ОБЩИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА. УНИФИКАЦИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

УДК 699.86

DOI: 10.22227/1997-0935.2017.7.741-746

ВЛИЯНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ ФАКТОРОВ НА ТРЕБУЕМЫЙ УРОВЕНЬ ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЫ НАРУЖНЫХ СТЕН ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ

А.И. Ананьев, А.Г. Рымаров*, Е.В. Войтович*, А.П. Латушкин*

*Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры
и строительных наук (НИИСФ РААСН), 127238, г. Москва, Локомотивный пр., д. 21;*

**Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет
(НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26*

АННОТАЦИЯ. Проанализированы требования к уровню тепловой защиты наружных стен зданий. Показана их зависимость от социальных условий в стране. Получены сравнительные данные по площади теплоотдающих поверхностей наружных стен, окон и теплопотерь, приходящихся на одного человека, при различной плотности заселения квартир. Описаны зарубежный опыт и причины перехода на строительство зданий с повышенным уровнем тепловой защиты наружных стен. Получены сравнительные данные площади теплоотдающих поверхностей наружных стен, окон и теплопотерь, приходящихся на одного человека, при различной плотности заселения квартир. Поскольку производство холода в три-пять раз дороже производства теплоты, в большинстве зданий был сделан также переход с естественной вентиляции на регулируемую и механическую с обеспечением утилизации теплоты вытяжного воздуха. Предложено решать проблему энергосбережения в строительстве и ЖКХ с обеспечением долговечности наружных стен и затрат на текущий и капитальный ремонты, обеспечивающих прогнозируемый срок службы здания.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сопротивление теплопередаче, воздухопроницаемость, долговечность, трехслойные стены, пенополистирол, минеральная вата

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Ананьев А.И., Рымаров А.Г., Войтович Е.В., Латушкин А.П. Влияние социальных факторов на требуемый уровень тепловой защиты наружных стен жилых зданий // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 7 (106). С. 741–746. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.7.741-746

EFFECTS OF SOCIAL FACTORS ON A DESIRED LEVEL OF THERMAL PROTECTION OF OUTER WALLS OF RESIDENTIAL BUILDINGS

A.I. Anan'ev, A.G. Rymarov*, E.V. Voitovich*, A.P. Latushkin*

*Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences
(NIISF RASN), 21 Lokomotivnyy proezd, 127238, Moscow, Russian Federation;*

**Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU),
26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation*

ABSTRACT. The requirements to a desired level of thermal protection of outer walls of buildings have been analysed. The relation between such requirements and social factors of a country was shown. Comparison data regarding heat releasing surface area of outer walls and windows and heat losses per person have been received for variable residential density of apartments. The authors have shown international practices and the needs for transition to construction of buildings with a higher level of thermal protection of outer walls. Since cold generation is 3–5 times as expensive as heat generation for many buildings, the transition was made from ventilation of the naturally driven type to controlled and mechanical one providing heat recovery of exhaust air. It was suggested that problem of energy-saving in the sector of construction and housing and communal services could be solved providing a desired life of outer walls and costs of current and major repairs required for projected lifetime of a building.

KEY WORDS: heat transmission resistance, air permeance, lifetime, sandwich walls, foam polystyrene, silicate wool

FOR CITATION: Anan'ev A.I., Rymarov A.G., Voitovich E.V., Latushkin A.P. Vliyanie sotsial'nykh faktorov na trebuemyy uroven' teplovo y zashchity naruzhnykh sten zhilykh zdaniy [Effects of Social Factors on a Desired Level of Thermal Protection of Outer Walls of Residential Buildings]. Vestnik MGSU [Proceedings of Moscow State University of Civil Engineering]. 2017, vol. 12, issue 7 (106), pp. 741–746. DOI: 10.22227/1997-0935.2017.7.741-746

