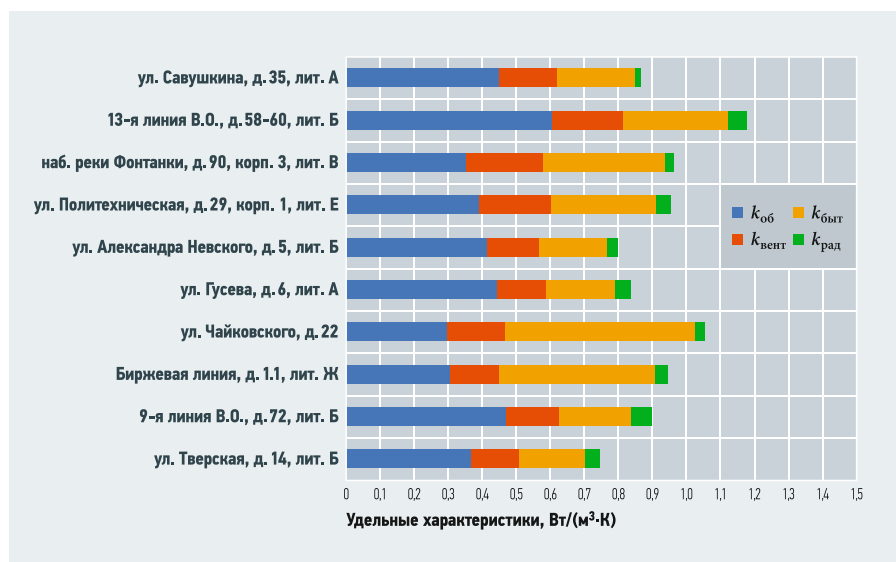


Рис. 1. Удельные характеристики здания: теплозащитная, вентиляционная, бытовых тепловыделений, теплопоступлений от солнечной радиации

Как известно, тепловая нагрузка системы отопления здания определяется на основании теплотехнических характеристик ограждающих конструкций. В работе [13] автором с использованием натурных, лабораторных и численных экспериментов получены коэффициенты теплопроводности кирпича, производимого на заводе «Громов и К°» в конце XIX и начале XX века. Среднее значение коэффициента теплопроводности кирпича в сухом состоянии (средняя плотность 1956 кг/м³) составляет 0,57 Вт/(м·К). Для сравнения можно использовать справочные данные для современного кирпича керамического в сухом состоянии при плотности 1800 кг/м³, для которого коэффициент теплопроводности составляет 0,55 Вт/(м·К). Также определены коэффициенты сопротивления теплопередаче наружных стен из этого кирпича в зависимости от толщины кладки (табл. 1).

На основании данных исследований, а также анализа расчётного и фактического теплопотребления 11 жилых зданий дореволюционной постройки (с 1806 по 1917 годы) за 2017–2018 годы, получены удельные характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию, определённые по формуле (рис. 1):

$$q_{отр} = [k_{об} + k_{вент} - (k_{быт} + k_{рад})\nu\chi] \times (1 - \chi)\beta_n, \quad (1)$$

где $k_{об}$ — удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м³·К); $k_{вент}$ — удельная вентиляционная характеристика здания, учитывающая количество поступающего в здание наружного воздуха за счёт вентиляции и инфильтрации, организацию притока воздуха, характеристики воздухопроницаемости элементов



Коэффициент сопротивления теплопередаче кирпичных стен различной толщины табл. 1

Толщина кладки	Коэффициент сопротивления теплопередаче, м²·К/Вт
2,5 кирпича	1,03
3,0 кирпича	1,19
3,5 кирпича	1,35

