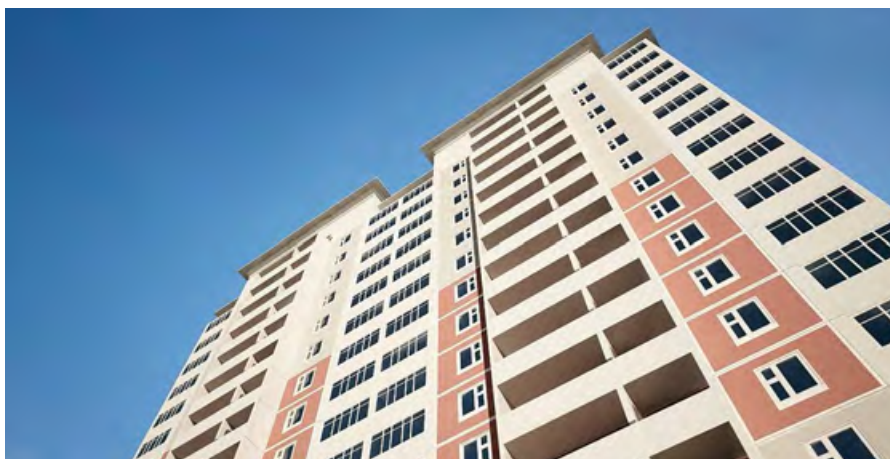




Энергосбере- жение в жилых многоквартирных домах

Человечество в результате второй научно-технической революции в XX веке начало задумываться об энергосбережении и экологических последствиях своей деятельности [1]. В связи с сокращением невозобновляемых энергетических ресурсов (природный газ, нефть, уголь) правительства ведущих стран мира пришли к выводу, что нужно сокращать потребление энергии. В этот момент и появился термин «энергосбережение».

В постиндустриальных странах, где главенствует третичный сектор экономики (сфера услуг), в термин «энергосбережение» включают и рациональное сокращение экономических затрат при применении энергосберегающих технологий.

В России энергосбережение уже отнесено к стратегическим задачам государства и одновременно оно также является основным методом обеспечения энергетической безопасности [2]. Впервые данные задачи были озвучены на заседании комиссии по модернизации и технологическому развитию экономики России 18 июня 2009 года, а утверждены указом Президента РФ от 7 июля 2011 года №899 «Приоритетные направления развития науки, технологий и техники».

Для составления списка энергосберегающих мероприятий проектировщик обязан знать назначение здания и распределение энергопотребления по инже-

нерным системам. На данный момент как в России, так и в мире нет единой точной методики для подсчёта энергопотребления здания.

В СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003» предпринята попытка подсчёта потребления тепловой энергии зданий и сооружений, но в данном документе рассмотрены только системы вентиляции и отопления.

Ведущими учёными, которые занимались методикой расчёта теплопотребления инженерных систем в России, являются: выпускник МВТУ им. Н.Э. Баумана, профессор кафедры отопления и вентиляции МИСИ В.М. Чаплин [3]; д.э.н. Л.Д. Богуславский; к.т.н. В.И. Ливчак [4]; д.т.н., профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции В.И. Прохоров [5, 6].

В России энергосбережение уже отнесено к стратегическим задачам государства и одновременно оно также является основным методом обеспечения энергетической безопасности. Впервые данные задачи были озвучены на заседании комиссии по модернизации и технологическому развитию экономики России 18 июня 2009 года

Рецензия эксперта на статью получена 27.05.2019 [Expert review on the article received May 27, 2019].

УДК 697.11. Научная специальность: 05.23.03.

Энергосбережение в жилых многоквартирных домах

Ольга А. Гнездилова, к.т.н., доцент; Мухаммет А. Разаков, аспирант; Рио-Рита В. Чернова, студент магистратуры, кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция» (ТГВ), Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

В статье произведён анализ применения энергосберегающих мероприятий в зданиях жилого фонда в России. Приведены данные проектного теплового потребления инженерных систем жилого многоквартирного дома в Москве. Представлены данные по исследованиям расчёта корректного энергопотребления здания. Особое место в работе уделено кратким техническим характеристикам теплоизоляционных материалов. Статья будет полезна как для высококвалифицированных специалистов, так и для студентов в области теплогазоснабжения и вентиляции.