Основным нормативным документом, используемым для решения проблемы энергосбережения в строительстве и эксплуатации зданий, является свод правил СП 50.13330.20¹. Изначальной базой для создания действующего нормативного документа послужил СНиП² 1962 г. и его обновленные редакции 1971, 1979, 1982 и 1986 гг. В каждую новую редакцию были внесены добавления и изменения, отражавшие конструктивные особенности наружных стен нового типа зданий. Неизменным оставался принцип нормирования требуемого сопротивления теплопередаче наружных стен $R_0^{\text{тр}}$ по санитарно-гигиеническим условиям, соответствующим средней температуре наружного воздуха холодной зимней пятидневки, трехдневки или суток в зависимости от массивности. При этом не учитывалось влияние теплопроводных включений на значение $R_0^{\text{тр}}$ и не допускалось образование конденсата на внутренней поверхности, например, для климатических условий г. Москвы значение $R_0^{\text{тр}}$ для массивных стен составляло 0,84 (м²·°C)/Вт, для средней массивности — 0,9 (м²·°C)/Вт. Такой уровень теплозащитных качеств обеспечивался применением керамического полнотелого кирпича при толщине стены 0,51 и 0,64 м, являвшегося в то время основным материалом в городском строительстве жилых зданий. Значение $R_0^{\text{тр}}$ наружных стен не связывали с общими энергозатратами на отопление здания, расходуемого за отопительный период. Решение этой проблемы, а также расчет мощности отопительной системы и подбор теплоотдающей способности отопительных приборов описывались в СНиП «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха»³. При этом учитывались теплота от солнечной радиации, бытовые тепловыделения, расход теплоты на вентиляцию и кондиционирование воздуха. Допускаемое количество теплоты, проходящей через наружные ограждения, задавалось требуемым уровнем теплозащитных свойств, определяемым по теплотехническому СНиП. Разделение нормирования уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций зданий от обеспечения микроклимата в помещении, системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха было обусловлено различием в плановых нормативных межкапитальных ремонтных сроках. Для наружных стен из облегченных кладок он составляет 35 лет, для сплошных кирпичных или железобетонных панельных — 50 лет. Межремонтный срок для сантехнического оборудования установлен равным 5–12 лет, для замены системы отопления — 20 лет. Несмотря на более частую повторяемость

капитальных сантехнических ремонтов по сравнению с ремонтом стен, они дешевле и проводятся в более короткие сроки. Капитальный ремонт наружных жилых стен зданий выполняется с устройством на фасаде строительных лесов или использованием подвесных люлек. Для многоэтажных зданий привлекаются промышленные альпинисты. При значительном износе наружных стен и, тем более, при совмещении с реконструкцией здания или с изменением планировочного решения помещений работы в целях безопасности выполняются при временном выселении жильцов в специально создаваемый переселенческий жилой фонд или в новые дома на постоянное жительство. Существенное различие в материальных и трудовых затратах, а также во времени на ремонт, вопросы повышения долговечности наружных стен и увеличение межкапитальных ремонтных сроков в климатических условиях России всегда считались первостепенными. Другой причиной, не дающей требуемый уровень тепловой защиты наружных стен ставить в зависимость от энергетической системы зданий, является высокая плотность заселения квартир в жилых домах, составлявшая до 1960 г. 3...5 м² на одного человека. Причиной послужило уплотнение заселения городского жилищного фонда: первое произошло в послереволюционное, второе — послевоенное время 1945–1955 гг. В трехкомнатной квартире на 50...55 м² жилой площади, как правило, проживало три семьи, каждая численностью по три-четыре человека. Стирку и сушку белья осуществляли на кухне, большое количество бытовой теплоты и недостаток чистого воздуха требовали дополнительной вентиляции помещений через форточки, а иногда и через приоткрытые створки окон. При таких условиях проживания бытовые тепловыделения, удаляемые из помещений с чрезмерно загрязненным воздухом, исключали возможность ставить вопросы об экономии энергозатрат на отопление. Поэтому в действовавших в то время нормах на проектирование зданий бытовое тепло не учитывалось в расчете удельных энергозатрат. В дома подавали от ТЭЦ или котельных столько теплоты, сколько требовалось проживающим не только для поддержания расчетной температуры воздуха, равной 18 °C, но и для компенсации теплоты, уходящей с загрязненным воздухом при проветривании. Кратность воздухообмена в помещениях значительно превышала проектное значение. Существующий эксплуатационный режим приводил к увеличению удельных энергозатрат. Таким образом, чистоту воздуха в помещениях, содержание кислорода и необходимую кратность воздухообмена жильцы обеспечивали самостоятельно, а расчетную температуру воздуха, равную 18 °C, при этих условиях поддерживали ТЭЦ и котельные отпуском теплоты в помещения. К этому периоду относится появление выражения «отапливать улицу». Но эта фраза

¹ СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.