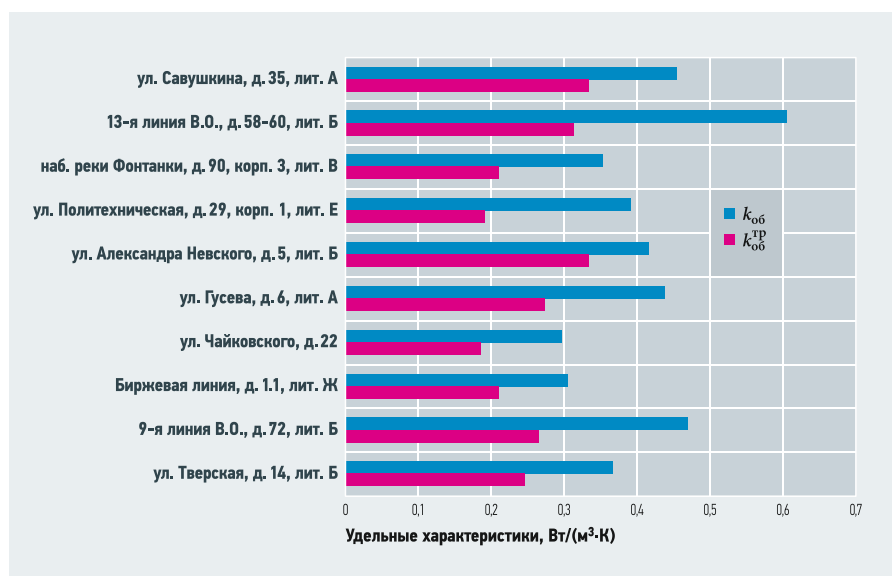


Рис. 2. Сравнение величин удельной теплозащитной характеристики зданий

оболочки здания; $k_{быт}$ — удельная характеристика бытовых тепловыделений; $k_{рад}$ — удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации; ν — коэффициент снижения теплопоступлений за счёт тепловой инерции ограждающих конструкций; χ — коэффициент эффективности авторегулирования подачи теплоты в системах отопления, учитывает тип и оснащение систем теплоснабжения и внутридомового отопления; β_n — коэффициент, учитывающий дополнительное теплопотребление системы отопления в зависимости от показателей системы отопления и геометрических характеристик здания.

Коэффициент снижения теплопоступлений за счёт тепловой инерции ограждающих конструкций определён:

$$\nu = 0,7 + 0,000025(GCOП - 1000), \quad (2)$$

где $GCOП$ — градусо-сутки отопительного периода, °С·сут. [14].

На рис. 2 приведены расчётные $k_{об}$ и требуемые $k_{об}^{тр}$ по современным нормативным документам [15] удельные теплозащитные характеристики зданий. Значения удельной теплозащитной характеристики зданий преимущественно зависят от этажности и составляют 0,3–0,6 Вт/(м³·К). Чем больше этажей, тем ниже величина теплозащитной характеристики — от 0,3–0,45 для четырёх-, пяти- и шестиэтажных зданий до 0,37–0,6 Вт/(м³·К) для двух- и трёхэтажных.