Ключевые слова: энергосбережение, жилые здания, инженерные системы, теплопотребление здания, теплоизоляционные материалы.

UDC 697.11. Number of scientific specialty: 05.23.03.

Energy saving technologies in residential apartment buildings

Olga A. Gnezdilova, PhD, Associate Professor; Muhammet A. Razakov, post-graduate student; Rio-Rita V. Chernova, master's student, the Department of the Heat and Gas Supply and Ventilation, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

The article analyzes the use of energy-saving measures in residential buildings in Russia. The data of the project heat consumption of engineering systems of a residential apartment building in Moscow are given. The data on the studies of the calculation of the correct energy consumption of the building are presented. A special place in the work is given to brief technical characteristics of thermal insulation materials. The article will be useful both for highly qualified specialists and for students in the field of heat and gas supply and ventilation.

Key words: energy saving technologies, residential buildings, engineering systems, building heat consumption, heat insulation materials.

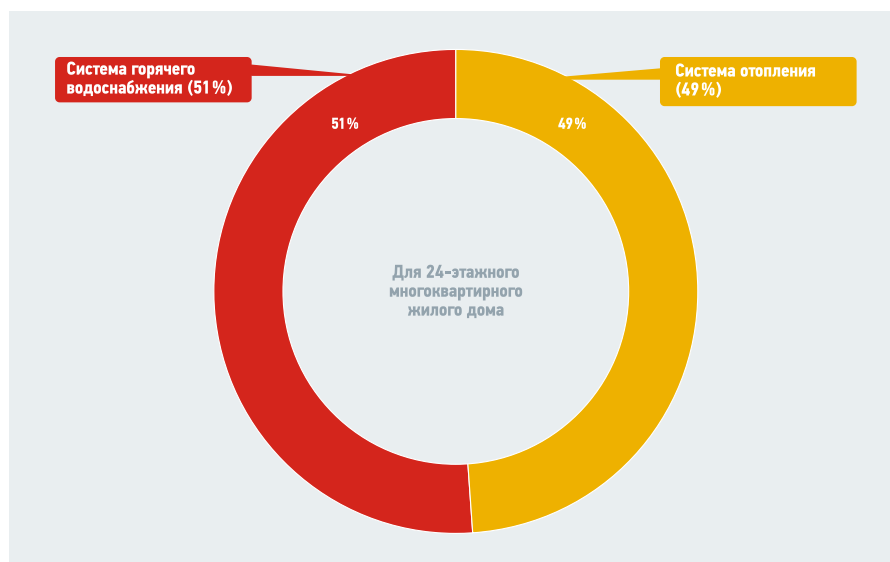


Рис. 1. Распределение годового потребления тепловой энергии в 24-этажном жилом доме

Результатами их работы стало появление термина «удельная тепловая характеристика здания», его применение при расчёте годового энергопотребления инженерными системами и расчёт экономических затрат при проектировании, эксплуатации и реконструкции систем теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха в здании.

В нашей стране после определённых исторических событий в большинстве жилых многоквартирных домах применяется естественная система вентиляции воздуха [7]. Лишь некоторые зарубежные проектные организации, ведущие работу в Российской Федерации, конструируют механическую приточно-вытяжную систему вентиляции и кондиционирования воздуха в жилых зданиях. Количество таких домов не очень велико. В старых жилых домах устанавливают только системы кондиционирования воздуха.

Доли энергопотребления различными инженерными системами в жилых домах распределяются лишь между системами горячего водоснабжения (ГВС) и системой отопления (СО). По исследованиям М.А. Разакова [8], в среднем многоквартирном доме в Московском регионе на долю горячего водоснабжения приходится около 51 % потребляемой тепловой энергии, а на систему отопления — 49 %.

На рис. 1 приведена диаграмма годового потребления тепловой энергии усреднённого многоквартирного жилого дома. Одним из определяющих факторов является количество проживающих людей, а также объём здания.

Следует учитывать, что система горячего водоснабжения функционирует в течение всего года, а система отопления — лишь в период отопительного сезона.