² СНиП II-A.7-62. Строительная теплотехника. Нормы проектирования.

³ СП 60.13330.2012 СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха

никак не указывала на бесхозяйственность, такой режим отопления был обусловлен необходимостью. При сложившихся условиях эксплуатации нецелесообразно было устанавливать тепловые счетчики не только в квартирах, но даже на входах в дома и, тем более, ставить вопрос о повышении уровня теплозащитных качеств наружных стен с целью снижения энергозатрат на отопления зданий. Этот отопительный период зафиксирован со спутника земли. Съемки показывают, что наши города, находящиеся в одинаковых наружных температурных условиях с зарубежными городами, отличаются более ярким красным цветом. Основная причина различия обусловлена тем, что мы на равнозначной площади отапливали в три-четыре раза больше проживающего населения, и поэтому почти во столько раз больше приходилось тратить теплоты на вентиляцию помещений для поддержания здоровья граждан.

До 1957 г. улучшали жилищные условия только тем семьям (очередникам), в которых на одного человека приходилось менее 4 м^2 . В новых домах им предоставляли жилье по норме $6...7 \text{ м}^2$ на человека. С 1960 г. норма увеличилась до 9 м^2 , а с 1967 — до 12 м^2 . Вместе с тем средняя плотность заселения в целом по стране с учетом старого жилого фонда до 1995–2000 гг. оставалась очень низкой по сравнению с зарубежными европейскими странами.

Что касается зависимости теплопотерь через наружные ограждения от снижения плотности заселения квартир, то, как показали выполненные натурные исследования, они не изменяются [1]. Но при этом значительно снижаются теплопотери через наружные ограждения в расчете на одного проживающего человека. На одного человека в комнате площадью 20 м^2 приходится $12,9 \text{ м}^2$ теплоотдающей поверхностей наружных стен и $5,8 \text{ м}^2$ окон; при проживании в 20-метровой комнате трех человек количество теплоотдающих поверхностей наружных поверхностей снижается соответственно до 4,3 и $1,93 \text{ м}^2$. При этом увеличиваются бытовые тепловыделения и загрязнение воздуха, что требует дополнительной вентиляции, приводящей к значительному увеличению теплопотерь. Снижение непроизводительного расхода теплоты повышением сопротивления теплопередаче наружных ограждений не приводит в данном случае к положительному результату.

Увеличение жилой площади на одного человека до $40...60 \text{ м}^2$, произошедшее в настоящее время, увеличивает теплоотдающую площадь наружных стен до $20...27 \text{ м}^2$, а окон — $8...12 \text{ м}^2$. Бытовое тепло, создаваемое семьей из двух-трех человек в квартире площадью $100...150 \text{ м}^2$, почти не оказывает влияния на снижение теплопотерь через увеличенные площади наружных ограждающих конструкций. Поэтому практически при расчетах удельных теплопотерь зданий с низкой плотностью заселения бытовое тепло не нужно учитывать. В ма-

лозаселенных квартирах особого решения требует создание вентиляционного режима. Действующие нормы ($3 \text{ м}^3/\text{ч}$ удаляемого воздуха на 1 м^2 жилых помещений и кухонь) для таких зданий должны быть пересмотрены в сторону снижения в три-пять раз. Для поддержания чистоты воздуха в помещениях необходимо использовать локально действующую автоматическую вентиляцию. Сниженные энергозатраты на вентиляцию, электроснабжение помещений, непостоянное проживание повышают долю наружных стен в общих теплопотерях здания. Перечисленные особенности малоаселенных современных жилых домов, на первый взгляд, создают благоприятные условия для повышения уровня теплозащиты наружных стен по сравнению с действующими нормативами. Поскольку такое решение входит в противоречие с требованиями повышать долговечность наружных стен и увеличивать межкапитальные ремонтные сроки, то необходимо от этого отказаться.

