

5. W.P. Johnson, A. Rasmuson, E. Pazmiño, M. Hilpert, Why variant colloid transport behaviors emerge among identical individuals in porous media when colloid-surface repulsion exists // *Environmental Science & Technology*, 52 (2018), pp. 7230–7239.
6. Л.И. Кузьмина, Ю.В. Осипов, Асимптотика задачи фильтрации суспензии в пористой среде // *Вестник МГСУ*, 1 (2015), с. 54–62.
7. H. Yuan, A.A. Shapiro, Modeling non-Fickian transport and hyperexponential deposition for deep bed filtration // *Chemical Engineering Journal*, 162 (2010), pp. 974–988.
8. C.H. Bolster, A.L. Mills, G.M. Hornberger, J.S. Herman, Spatial distribution of deposited bacteria following Miscible Displacement Experiments in intact cores // *Water Resources Research*, 35 (1999), pp. 1797–1807.
9. T. Harter, S. Wagner, E.R. Atwill, Colloid transport and filtration of cryptosporidium parvum in sandy soils and aquifer sediments // *Environmental Science & Technology*, 34 (2000), pp. 62–70.
10. S.A. Bradford, S. Torkzaban, J. Simunek, Modeling colloid transport and retention in saturated porous media under unfavorable attachment conditions // *Water Resources Research*, 47 (2011), W10503.
11. Ю.В. Осипов, Ю.П. Галагуз, Задача фильтрации суспензии с двумя типами частиц, движущихся с разными скоростями. Развитие фундаментальных основ науки и образования в строительстве Сборник тезисов XIV Международной научно-практической конференции. 2017. С. 26-28.
12. G. Malgaresi, B. Collins, P. Alvaro, P. Bedrikovetsky, Explaining non-monotonic retention profiles during flow of size-distributed colloids // *Chemical Engineering Journal* 375 (2019), 121984.
13. P. Bedrikovetsky, Upscaling of Stochastic Micro Model for Suspension Transport in Porous Media // *Transport in Porous Media*, 75 (2008), pp. 335–369.
14. F. Civan, Reservoir Formation Damage, Gulf, Professional Publishing, 2015.
15. Z. You, P. Bedrikovetsky, L. Kuzmina, Exact Solution for Long-Term Size Exclusion Suspension-Colloidal Transport in Porous Media // *Abstract and Applied Analysis*, 2013, ID 680693, 9 p.
16. E.A. Vyazmina, P.G. Bedrikovetskii, A.D. Polyaniin, New Classes of Exact Solutions to Nonlinear Sets of Equations in the Theory of Filtration and Convective Mass Transfer // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 41(5) (2007), pp. 556–564.
17. Л.И. Кузьмина, Ю.В. Осипов, Обоснование асимптотики задачи фильтрации вблизи фронта концентраций. Вопросы прикладной математики и вычислительной механики. Сборник трудов № 19. Москва, 2016. С. 275-288.
18. P. Bedrikovetsky, Y. Osipov, L. Kuzmina, G. Malgaresi, Exact Upscaling for Transport of Size-Distributed Colloids // *Water Resources Research*, 55(2) 2019, pp. 1011-1039.
19. G. Safina, Numerical solution of filtration in porous rock // *E3S Web of Conferences*, 97 (2019), 05016.
20. Y. Galaguz, G. Safina, Calculation of colloids filtration in a porous medium // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 365 (2018), 042005.

© Ю. В. Осипов, М. Д. Астахов

Ссылка для цитирования:

Ю. В. Осипов, М. Д. Астахов. Расчет фильтрации бидисперсной суспензии в пористой среде // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 1 (31). С. 69–72.