Для увеличения коэффициента сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий различного назначения и инженерных систем внутри зданий применяется дополнительное утепление существующих конструкций. По данным Л.Д. Богуславского и В.И. Ливчака [4], экономически обоснованное увеличение толщины утеплителя для любых конструкций составляет 20–25 % от первоначальной. При массовом утеплении жилых домов в период с 2014 по 2018 годы эта величина могла иметь различные значения.

Основными материалами-утеплителями, применяемыми для жилых домов и зданий различного назначения на тот период, являлись минераловатные материалы, материалы из стекловаты, плиты из экструдированного пенополистирола,

вспененный полиэтилен, краски и штукатурки. Ниже приведены некоторые характеристики данных теплоизоляционных материалов.

1. Минераловатные материалы — это теплоизоляционные материалы, которые изготовлены из камня и шлаков. Они представляют собой вату, сырьём для которой служат базальтовые породы, известняк, доломит и прочие. Шлаковату производят из отработки изделий цветной и чёрной металлургии. Данные материалы обладают рядом неоспоримых качеств — высокие тепло- и звукоизоляционные качества, устойчивость к воздействию влаги, тепла, жидкостей. Они негорючие, лёгкие, экологичные. Их монтаж довольно прост, поскольку они легко поддаются изменению формы и размера. Материалы на их основе используются в противопожарных системах. Они применяются при утеплении как внутренних, так и внешних стен.

2. Материалы для теплоизоляции из стекловаты имеют схожие свойства с минераловатными изделиями. Из-за того, что волокна стекла более длинные и толстые, стекловата более упругая и прочная, она легко поддаётся деформации и принимает практичные формы. Данный вид изоляции также обладает высокими звукоизоляционными свойствами. Изделия из стекловолна не подвержены влиянию агрессивных сред, химических веществ и микроорганизмов, поэтому срок их службы практически не ограничен. Стекловата также негорючая. Она хорошо подойдёт для внутреннего утепления любых конструкций, например, в зданиях культурного наследия [9].



Фото: Наталья Фектистова, «Вечерняя Москва»

3. Ещё одним теплоизоляционным материалом являлся экструдированный пенополистирол. Плиты из пенополистирола обладают низкой теплопроводностью и довольно высокой плотностью. Данный факт позволяет применять его не только в качестве утеплителя, но и как конструктивный материал, из которого могут быть составлены часть стены или потолка. Пенополистирол также обладает низкой гигроскопичностью, то есть не впитывает влагу. Он трудновоспламеняем и обладает хорошими звукоизоляционными качествами.

4. Вспененный полиэтилен использовался в качестве теплоизоляции, гидроизоляции и звукоизоляции зданий и сооружений. Продукция выпускается в виде рулонов, матов, жгутов и полых труб стандартных толщин и диаметров. Изоляция для труб, например, представляет собой оболочку с продольным разрезом, которые одеваются поверх труб и склеиваются специальным скотчем, клеем или соединяются скобами. Они легко режутся, поэтому с помощью специальных шаблонов можно, не имея специальных навыков, сделать изоляцию на колена, вентили, ответвления. Материал имеет закрытую структуру ячеек: водопоглощение — менее 0,8% после семи суток нахождения в воде.

В последние годы все энергоэффективные технологии для жилого сектора объединяются в идею «пассивного» дома, то есть здания, имеющего крайне низкое потребление энергии и максимально использующего окружающую среду (энергию ветра, солнечную инсоляцию, теплоту грунта)

Вспененный полиэтилен обладает химической стойкостью к маслам, строительным материалам, биологически не разлагается. Диапазон рабочих температур данной изоляции составляет $-50...+90^{\circ}\text{C}$, срок службы достигает 25 лет. Использование материалов на вспененной основе даёт комплексную защиту инженерных сетей. В системах ГВС с температурой носителя до 90°C хорошо зарекомендовала себя изоляция на основе вспененного полиэтилена. При температуре носителя свыше 90°C необходимо использовать изоляцию на основе вспененного каучука, поскольку полиэтилен не способен долго выдерживать такие температурные режимы без потери свойств. В системах ХВС основной проблемой является защита

труб от конденсата. В них применяется каучуковая изоляция, но с экономической точки зрения удобнее использовать изоляцию из пенополиэтилена с фольгированным слоем (фольга служит отличным «паробарьером»). Для изоляции трубопроводов и воздухопроводов систем кондиционирования применяется вспененный каучук или отражающая изоляция. Установка этих материалов позволяет повысить эффективность системы, увеличить её долговечность и снизить уровень шума.