В 1970 г. ведущие сотрудники НИИСФ по заданию Госстроя СССР выполнили работу по энергетической оценке эксплуатируемых зданий и пришли к выводу, что в зданиях с естественной вентиляцией (преобладавшей в нашей стране), проектируемых по холодному периоду года, при повышенной плотности заселения квартир нецелесообразно сопротивление теплопередаче наружных стен устанавливать выше требуемых санитарно-гигиенических условий. Было рекомендовано в первую очередь улучшать качество выпускаемых деревянных окон с целью снижения их воздухопроницаемости и уменьшить площадь остекления в наружных стенах зданий, с этой же целью повысить герметизацию стыков в панельных зданиях. Предлагалось снести малоэтажные дома со сплошным наружным остеклением и запретить строить новые, с чем был приостановлен выпуск керамических стеновых камней с крупными пустотами, приводившие к перерасходу цемента на $30...40 \%$ при возведении стен и повышенной воздухопроницаемости. В эксплуатируемых и строящихся зданиях для учета расхода тепловой энергии было предложено в обязательном порядке на входах в дома устанавливать тепломеры [2]. Целесообразность такого подхода к решению проблемы энергосбережения в нашей стране в 1965–1969 гг. подтверждается результатами исследований профессора В.Н. Богословского [3]. Он предложил на стадии проектирования производить теплотехническую оценку конструктивно-планировочного решения здания по удельной тепловой характеристике $q_0 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$, учитывающей теплопотери только через наружные ограждения. Им было установлено, что увеличение теплоизоляции наружных стен выше сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{тр}}$, принятого по санитарно-гигиеническим условиям, незначительно улучшает удельную тепловую характеристику здания. При снижении теплоизоляционных

свойств стен за пределы, установленные санитарно-гигиеническими нормами, удельная тепловая характеристика здания q_0 начинает быстро возрастать, т.е. ухудшаться. После этого было принято решение требуемый уровень тепловой защиты наружных стен определять на основе экономических расчетов. Для этого в СНиП II-A.7-71⁴ был введен раздел о сопротивлении теплопередаче ограждающих конструкций из экономических условий $R_0^{\text{эк}}$. Получаемый в результате расчетов широкий разброс значений $R_0^{\text{эк}}$ для трехслойных стен привел к неоднократным корректировкам метода расчета, которые отражены в СНиП 1979, 1982, 1986 гг. И все же метод оставался несовершенным, его было трудно связать с действующей дотационной системой. Поэтому он не использовался проектировщиками. К изучению нормирования по $R_0^{\text{эк}}$ пришлось вернуться, но значительно позже [4–8].

В 1986 г. ограничились введением поправочных коэффициентов $\tau_{\text{эф}}$ в формуле (1) из СНиП II-3-79⁵, позволивших приравнять по теплопотерям трехслойные наружные стены и панели к сплошным кирпичным стенам, толщиной 2,5 кирпича (640 мм) при десятипроцентном общем повышении $R_0^{\text{тр}}$. Для однородных стен из штучных материалов, к которым относили и кирпичи а также однослойных из бетонов на пористых заполнителях был введен повышающий коэффициент $r_{\text{эф}} = 1,1$, что обеспечивало $R_0^{\text{тр}} = 1,08 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$; для однослойных из ячеистых бетонов после введения $r_{\text{эф}} = 1,3$ значение $R_0^{\text{тр}}$ стало составлять $1,27 \text{ °C/Вт}$; для многослойных с утеплителем на основе минеральных волокон и из вспененных пенопластов введение $r_{\text{эф}} = 1,8$ увеличило $R_0^{\text{тр}}$ с 0,98 до $1,76 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$; для стен с облицовками из листовых материалов значение $R_0^{\text{тр}}$ было повышено до $1,96 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$. Практически восстановлен подход к нормированию требуемого уровня тепловой защиты слоистых и облегченных стен, применявшийся с 1949 по 1961 г., в соответствии с требованиями ВТУ–104-49⁶.

Полученные значения $R_0^{\text{тр}}$, учитывающие влияние неоднородности применяемых материалов и теплопроводных включений, и было решено считать приведенным сопротивлением теплопередачи $R_0^{\text{тр}}$. Эти данные стали использовать при проектировании зданий. К сожалению, при введении повышающих коэффициентов $r_{\text{эф}}$ на увеличение $R_0^{\text{тр}}$ наружных стен из-за эффективных материалов было проигнорировано очень важное требование ВТУ–104-49, обязывающее обеспечить их сопротивление воздухопроницанию соответствующим кирпичной

сплошной стене из полнотелого кирпича толщиной в два с половиной кирпича, оштукатуренной с одной стороны. Проведенные испытания на воздухопроницаемость приводили к необходимости увеличения $R_0^{\text{тр}}$ слоистых стен с эффективными утеплителями еще на 20...30 % [9–12].