УДК 692:620.1

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЗДАНИЙ

Э. Е. Семенова, В. С. Думанова

Воронежский государственный технический университет, г. Воронеж, Россия

В данной статье рассматривается проблема повышения энергоэффективности существующих зданий, целью которой является экономия природных энергетических ресурсов, снижение затрат на эксплуатацию систем инженерного оборудования, повышение комфорта жизни людей. Количество энергии, следовательно, и количество денежных средств, которое затрачивается на отопление здания, зависит от его показателя теплозащиты. Выявлены основные пути теплопотерь малоэтажных и многоэтажных зданий. Основные потери тепловой энергии может осуществляться через стены, окна, входные двери, крышу, систему вентиляции, подвал. Рассмотрены способы повышения энергоэффективности ограждающих конструкций, оконных заполнителей, отопительной системы и системы вентиляции. Приведены данные сравнения свойств современных технологий по повышению энергоэффективности, а также материалов в отношении энергосбережения.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, теплопотери, модернизация, ограждающие конструкции, оконные заполнители, отопительная система, вентиляция.

THE INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY OPERATED BUILDINGS

E. E. Semenova, V. S. Dumanova

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia

This article is about the problem of improving the energy efficiency of existing buildings. The main purpose is to save natural energy resources, to reduce the cost of operating engineering equipment systems, and to increase the comfort of people's live. The amount of energy, as well as the amount of money spent on heating a building, depends on its heat protection index. The main ways of heat loss of low-rise and high-rise buildings are revealed. Thermal energy leakage can occur through walls, windows, entrance doors, roof, ventilation system, basement. There are ways of increasing the energy efficiency of buildings using modern technologies and materials in construction of walls, windows, heating systems and ventilation systems. Data are given on comparing the properties of modern technologies to improve energy efficiency, as well as materials regarding energy conservation.

Keywords: energy efficiency, energy saving, heat loss, modernization, walling, window fillers, heating system, ventilation.

Введение

В современном мире энергосбережение с каждым годом становится все более актуальной. Из-за нерационального использования природ-

ных ресурсов происходит рост цен на электроэнергию, отопление, горячее и холодное водоснабжение, вентиляцию и кондиционирование. Необходимо принимать меры по сокращению

потребляемой энергии, сохранению существующих энергетических ресурсов и созданию новых способов повышения энергоэффективности в сфере строительства, что снижает эксплуатационные, в том числе и коммунальные расходы, способствует созданию большего комфорта, здоровой и безопасной внутренней среды. Еще одна цель энергоэффективного строительства – это ограничение причинения ущерба экосистеме и сокращение использования природных ресурсов, таких как нефть, уголь, газ.

Целесообразность повышения энергоэффективности

В настоящее время вопрос модернизации существующего жилого и нежилого фонда является наиболее целесообразным с экологической и экономической точек зрения. К примеру, здания старой постройки не соответствуют современным требованиям по энергосбережению. Таким образом, в ходе капитального ремонта следует использовать ряд мероприятий, направленных на модернизацию и повышение энергоэффективности существующих зданий.

Существующий фонд застройки периода 1960–1990 годов, имеет низкий показатель теплозащиты, в связи с чем большие затраты на эксплуатацию (электроэнергия, отопление, горячее и холодное водоснабжение, вентиляция и кондиционирование).

Количество энергии, а также количество денежных средств, которое затрачивается на отопление дома, зависит от тепловых потерь здания. Потери тепла могут осуществляться через стены, окна, входные двери, крышу, вентиляцию, подвал. Также могут появляться неучтенные потери тепла через негерметичность конструкций.

При исследовании теплопотерь малоэтажного жилого дома было выявлено, что основную часть тепла здание теряет через стены и окна (около 30–40 %), 15–20 % – через кровлю и 10–15 % через пол или подвал. Что касается жилого многоэтажного дома, то основные теплопотери идут через окна и ограждающие конструкции. Основные теплопотери зданий представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Основные теплопотери жилых зданий (без учета вентиляции):

а – малоэтажный жилой дом; б – многоэтажный жилой дом

Утепление ограждающих конструкций

Утепление ограждающих конструкций обеспечивается путем выбора утеплителя с наименьшим коэффициентом теплопроводности, для обеспечения требуемых нормативных показателей. Более целесообразно использовать

вариант наружного утепления ограждающих конструкций, при которой конструкция стены состоит из несущего и теплоизоляционного слоя. Применение систем наружного утепления из более легких материалов позволяет запроектировать стену меньшей толщины без потери теплоизоляционных свойств. Толщины стен из разных строительных материалов при равной теплопроводности приведены на рисунке 2.