5. **Краски.** Требования к окрашиваемой поверхности минимальны: она должна быть очищенной от грязи, жира и ржавчины и иметь температуру от $+7$ до $+150^{\circ}\text{C}$. Допустимый диапазон температур при эксплуатации самой энергосберегающей краски составляет $-47...+260^{\circ}\text{C}$. Для нанесения краски на окрашиваемую поверхность можно использовать как обычный распылитель, так и малярную кисть или валик. Наиболее частые области применения энергосберегающих красок: системы кондиционирования воздуха, крыши зданий, водонагреватели, трубопроводы для горячей воды, теплообменники и т.д.

6. **Штукатурки.** Для утепления стен дома помимо пенополистирольных плит и стекловолокна применяют изоляционные материалы нового поколения — энергосберегающие штукатурки, которые не только выравнивают стены, но и утепляют их. Роль утеплителя в данном случае играет теплоизоляционный наполнитель. В качестве него чаще всего используют вспененный пенополистирол или вспученные перлит и вермикулит в виде гранул.

Теплоизоляция — это лишь одна из позиций в обширном списке свойств данных отделочных материалов. Использование энергосберегающих штукатурок позволяет сэкономить трижды. Первый раз — при отделке стен, исключив из этого процесса монтаж и покупку утеплите-

ля, второй раз — при эксплуатации здания, сократив расходы на энергоносители, третий раз — на отделочных материалах. Изоляционные материалы нового поколения также характеризуются длительным сроком эксплуатации.

Кроме того, высокая паропроницаемость современных энергосберегающих штукатурок позволяет избежать промерзания стен и предохраняет их от увлажнения, что значительно снижает риск поражения стен грибком и плесенью, деформации от температурных колебаний, коррозии железобетонных конструкций, а создание монолитного контура теплоизоляции не допускает образования мостиков холода. Энергосберегающие штукатурки подходят как для внутренней, так и для внешней теплоизоляции стен домов. Их применение также возможно в жилых домах с длительным сроком эксплуатации [10].

В последние годы все энергоэффективные технологии для жилого сектора объединяются в идею «пассивного» дома [11, 12] — здания, имеющего крайне низкое потребление энергии и максимально использующего окружающую среду (энергию ветра, солнечную инсоляцию, теплоту грунта). В европейских странах строятся «пассивные» дома с энергопотреблением не более $15 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$. Они представляют собой некий стандарт энергоэффективности в строительстве, который позволяет поддерживать комфортность проживания при нанесении минимального вреда окружающей среде. «Пассивный» дом потребляет так мало тепловой энергии, что отпадает необходимость в установке отдельной отопительной системы, или её мощность и размеры настолько невелики, что достаточно использовать низкопотенциальные источники тепловой энергии. Внешний вид одного из таких домов представлен на рис. 2.