В 1992–1995 гг. сотрудники НИИСФ после изучения зарубежного опыта отмечали большое отставание нашей страны в решении проблемы энергосбережения в строительстве и ЖКХ. В зарубежных странах с 1970 по 1986 гг. велась активная работа, направленная на снижение энергозатрат при эксплуатации зданий. Этот период у них совпал с успешным освоением производства пенополистирольных и минераловатных утеплителей. Реализация этих материалов проводилась по доступным для населения ценам, данные по их долговечности на том этапе отсутствовали. Это создавало условия принимать толщину теплоизоляционного слоя в стенах с некоторым запасом. Кроме того, в массовом порядке стало применяться кондиционирование воздуха в помещениях в летний и весенний периоды года. Поскольку производство холода в три-пять раз дороже производства теплоты, в большинстве зданий был сделан также переход с естественной вентиляции на регулируемую и механическую с обеспечением утилизации теплоты вытяжного воздуха. Одновременно улучшили герметизацию окон.

Большое значение имела низкая плотность заселения квартир. В европейских странах и в США на одного человека приходилось 25...30 м² жилой площади. Это приводит к значительному снижению бытового тепла, являющегося частью в расчетных общих теплопоступлениях для отопления. При этом увеличивается количество теплоотдающих поверхностей наружных стен и окон, приходящихся на одного человека: в три-четыре раза больше по сравнению с данными нашей страны, имевшей в те годы среднюю площадь жилья на одного человека, не превышавшую 8 м². Отмеченные факторы вполне обоснованно привели иностранцев к необходимости повышения и уровня тепловой защиты наружных стен. Но он варьируется в зависимости от использования энергосберегающих мероприятий и назначения помещений, серьезное внимание придается качеству работ и долговечности возводимых стен. Необходимо отметить, что в зарубежных странах основную роль в повышении значения R_0 наружных ограждающих конструкций зданий сыграл намечавшийся значительный рост цен на энергоносители.

Формальный подход наших специалистов к ознакомлению с зарубежными нормами по тепловой защите наружных стен, без учета причины их отличия от отечественных, привели их к неправильным выводам. После этого в печати появились утверждения, что в нашей стране расходуется в 2–2,5 раза

⁴ СНиП II-A.7-71. Строительная теплотехника. Нормы проектирования.

⁵ СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника (с Изменениями № 1-4).

⁶ ВТУ–104-49. Временные технические условия на проектирование отопления и вентиляции многоэтажных зданий в г. Москве.

больше энергоносителей на отопление зданий, чем в европейских, находящихся почти в таких же климатических условиях. Объясняли это слишком низкими теплозащитными свойствами наружных стен. На самом деле основная причина заключалась в том, что в нашей стране на равнозначной площади отапливали в три-четыре раза больше проживающего населения, и почти во столько же раз больше приходилось тратить теплоты на усиленную вентиляцию помещений с целью обеспечения требуемой чистоты воздуха для поддержания здоровья граждан. Появление таких публикаций в печати послужило толчком к введению изменений № 3 в СНиП II-3-79*, повысившими значение $R_{\text{тп}_0}$ наружных стен жилых зданий с естественной вентиляцией более чем в три раза по отношению к уровню, действовавшему до 1995 г. Гарантировалось, что такое повышение значения $R_{\text{тп}_0}$ стен приведет к снижению расхода теплоты на отопление зданий с естественной вентиляцией на 40 %. Физически это было недостижимо.

Прошедшие 20 лет после введения изменений № 3 СНиП II-3-79* показали ошибочность и несостоятельность такого подхода к решению проблемы

энергосбережения в строительстве и ЖКХ. Практика эксплуатации построенных зданий с повышенным уровнем тепловой защиты наружных стен не подтвердила обещанную экономию энергоносителей на 40 % [2, 10]. Изменившиеся социальные условия в нашей стране и резкое снижение цен на мировом рынке на энергоносители до 30–25 долларов за баррель обусловили необходимость пересмотра действующего требуемого уровня тепловой защиты наружных ограждающих конструкций зданий.