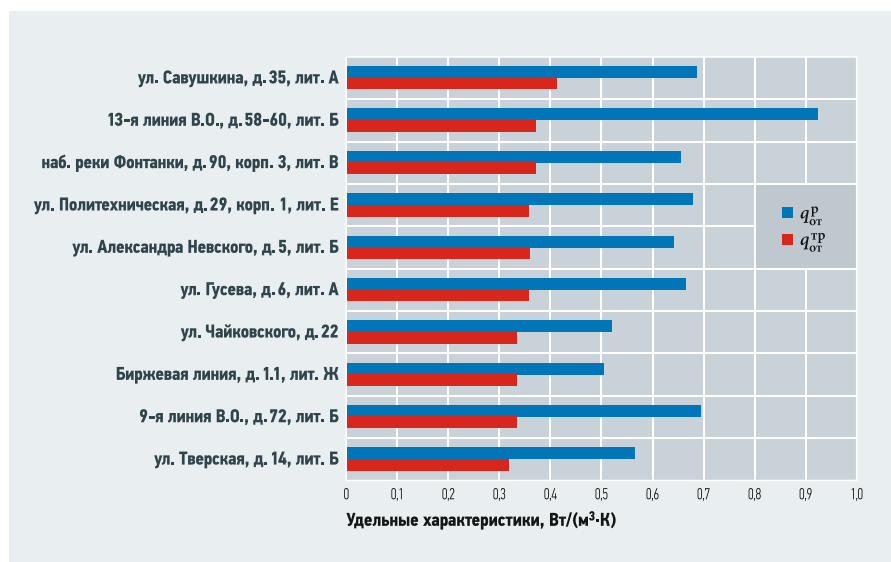


Рис. 3. Сравнение расчётного $q_{от}^p$ и требуемого $q_{от}^т$ (нормативного) значений удельного расхода на отопление и вентиляцию зданий

Сравнение данных для зданий дореволюционной постройки с результатами расчётов по современным нормативным документам показывает существенно более низкие фактические теплозащитные характеристики исследуемых зданий. Однако, поскольку изменить теплозащитные характеристики наружных стен не представляется возможным вследствие исторической уникальности, поставлена задача изучения специфики теплопотребления зданий и установления удельных расходов для данной категории зданий для дальнейшего использования при разработке проектов капитального ремонта систем отопления.

Результаты расчёта удельных расходов на отопление и вентиляцию доходных домов в сравнении с нормативными дан-

ными для современных зданий приведены на рис. 3. Расчётные удельные расходы на отопление и вентиляцию доходных домов составляют от 0,5 до 0,92 Вт/(м³·К). Учитывая современный показатель нормативного значения удельного расхода на отопление и вентиляцию 0,32–0,41 Вт/(м³·К), данные здания можно было бы отнести к классам энергосбережения D и E.

Сравнение данных для зданий дореволюционной постройки с результатами расчётов по современным нормативным документам показывает существенно более низкие фактические теплозащитные характеристики исследуемых зданий



Заключение

Здания «доходных домов» представляют собой особую категорию объектов, определяющих своеобразный архитектурный облик Санкт-Петербурга. Результаты исследований показывают, что значения удельной теплозащитной характеристики зданий составляют 0,3–0,6 Вт/(м³·К), что не соответствует современным требованиям вследствие низких теплозащитных характеристик отдельных элементов оболочки. Расчётные удельные расходы на отопление и вентиляцию доходных домов составляют от 0,5 до 0,92 Вт/(м³·К), что существенно превышает современный показатель нормативного значения удельного расхода на отопление и вентиляцию подобных зданий 0,32–0,41 Вт/(м³·К). Жилые здания дореволюционной постройки можно отнести к классам энергосбережения D и E.