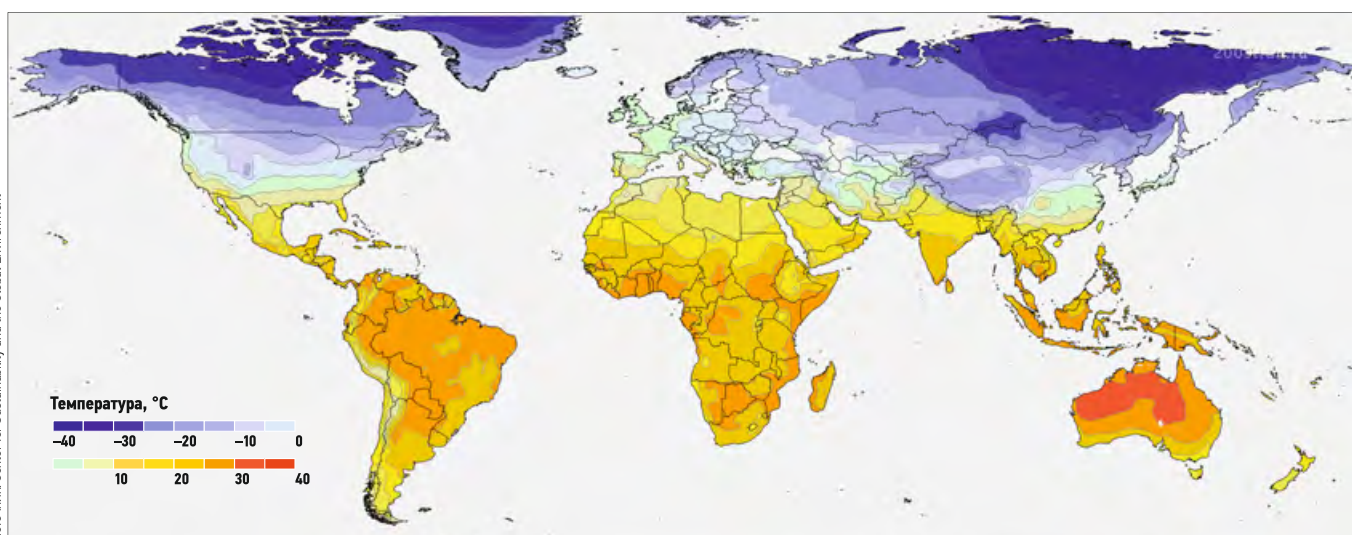


Рис. 3. Среднемесячные температуры января на планете (данные из «Атласа биосферы» Висконсинского университета в Мэдисоне, США)

При планировании такого дома надо учитывать климат региона строительства. На рис. 3 изображены зоны со средними температурами января на территориях всех стран Земли. Из рис. 3 следует, что в России существуют зоны с температурой -20°C и ниже [13, 14], в то время как европейские страны расположены в зонах до -10°C и выше. В России «пассивное» строительство со 100%-й уверенностью может применяться только на юге страны, в остальных регионах нужны дополнительные исследования.

Выводы

Первым несомненным побудительным мотивом к снижению энергопотребления является указ Президента РФ, но вторым фактором, не менее важным, служит изменение норм при проектировании тепловой защиты. В 2014 году был введен СП 50.13330.2012 «Тепловая защита здания» вместо СНиП 23-02-2003, в котором резко были увеличены значения термического сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Они были приближе-

ны к мировым и европейским стандартам проектирования. К сожалению, из-за непонимания особенностей распределения тепловой энергии в России и других странах между инженерными системами были резко повышены значения величин, имеющих отношение к тепловой защите зданий. Проблему нельзя было рассматривать с позиции только одной инженерной системы.

В западных странах в жилых домах часто устанавливают механическую приточно-вытяжную или гибридную систему вентиляции и кондиционирования воздуха. В нашей же стране подавляющее количество жилых зданий имеет естественную систему вентиляции. В дальнейшем была произведена борьба с основным источником потерь теплоты в ограждающих конструкциях — окнами. Это, в свою очередь, привело к различным аварийным ситуациям и даже взрывам газа. Проблема в том, что пластиковые окна имеют меньшую воздухопроницаемость, чем деревянные, что приводит к сокращению кратности воздухообмена. ●