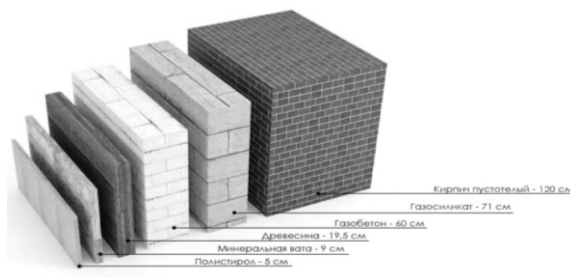


Рис. 2. Толщины стен из разных строительных материалов при равной теплоизоляции

С экономической точки зрения, стоимость утепления наружных стен существующих зданий зависит от принятого конструктивного варианта. Вариант утепления с оштукатуриванием фасадных поверхностей является наиболее дешевым, при использовании кирпича, как облицовочный материал, стоимость возрастает на 30 %, при использовании вентилируемых фасадов, стоимость возрастает в 1,8–2 раза.

АО «ЦНИИЭП жилищем – институтом комплексного проектирования жилых и общественных зданий» были проведены расчеты, которые показали, что применение теплоэффективных наружных ограждений окупает единовременные затраты для существующих зданий в течение 12–15 лет за счет экономии тепловых ресурсов.

Оконные заполнители

Значительную часть тепла здание теряет через оконные и балконные блоки (30–55 %). Таким образом, следует повышать теплоизоляционные свойства окон, заменив их на воздушонепроницаемые и энергоэффективные. Основные способы повышения энергоэффективности светопрозрачных конструкций: термопленка (теплопоглощающее остекление), трехкамерный, четырехкамерный, пятикамерный стеклопакет, использование стеклопакетов с инертными газами.

Рекомендации по повышению теплофизических свойств и энергоэффективности светопрозрачных конструкций:

- переход с трехкамерного стеклопакета на пятикамерный позволяет повысить теплозащитные свойства светопрозрачных конструкций до 20 %;
- использование в межстекольном пространстве аргоновой смеси, вместо воздушной,

повышает теплозащитные свойства светопрозрачных конструкций до 10 %;

- использование в межстекольном пространстве криптоновой смеси, вместо воздушной, повышает теплозащитные свойства светопрозрачных конструкций до 20 %;

- выбор стекла с мягким теплоотражающим покрытием позволяет повысить теплозащитные свойства стеклопакетов до 70 %, по сравнению с обычным стеклом;

- выбор стекол с мягким теплоотражающим покрытием в стеклопакетах в сочетании с наполнением криптоновой смесью, вместо обычного воздушного стеклопакета, повышает теплозащитные свойства стеклопакетов более чем в 3 раза.

На рисунке 3 показана диаграмма сравнения энергоэффективности светопрозрачных конструкций при использовании вышеперечисленных рекомендаций по повышению теплофизических свойств и энергоэффективности.

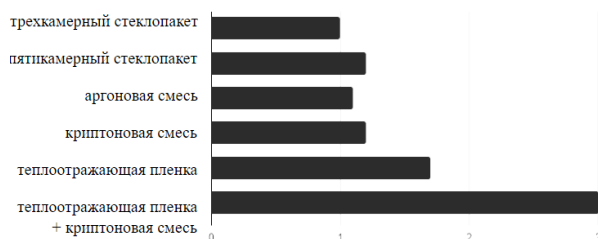


Рис. 3. Сравнение энергоэффективности светопрозрачных конструкций

Повышение энергоэффективности светопрозрачных конструкций позволяет снизить теплопотери здания, а также обеспечить повышение его архитектурной выразительности.