1. Богословский В.Н. Тепловой режим здания. — М.: Стройиздат, 1979. 248 с.
2. Гагарин В.Г. О нормировании тепловой защиты зданий в странах с холодным климатом / Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции: Сб. докл. VI Межд. науч.-техн. конф. (НИУ МГСУ, 25–27 ноября, 2015) / Под общ. ред. Л.М. Махова. Мин-во образования и науки РФ, МГСУ. — М.: МГСУ, 2015. С. 21–29.
3. Дацюк Т.А., Дерюгин В.В., Леонтьева Ю.Н. Совершенствование принципов расчёта систем обеспечения микроклимата зданий // Известия вузов: Строительство, 2002. №8. С. 67–73.
4. Кувшинов Ю.Я. Энергосбережение в системе обеспечения микроклимата зданий. — М.: Изд-во АСВ, 2010. 320 с.
5. Малявина Е.Г. Теплопотери здания: Справ. пособ. Изд. 2-е, испр. и доп. — М.: АВОК-Пресс, 2011. 144 с.
6. Перехоженцев А.Г. Нормирование сопротивления теплопередаче наружных ограждений зданий по условию теплового комфорта в помещении // Вестник МГСУ, 2016. №2. С. 112–116.
7. Позин Г.М., Буянов В.И. Закономерности циркуляции воздушных потоков в вентилируемых помещениях с тепловыделениями / Проблемы охраны труда и их решение: Сб. науч. работ ин-тов охраны труда ВЦСПС. — М.: Профиздат, 1989. С. 63–68.
8. Pukhkal V., Tanić M., Vatin N., Murgul V. Studying humidity conditions in the design of building envelopes of "passive house" (in the case of Serbia). Procedia Engineering. 2015. Vol. 117. Pp. 859–864.
9. Табунщиков Ю.А., Бродяч М.М., Шилкин Н.В. Энергоэффективные здания. — М.: АВОК-Пресс, 2003. 100 с.
10. Claude S., Ginestet S., Bonhomme M., Escadeillas G., Taylor J., Marincioni V., Korolija I., Altamirano H. Evaluating retrofit options in a historical city center: Relevance of bio-based insulation and the need to consider complex urban form in decision-making. Energy & Buildings. 2019. Vol. 182. Pp. 196–204.
11. Инчик В.В. Кирпичный наряд Невского проспекта. — СПб.: Изд-во «Печатный двор Ульяновско», 2016. 180 с.
12. Жилищный кодекс РФ. Фед. закон от 29.12.2004 №188-ФЗ (ред. от 29.05.2019, с изм. и доп., вступ. в силу с 09.06.2019). Ст. 166: Капитальный ремонт общего имущества в многоквартирном доме.
13. Рябев Г.А. Определение фактического коэффициента теплопроводности кирпичных зданий дореволюционной постройки // Вестник гражданских инженеров, 2019. №1. С. 132–137.
14. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуал. ред. СНиП 23-01-99*. — М.: Стандартинформ, 2013. 120 с.
15. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуал. ред. СНиП 23-02-2003. — М.: Минрегион России, 2013. 95 с.

References — see page 95.

Thermal characteristics of the pre-revolutionary construction residential buildings. Pp. 80–82.

Georgy A. Ryabev, graduate student, St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (SPbGASU)