Рис. 2. Внешний вид пассивного дома в странах Европейского союза

1. Гусейнова Ж.О. Научно-техническая революция и проблемы окружающей среды // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Общественные науки, 2010. №6. С. 22–26.
2. Самарин О.Д., Бызов Н.И., Лушин К.И. Технико-экономическое обоснование энергосбережения в общественных зданиях за счёт теплоутилизации в системах вентиляции // Журнал С.О.К., 2018. №1. С. 100–102.
3. Прохоров В.И. Эксплуатационные затраты тепловой энергии // Журнал С.О.К., 2012. №11. С. 54–57.
4. Богуславский Л.Д., Ливчак В.И. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха. — М.: Стройиздат, 1990. 621 с.
5. Prokhorov V.I. Calculation method of heat consumption for buildings life support systems. Proc. of the XXI International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering "Construction — The Formation of Living Environment" (FORM 2018). April 25–27, 2018. Moscow. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. June 2018. Vol. 365. Pp. 22–23.
6. Прохоров В.И. Границы рассмотрения в задачах теплозащиты и теплосбережения зданий // Интернет-вестник ВолГАСУ. Серия: Политематическая, 2014. №2. С. 17.
7. Разаков М.А., Чернова Р.В. Новый способ обследования систем естественной вентиляции / В сб.: Технологии в инженерно-экологическом строительстве, механизации и жилищно-коммунальном комплексе. Мат. внутривузовской науч.-техн. конф. НИУ МГСУ. — М.: Изд-во МГСУ, 2017. С. 353–356.
8. Прохоров В.И., Разаков М.А. Энергопотребление жизнеобеспечивающих систем зданий, рассчитанное по двум методам // Промышленное и гражданское строительство, 2016. №12. С. 97–100.
9. Разаков М.А., Рудакова Е.В., Рябов Г.А. Результаты применения энергосберегающих мероприятий в «доходных домах» Санкт-Петербурга // Журнал С.О.К., 2019. №2. С. 90–92.
10. Разаков М.А., Баранова Т.Н. Применение энергосберегающих мероприятий в жилых малоэтажных домах с длительным периодом эксплуатации // Журнал С.О.К., 2018. №12. С. 84–87.
11. Нестеренко А.В. Основы термодинамических расчётов вентиляции и кондиционирования воздуха. — М.: Высшая школа, 1962. 356 с.
12. Вольфганг Файст. Основные положения по проектированию «пассивных» домов. Пер. с нем. с доп. под ред. А.Е. Елохова. — М.: Изд-во АСВ, 2008. 144 с.
13. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Строительные материалы, 2010. №3. С. 8–16.
14. Разаков М.А. Сравнение потребления энергоресурсов и показателя энергоёмкости для «северных» стран мира / В сб.: Дни студенческой науки. Мат. науч.-техн. конф. по итогам науч.-исслед. работ студентов ИИЭСМ. — М.: Изд-во МГСУ, 2017. С. 368–371.

References — see page 95.

Energy saving technologies in residential apartment buildings. Pp. 78–81.

Olga A. Gnezdilova, PhD, Associate Professor; **Muhammet A. Razakov**, postgraduate student; **Rio-Rita V. Chernova**, master's student, the Department of the Heat and Gas Supply and Ventilation, National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