Отопительная система

Для повышения энергоэффективности системы отопления следует выполнить ряд мероприятий:

- замена радиаторов;
- установка регуляторов температуры на радиаторы;
- применение систем поквартирного учета тепла (теплосчетчики, индикаторы тепла);
- установка теплоотражающих экранов за радиаторами отопления снижает теплопотери на 1–3 %;
- промывка отопительной системы ежегодно;
- дополнительное отопление за счет отбора излишнего тепла воздуха в подвальном помещении и в вытяжной вентиляции (возможное использование для подогрева притока и воздушного отопления мест общего пользования и входных тамбуров);
- дополнительное отопление и подогрев воды при применении солнечных коллекторов и тепловых аккумуляторов;

- переход к схеме индивидуального поквартирного отопления;

- применение регулируемого отпуска тепла (пофасадное; а также в зависимости от времени суток, от погодных условий, от температуры в помещениях);

- установка контроллера системы авторегулирования.

Рассмотрим подробнее применение авторегулирования систем отопления зданий, при котором тепло подается из тепловой сети в индивидуальный тепловой пункт. Данная схема позволяет оптимизировать подачу теплоты на отопление, достигая при этом максимальной экономии тепловой энергии.

Кроме того, дополнительно может применяться пофасадное автоматическое регулирование, которое зависит от температуры внутреннего воздуха отапливаемых помещений. Например, в жилых зданиях при температуре наружного воздуха 5–8 °С, отопление фасада, которое освещено солнцем, автоматически отключается пока солнечные лучи не перестанут попадать в окна.

Пофасадное авторегулирование отопительной системы очень целесообразно, так как его использование не только снижает расход тепла, но и обеспечивает дополнительную подачу воздуха при ветре в помещениях, которые располагаются на наветренном фасаде здания. При таком авторегулировании, экономия тепловой энергии может составить до 20 % по сравнению с расчетным годовым расходом. В многоэтажных зданиях, вместе с пофасадным регулированием применяется вертикальное позонное регулирование.

Система вентиляции

Система вентиляции здания должна удовлетворять критериям энергоэффективности, задача которой состоит в обеспечении теплового комфорта при нахождении в здании, а также в сокращении расходов тепла на подогрев внутреннего воздуха.

В зимний период при работе вентиляционной системы понижается температура внутри здания, так как система вентиляции с естественной циркуляцией воздуха работает за счет естественной тяги. Здание теряет от 30 до 75 % тепла, что не соответствует современным требованиям энергосбережения.

Нормы [1] устанавливают, что поступающий в здание воздух должен заменяться свежим в объеме 30 м³/ч и иметь температуру не менее 18 °С.

Одним из устройств, обеспечивающих энергоэффективность системы вентиляции и воздухообмена в помещениях, а также минимизации затрат электроэнергии, является оборудование приточно-вытяжной вентиляционной системы с рекуперацией тепла (рис. 4).

Принцип действия приточно-вытяжной установки с рекуперацией тепла: нагретый воздух в

помещениях забирается с помощью воздухозаборников, затем, проходя через теплообменник рекуператора, оставляет там часть тепла. Рекуператоры с вентиляцией возвращают часть тепла обратно в помещение, через теплообмен между входящими и выходящими потоками.

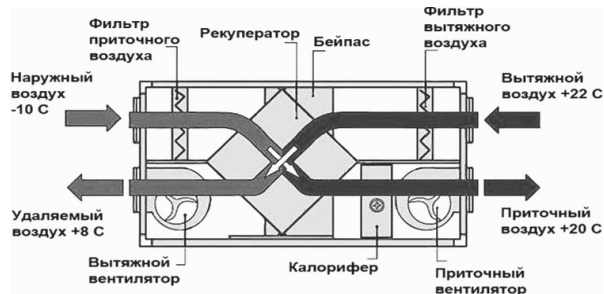


Рис. 4. Типовая схема вентиляции с рекуперацией тепла

Эффективность системы с рекуперацией тепла наиболее значительна при разнице температур снаружи и внутри помещения.

Расход тепловой энергии на отопление сокращается до 80 % с использованием системы вентиляции с рекуперацией тепла при температуре наружного воздуха от +5 до -5 °С. За отопительный сезон экономия денежных средств составляет более 50 %.

Исследования, опубликованные в [6], показали, что при проведении энергосберегающих

мероприятий, экономия тепловой энергии может достичь 60 %:

- на 25 % – за счет повышения теплозащиты наружных ограждающих конструкций;
- на 10 % – путем повышения теплозащиты оконных заполнителей;
- на 7 % – за счет сокращения чрезмерного воздухообмена в квартирах;
- на 18 % – за счет установки автоматизированного управления системой отопления, а также устройства термостатов на приборах отопления.