Социальные условия, цены на энергоносители и стоимость оплаты труда могут во времени изменяться, долговечность ограждающих конструкций и ее поддержание текущими и капитальными ремонтами на этапе прогнозируемого срока службы здания с целью обеспечения безопасного проживания граждан являются стабильными во времени. Поэтому проблема энергосбережения в строительстве и ЖКХ должна решаться комплексно с обеспечением прогнозируемой долговечности здания и его конструктивных элементов с учетом предстоящих затрат на текущие и капитальные ремонты при эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лобов О.И., Ананьев А.И., Кувшинов Ю.Я. Приведение нормирования теплозащитных качеств наружных стен зданий в соответствие с Федеральным законом «О техническом регулировании» // РосТепло.ру — все о теплоснабжении в России. Режим доступа: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2090.
2. Горшков А.С., Ливчак В.И. История, эволюция и развитие нормативных требований к ограждающим конструкциям // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 3 (30). С. 7–37.
3. Богословский В.Н. Строительная теплофизика: 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высш. шк., 1982. 415 с.
4. Гагарин В.Г. Методы экономического анализа повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий: ч. 1–3 // АВОО: Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика. 2009. № 1. С. 10–17; № 2. С. 14–23; № 3. С. 62–68.
5. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Количественная оценка энергоэффективности энергосберегающих мероприятий // Строительные материалы. 2013. № 6. С. 7–9.
6. Ковалев И.Н. Рациональные решения при экономическом обосновании теплозащиты зданий // Энергосбережение. 2014. № 8. С. 14–19.
7. Прохоров В.И. Эксплуатационные затраты тепловой энергии // Сантехника, отопление, кондиционирование. 2012. № 11 (131). С. 54–57.
8. Береговой А.М., Дерина М.А., Петрянина Л.Н. Техно-экономическая эффективность энергосберегающих решений в архитектурно-строительном проектировании // Региональная архитектура и строительство. 2015. № 2 (23). С. 144–148.
9. Шубин И.Л., Ананьев А.И. Теплозащитные свойства и воздухопроницаемость керамических блоков Изотерекс в кладке стены // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 3. С. 57–59.
10. Ананьев А.И., Лобов О.И. К вопросу нормирования теплозащиты наружных стен зданий // Градостроительство. 2013. № 5 (27). С. 66–68.
11. Крайнов Д.В. Моделирование и оценка интегрального влияния влагосодержания, воздухопроницаемости и конструктивных особенностей ограждений на энергопотребление зданий: дисс. ... канд. техн. наук. Казань, 2013. 216 с.
12. Малявина Е.Г. Теплотери здания: 2-е изд., испр. М.: АВОО-Пресс, 2011. 144 с.

Поступила в редакцию в декабре 2016 г.

Принята в доработанном виде в мае 2017 г.

Одобрена для публикации в июне 2017 г.

Об авторах: **Ананьев Алексей Иванович** — доктор технических наук, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский институт строительной физики российской Академии архитектуры и строительных наук (НИИСФ РААСН), 127238, г. Москва, Локомотивный пр., д. 21, tus1995@mail.ru;

Рымаров Андрей Георгиевич — кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, tus1995@mail.ru;

Войтович Елена Валерьевна — кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, e.voitovich@mail.ru;

Латушкин Алексей Петрович — старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения и вентиляции, **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26, e.voitovich@mail.ru.