1. Gusejnova Zh.O. *Nauchno-tehnicheskaja revolucija i problemy okruzhajushhej sredy* [The scientific and technological revolution and environmental issues]. *Izvestija vuzov. Severo-Kavkazskij region. Serija: Obshhestvennye nauki* [Scientific-educational and applied journal "University News: North-Caucasian region". Series: Social Sciences]. 2010. No. 6. Pp. 22–26. [In Russian]
2. Samarin O.D., Byzov N.I., Lushin K.I. *Tehniko-jekonomicheskoe obosnovanie jenergosberezhenija v obshhestvennyh zdaniyah za schjot teploutilizacii v sistemah ventiljacii* [Feasibility study of energy saving in public buildings due to heat recovery in ventilation systems]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing. Heating. Ventilation]. 2018. No. 1. Pp. 100–102. [In Russian]
3. Prohorov V.I. *Jekspluatacionnye zatraty teplovoj jenerгии* [Operating costs of thermal energy]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing. Heating. Ventilation]. 2012. No. 11. Pp. 54–57. [In Russian]
4. Boguslavskij L.D., Livchak V.I. *Jenergosberezhenie v sistemah teplosnabzhenija, ventiljacii i kondicionirovanija vozduha* [Energy saving in systems of heat supply, ventilation and air conditioning]. Moscow. *Strojizdat* [Publishing House of literature on the construction and architecture of the USSR]. 1990. 621 p. [In Russian]
5. Prokhorov V.I. Calculation method of heat consumption for buildings life support systems. Proc. of the XXI International Scientific Conference on Advanced in Civil Engineering "Construction — The Formation of Living Environment" (FORM 2018). April 25–27, 2018. Moscow. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. June 2018. Vol. 365. Pp. 22–23.
6. Prohorov V.I. *Granicy rassmotrenija v zadachah teplozashhity i teplosberezhenija zdaniij* [The boundaries of consideration in the tasks of thermal protection and heat saving of buildings]. *Internet-vestnik VolgGASU. Serija: Politematicheskaja* [Web-bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Polythematic]. 2014. No. 2. P. 17. [In Russian]
7. Razakov M.A., Chernova R.V. *Novyj sposob obsledovaniya sistem estestvennoj ventiljacii* [A new way to survey systems of natural ventilation]. V sb.: *Tehnologii v inzhenerno-jekologicheskom stroitel'stve, mehanizacii i zhilishhno-kommunal'nom komplekse. Mat. vnutrivuzovskoj nauch.-tehn. konf. NIU MGSU* [Coll. vol. "Technologies in engineering and environmental construction, mechanization and housing and communal complex". Materials of the internal scientific and technical conference of the NRU MGSU]. Moscow. *Izd-vo MGSU* [Publishing House of National Research Moscow State University of Civil Engineering]. 2017. Pp. 353–356. [In Russian]
8. Prohorov V.I., Razakov M.A. *Jenergotreblenie zhizneobespechivajushhih sistem zdaniij, rasschitanoe po dvum metodam* [The energy consumption of life-supporting building systems, calculated by two methods]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* ["Industrial and civil engineering" Magazine]. 2016. No. 12. Pp. 97–100. [In Russian]
9. Razakov M.A., Rudakova E.V., Rjabev G.A. *Rezultaty primeneniya jenergosberegajushhih meroprijatij v "dohodnyh domah" Sankt-Peterburga* [The results of the use of energy-saving measures in "apartment houses" of St. Petersburg]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing. Heating. Ventilation]. 2019. No. 2. Pp. 90–92. [In Russian]
10. Razakov M.A., Baranova T.N. *Primenenie jenergosberegajushhih meroprijatij v zhilyh malozetaznyh domah s dlitel'nym periodom jekspluatcii* [The use of energy-saving measures in low-rise residential buildings with a long period of operation]. *Zhurnal Santehnika, otoplenie, kondicionirovanie (S.O.K.)* [Journal of Plumbing. Heating. Ventilation]. 2018. No. 12. Pp. 84–87. [In Russian]
11. Nesterenko A.V. *Osnovy termodinamicheskikh raschetov ventiljacii i kondicionirovanija vozduha* [Basics of thermodynamic calculations of ventilation and air conditioning]. Moscow. *Vysshaja shkola* ["Higher education" Publishing House]. 1962. 356 p. [In Russian]
12. Wolfgang Feist. *Osnovnye polozenia po proektirovaniju "passivnyh" domov* [The main provisions for the design of "passive" houses ("Gestaltungsgrundlagen Passivhäuser")]. *Per. s nem. s dop. pod red. A.E. Elohova* [Translation from German with additions edited by A.E. Yelokhov]. Moscow. *Izd-vo ASV* [Publishing House of the Association of Construction Universities]. 2008. 144 p. [In Russian]
13. Gagarin V.G. *Makroekonomicheskie aspekty obosnovaniya jenergosberegajushhih meroprijatij pri povyshenii teplozashhity ogradzhdajushhih konstrukcij zdaniij* [Macroeconomic aspects of justifying energy saving measures while increasing the thermal protection of building envelopes]. *Stroitel'nye materialy* ["Construction Materials" Magazine]. 2010. No. 3. Pp. 8–16. [In Russian]
14. Razakov M.A. *Sravnenie potrebleniya jenergoresursov i pokazatelja jenergojnostnosti dlja severnyh stran mira* [Comparison of energy consumption and energy intensity for the northern countries of the world]. V sb.: *Dni studencheskoj nauki. Mat. nauch.-tehn. konf. po itogam nauch.-issled. rabot studentov IJeSM* [Coll. vol. "Days of student science". Materials of the scientific and technical conference on the results of research works of students of the Institute of Engineering and Ecological Construction and Mechanization]. Moscow. *Izd-vo MGSU* [Publishing House of National Research Moscow State University of Civil Engineering]. 2017. Pp. 368–371. [In Russian]