Выводы

Повышение энергоэффективности здания достигается за счет уменьшения его теплопотерь через ограждающие наружные конструкции. Для этого необходимо применение современных строительных материалов и технологий. Необходимость и целесообразность повысить энергетическую эффективность существующих зданий оправдывается, так как энергосберегающие мероприятия уменьшают энергопотребление, снижают потребление топлива, оплату за тепловую энергию, высвобождается дополнительная тепловая мощность, улучшается качество теплоснабжения, повышается экологическая безопасность, что в общей мере улучшает условия жизни человека.

Список литературы

1. СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха = Heating, ventilation and conditioning. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003: Свод правил: издание официальное: утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30.06.2012 г. N 279: дата введения 2013-01-01 / подготовлен к утверждению Департаментом архитектуры, строительства и градостроительной политики. - М.: Минрегион России, 2012. - 67 с. - Текст: непосредственный.
2. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий = Thermal performance of the buildings. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003: Свод правил: издание официальное: Утвержден приказом Министерства регионального развития Российской Федерации (Минрегион России) от 30 июня 2012 г. N 265: дата введения 2013-07-01 / подготовлен к утверждению Департаментом архитектуры, строительства и градостроительной политики. - М.: Минрегион России, 2012 год. - 84 с. - Текст: непосредственный.
3. Приказ Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. Об утверждении Требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений: [принят Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 17 ноября 2017 года N 1550/пр.] - Официальный интернет-портал правовой информации www.pravo.gov.ru, 26.03.2018, N 0001201803260032. - 8 с. - Текст: непосредственный.
4. Постановление Правительства РФ. Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов: [принят правительством РФ 25 января 2011 года]. Утвержден Постановлением Правительства Российской Федерации от 25 января 2011 г. N 18. - Российская газета, N 20, 02.02.2011: Собрание законодательства Российской Федерации, N 5, 31.01.2011, ст.742. - 7 с. - Текст: непосредственный.
5. Семенова Э.Е. Влияние объемно-планировочного решения на энергоэффективность здания / Э.Е. Семенова, Г.В. Пономарева / - Текст : непосредственный // Строительство и реконструкция: сборник научных трудов научно-практической конференции, 28 мая 2019 года, Юго-Западный государственный университет. - Курск, 2019. - С. 105-109.
6. Пути повышения энергоэффективности гражданских зданий / Э.Е. Семенова, М.Г. Самсонова, Д.Е. Нецепляев, В.Ю. Компанец. - Текст : непосредственный // Инженерные системы и сооружения. - 2019. - №3 (36). - С. 20-24.
7. Повышение энергоэффективности существующих жилых зданий / Э.Е. Семенова, Г.В. Пономарева, Р.Е. Касаткин, А.А. Грибанов - Текст: непосредственный // Инженерные системы и сооружения. - 2018. - №4 (33). - С.56-60.
8. Семенова Э.Е. Анализ проектирования жилых зданий с учетом энергосбережения / Э.Е. Семенова, Е.Д. Мельников, Г.В. Пономарева - Текст : непосредственный // Высокие технологии в строительном комплексе. - 2018. - №1. - С.30-33.
9. Семенова Э.Е. Исследование применения энергосберегающих светопрозрачных конструкций зданий / Э.Е. Семенова, Е.О. Логвинова - Текст : непосредственный // Строительство: новые технологии - новое оборудование. - 2018. - №9. - С. 47-50.
10. Табунщиков Ю. А. Пути повышения энергоэффективности эксплуатируемых зданий / Ю.А. Табунщиков, В.И. Ливчак, В.Г. Гагарин, Н.В. Шилкин. - Текст : непосредственный // АВОК. - 2009. - №5. - С.21-27.

© Э. Е. Семенова, В. С. Думанова

Ссылка для цитирования:

Э. Е. Семенова, В. С. Думанова. Повышение энергоэффективности эксплуатируемых зданий // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2020. № 2 (32). С. 72–75.