REFERENCES

1. Lobov O.I., Ananov A.I., Kuvshinov Yu.Ya. Privedenie normirovaniya teplozashchitnykh kachestv naruzhnykh sten zdaniy v sootvetstvie s Federal'nym zakonom «O tekhnicheskoy regulirovani» [Bringing of the Heat-Protective Qualities Estimation of the Buildings Exterior Walls in Line with the Federal Law "On Technical Regulation"]. *RosTeplo.ru* — vse o teplosnabzhenii v Rossii [RosTeplo.ru — Everything about the Heat Supply in Russia]. Available at: http://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2090. (In Russian)
2. Gorshkov A.S., Livchak V.I. Istoriya, evolyutsiya i razvitiye normativnykh trebovaniy k ograzhdayushchim konstruktsiyam [History, Evolution and Development of Regulatory Requirements for the Enclosing Structures]. *Stroitel'stvo unikal'nykh zdaniy i sooruzheniy* [Construction of Unique Buildings and Structures]. 2015, no. 3 (30), pp. 7–37. (In Russian)
3. Bogoslovskiy V.N. *Stroitel'naya teplofizika* [Construction Thermophysics]. 2nd ed., revised and enlarged. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1982, 415 p. (In Russian)
4. Gagarin V.G. Metody ekonomicheskogo analiza povysheniya urovnya teplozashchity ograzhdayushchikh konstruktsiy zdaniy: chast' 1–3 [Methods for Economic Analysis of Increasing the Level of Thermal Protection of Building Envelopes: parts 1–3]. *AVOK: Ventilyatsiya, otoplenie, konditsionirovanie vozdukh, teplosnabzhenie i stroitel'naya teplofizika* [AVOK: Ventilation, Heating, Air Conditioning, Heat Supply and Construction Thermal Physics]. 2009, no. 1, pp. 10–17; no. 2, pp. 14–23; no. 3, pp. 62–68. (In Russian)
5. Gagarin V.G., Pastushkov P.P. Kolichestvennaya otsenka energoefektivnosti energosberegayushchikh meropriyatiy [Quantitative Assessment of Energy-Saving Measures Energy Efficiency]. *Stroitel'nye materialy* [Construction Materials]. 2013, no. 6, pp. 7–9. (In Russian)
6. Kovalev I.N. Ratsional'nye resheniya pri ekonomicheskom obosnovanii teplozashchity zdaniy [Rational Solutions for the Economic Justification of Building Heat Protection]. *Energoberezhenie* [Energy Saving]. 2014, no. 8, pp. 14–19. (In Russian)
7. Prokhorov V.I. Ekspluatatsionnye zatraty teplovoy energii [Operational Costs of Heat Energy]. *Santekhnika, otoplenie, konditsionirovanie* [Sanitary Engineering, Heating, Air Conditioning]. 2012, no. 11 (131), pp. 54–57. (In Russian)
8. Beregovoy A.M., Derina M.A., Petryanina L.N. Tekhniko-ekonomicheskaya effektivnost' energosberegayushchikh resheniy v arkhitekturno-stroitel'nom proektirovani [Technical and Economic Efficiency of Energy-Saving Solutions in Architectural and Construction Design]. *Regional'naya arkhitektura i stroitel'stvo* [Regional Architecture and Construction]. 2015, no. 2 (23), pp. 144–148. (In Russian)
9. Shubin I.L., Ananov A.I. Teplozashchitnye svoystva i vozdukhopronitsaemost' keramicheskikh blokov Izoterek v kladke steny [Heat-protecting Properties and Air Permeability of the 'Isoterek' Ceramic Blocks in the Wall Masonry]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering]. 2013, no. 3, pp. 57–59. (In Russian)
10. Ananov A.I., Lobov O.I. K voprosu normirovaniya teplozashchity naruzhnykh sten zdaniy [Revising the Rationing of the Heat Protection of the Buildings Exterior Walls]. *Gradostroitel'stvo* [Urban Planning]. 2013, no. 5 (27), pp. 66–68. (In Russian)
11. Kravtsov D.V. *Modelirovanie i otsenka integral'nogo vliyaniya vlagosoderzhaniya, vozdukhopronitsaemosti i konstruktivnykh osobennosty ograzhdeniy na energopotrebleniye zdaniy: dissertatsiya ... kandidata tekhnicheskikh nauk* [Modeling and Assessment for the Integral Effect of Moisture Content, Air Permeability and Structural Features of Fences on the Buildings Energy Consumption: Thesis of the Candidate of the Technical Sciences]. Kazan', 2013, 216 p. (In Russian)
12. Malyavina E.G. *Teplopoteri zdaniya* [Building Heat Loss]. 2nd ed., revised. Moscow, AVOK-Press Publ., 2011, 144 p. (In Russian)

Received in December 2016.

Adopted in revised form in May 2017.

Approved for publication in June 2017.

About the authors: **Ananov Aleksey Ivanovich** — Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, **Research Institute of Construction Physics of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences (NIISF RASN)**, 21 Lokomotivnyy proezd, 127238, Moscow, Russian Federation; tus1995@mail.ru;

Rymarov Andrey Georgievich — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Heat and Gas Supply and Ventilation Department, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; tus1995@mail.ru;

Voitovich Elena Valer'evna — Candidate of the Technical Sciences, Associate Professor, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; e.voitovich@mail.ru;

Latushkin Aleksey Petrovich — Senior Teacher, Heat and Gas Supply and Ventilation Department, **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**, 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; e.voitovich@mail.ru.