1. Bogoslovskij V.N. *Teplovoj režim zdaniya* [Thermal regime of the building]. Moscow. *Stroizdat* [Publishing House of literature on the construction and architecture of the USSR ("Stroizdat" Publishers)]. 1979. 248 p. [In Russian]
2. Gagarin V.G. *O normirovanii teplovoj zashchity zdaniy v stranah s holodnym klimatom* [About the regulation of thermal protection of buildings in countries with a cold climate]. *Teoreticheskie osnovy teplogazosnabzheniya i ventiljacii: Sb. dokl. YI Mezhd. nauch.-tehn. konf. (NIU MGSU, 25–27 nojabrja, 2015) / Pod obshh. red. L.M. Mahova. Min-vo obrazovanija i nauki RF, MGSU* [Theoretical foundations of heat supply and ventilation: Coll. vol. of reports of the YI International Scientific and Technical Conference (NRU MGSU, November 25–27, 2015). Edited by L.M. Makhov. Ministry of Education and Science of the Russian Federation, NRU MGSU]. Moscow. *NIU MGSU* [National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)]. 2015. Pp. 21–29. [In Russian]
3. Dacjuk T.A., Derjugin V.V., Leont'eva Ju.N. *Sovershenstvovanie principov rascheta sistem obespechenija mikroklimata zdaniy* [Improving the principles of calculating the microclimate support systems for buildings]. *Izvestija vuzov: Stroitel'stvo* [Proc. of Higher Educational Institutions. Series: Construction]. 2002. No. 8. Pp. 67–73. [In Russian]
4. Kuvshinov Ju.Ja. *Jenergosberezhenie v sisteme obespechenija mikroklimata zdaniy* [Energy saving in the microclimate maintenance system for buildings]. Moscow. *Izd-vo ASV* [Publishing House of the Association of Construction Universities]. 2010. 320 p. [In Russian]
5. Maljavina E.G. *Teplopoteri zdaniya: sprav. posob.* [Building heat loss: A reference guide]. 2nd edition, rev. and exp. Moscow. *AVOK-Press* ["ABOK-Press" Publishers]. 2011. 144 p.
6. Perehzhencev A.G. *Normirovanie soprotivlenija teploperedache naruzhnyh ograzhdenij zdaniy po usloviyu teplovogo komforta v pomeschenii* [Rationing resistance to heat transfer of external fences of buildings according to the condition of thermal comfort in the room]. *Vestnik MGSU* [Bulletin of the National Research University Moscow State of Civil Engineering (NRU MGSU)]. 2016. No. 2. Pp. 112–116. [In Russian]
7. Pozin G.M., Bujanov V.I. *Zakonomernosti cirkuljacii vozdušnyh potokov v ventiliruemym pomeschenijah s teplovydelenijami* [Regularities of air circulation in ventilated rooms with heat generation]. *Problemy ohrany truda i ih reshenie: Sb. nauch. rabot in-tov ohrany truda VCSPS* [Problems of labor protection and their solution: Coll. vol. of scientific works of labor protection institutes of the All-Union Central Council of Trade Unions]. Moscow. *Profizdat* ["Profizdat" Publishers]. 1989. Pp. 63–68. [In Russian]
8. Pukhkal V., Tanić M., Vatin N., Murgul V. Studying humidity conditions in the design of building envelopes of "passive house" (in the case of Serbia). *Procedia Engineering*. 2015. Vol. 117. Pp. 859–864.
9. Tabunshnikov Ju.A., Brodach M.M., Shilkin N.V. *Jenergoeffektivnye zdaniya* [Energy efficient buildings]. Moscow. *AVOK-Press* ["ABOK-Press" Publishers]. 2003. 100 p. [In Russian]
10. Claude S., Ginetet S., Bonhomme M., Escadeillas G., Taylor J., Marincioni V., Korolija I., Altamirano H. Evaluating retrofit options in a historical city center: Relevance of bio-based insulation and the need to consider complex urban form in decision-making. *Energy & Buildings*. 2019. Vol. 182. Pp. 196–204.
11. Inchik V.V. *Kirpichnyj naryad Nevskogo prospekta* [Brick outfit Nevsky Prospect]. St. Petersburg. *Izd-vo "Pechatnyj dvor Ul'janovsk"* ["Ulyanovsk Printing House" Publishers]. 2016. 180 p. [In Russian]
12. *Zhilishhnyj kodeks RF. Fed. zakon ot 29.12.2004 №188-FZ (red. ot 29.05.2019, s izm. i dop., vstup. v silu s 09.06.2019). St. 166. Kapital'nyj remont obshhego imushchestva v mnogokvartirnom dome* [Housing Code of the Russian Federation. The Federal Law of Russia of December 29, 2004 No. 188-FL (rev. from May 29, 2019, with amendments and additions, entered into force on June 9, 2019). The Act No. 166: Overhaul of common property in an apartment building]. [In Russian]
13. Ryabev G.A. *Opredelenie fakticheskogo koeficienta teploprovodnosti kirpichej zdaniy dorevoljucionnoj postrojki* [Determination of the actual thermal conductivity of bricks of buildings of pre-revolutionary construction]. *Vestnik grazhdanskix inzhenerov* [Bulletin of civil engineers]. 2019. No. 1. Pp. 132–137. [In Russian]
14. *SP [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No.] 131.13330.2012. Stroitel'naja klimatologija. Aktual. red. SNiP* [Construction climatology. Updated version of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No.] 23-01–99*. Moscow. *Standartinform* [Federal State Unitary Enterprise "Russian Scientific-Technical Information Centre for Standardization, Metrology And Conformity Assessment" ("Standartinform" Publishers)]. 2013. 120 p. [In Russian]
15. *SP [The Code of Practice on Design and Construction (The Code of Practice) No.] 50.13330.2012. Teplovaja zashchita zdaniy. Aktual. red. SNiP* [Thermal protection of buildings. Updated version of Building Norms & Regulations (National Codes and Standards of Russia) No.] 23-02–2003. Moscow. *Minregion Rossii* [Ministry of Regional Development of Russia]. 2013. 95 p. [In Russian]