



Современные теплоизоляционные материалы и особенности их применения

П.И. Горелик¹, Ю.С. Золотова²

ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 95251, Россия, Санкт-Петербург, Политехническая, 29.

Информация о статье	История	Ключевые слова
УДК 691	Подана в редакцию 22 ноября 2013 Оформлена 28 марта 2014 Согласована 29 марта 2014	теплоизоляционные материалы; энергоэффективность; сравнительные характеристики; теплозащита зданий; коэффициент теплопроводности;

АННОТАЦИЯ

Повышение энергоэффективности и энергосбережение являются на сегодняшний день приоритетными направлениями энергетической политики России. В связи с этим на рынке строительных материалов сегодня представлен огромный ассортимент типов и марок теплоизоляционных материалов.

Порой их многообразие способно завести потребителя в тупик. Каждый производитель конкретного материала в своей рекламной информации описывает достоинства своего материала, без учета других его особенностей, которые делают его применение недостаточно эффективным, а в отдельных случаях просто недопустимым в конкретных условиях.

В данной статье описаны основные принципы сравнения материалов, по которым потребитель может выбрать наиболее подходящий для него вариант, исходя из приоритетных характеристик. Рассмотрены основные группы теплоизоляционных материалов.

В результате проведенного анализа рынка разработана методика, представленная в виде таблицы и оптимизирующая выбор того или иного продукта по широкому критерию характеристик.

Содержание

1.	Введение	94
2.	Обзор литературы	94
3.	Постановка задач	95
4.	Основная часть	95
5.	Заключение	98

1

Контактный автор:

+7 (911) 832 9436, Polina23707@gmail.com (Горелик Полина Игоревна, студент)

2

+7 (921) 772 0251, yszolotova@gmail.com (Золотова Юлия Сергеевна, ассистент)

1. Введение

Повышение энергоэффективности и энергосбережение являются на сегодняшний день приоритетными направлениями энергетической политики России. Принятый в 2009 году закон [1] стимулирует динамичный рост как импортных, так и отечественных теплоизоляционных материалов на строительном рынке.

В результате многочисленных проведенных исследований [2-7] стало очевидно, что при проектировании энергоэффективного дома в первую очередь стоит побеспокоиться о предотвращении потерь тепла через ограждающие конструкции, а уже потом об оптимизации работ инженерных систем здания, о снижении затрат на освещение и внедрении альтернативных источников энергообеспечения.

Теплоизоляционные материалы, чьей главной характеристикой является теплопроводность, играют решающую роль в обеспечении оптимальных условий микроклимата помещений.

Эффективность того или иного типа материала связана со следующими факторами:

- энергоемкость изготовления материала, обладающего нормативными свойствами;
- эксплуатационная стойкость материала в конкретных условиях эксплуатации; энергоемкость строительных работ (монтаж материала в конструкции);
- снижение расходов на обогрев помещения [8].

При выборе материала для теплоизоляции обязательно должен учитываться температурный и влажностный режим, нагрузки и деформационные воздействия на конструкцию, условия эксплуатации и другие требования согласно п. 4.2 СНиП 23-02-2003 [9], а не только сопротивление теплопередаче. Такими требованиями могут быть воздухопроницаемость, защита от переувлажнения, пожарная безопасность и т.п. Также важно, чтобы материал сохранял эксплуатационную стойкость в течение всего срока службы.

Проследить за тем, как ведет себя теплоизоляционный материал в конструкции очень сложно, так как чаще всего материал находится внутри конструкции. Изменение геометрических характеристик материала со временем приводит к ухудшению изоляционных свойств материала [10]. Поэтому предпочтительнее материалы, имеющие более плотную оболочку и менее плотные внутренние слои. Слоистая структура предотвращает или снижает проникновение влаги в материал, снижает показатель фильтрации воздуха через слой утеплителя, снижает опасность эрозии материала фильтрационными потоками [8]. Часто возникает необходимость использовать материалы, обладающие относительно высокими прочностными характеристиками, при сохранении эффективности утепления [11].

Любое ограждение оказывает некоторое сопротивление переходу тепла. Для достижения значительного теплосопrotivления ограждающую конструкцию необходимо делать большой толщины, однако, это экономически нецелесообразно, и поэтому снижение расходов на обогрев помещения достигается путем использования наиболее выгодного энергетически и экономически теплоизоляционного материала [12].

2. Обзор литературы

Вопросы, связанные со сравнением теплоизоляционных материалов и принципом их выбора, имеют описание в ранее опубликованных статьях [13-17], но они, в основном, направлены на сравнительный анализ по отдельным характеристикам однопородных материалов, таким как: теплоизоляционные, конструктивные, стоимостные и т.д., либо для сравнения представлены только один или два вида материалов.

В [18, 19] обсуждается тема повышения требований к теплозащите зданий, согласно СНиП 23-02-2003 [9]. В [20] описаны способы адаптации существующих материалов к современным требованиям, а также основные положения методологии создания новых отделочных и теплоизоляционных материалов. В [21, 22] представлены новые инновационные материалы: вакуумные теплоизоляционные материалы, наноматериалы, теплоизоляционные материалы на основе газа, динамические теплоизоляционные материалы и возможность их изобретения, развития и применения.

Затрудненность выбора наиболее подходящего типа теплоизоляционного материала, а также сравнительный анализ основных типов материалов по наиболее интересующим потребителя критериям, не имеют описания в ранее опубликованных статьях.

3. Постановка задач

Анализ публикаций по теме исследования позволяет сделать вывод о существующей трудности выбора оптимального материала для потребителя [23-29]. Целью данной работы является создание простого и понятного для широкого круга потребителей оптимального метода сравнения теплоизоляционных материалов. Главными задачами, решаемыми в ходе исследования, являются анализ рынка теплоизоляционных материалов и структуризация сравнения их характеристик [30-35].

4. Основная часть

Рассмотрим основные группы теплоизоляционных материалов, их основные свойства и характеристики, выделяющие их среди остальных материалов.

Минеральная вата – волокнистый материал, имеющий структуру ваты и изготовленный из расплава горной породы с добавлением органического связующего компонента.

- Коэффициент теплопроводности - 0,038-0,045 Вт/(м·К);
- Плотность (жесткость) – 35-160 кг/м³;
- Горючесть (пожаробезопасность) – НГ;
- Высокая химическая стойкость;
- Хорошая паропроницаемостью

Стекловата – стеклянное штапельное волокно, изготовленное из отходов стекольной промышленности с большой долей органических связующих компонентов.

- Коэффициент теплопроводности - 0,037-0,046 Вт/(м·К);
- Плотность (жесткость) – 13-85 кг/м³;
- Горючесть (пожаробезопасность) – Г1-Г4;
- Высокая химическая стойкость;
- Высокое водопоглощение.

Вспененный пенополистирол – жесткий материал, в основном с ячеистой структурой, полученный путем спекания гранул полистирола или одного из его сополимеров.

- Коэффициент теплопроводности - 0,03-0,04 Вт/(м·К);
- Плотность (жесткость) – 15-40 кг/м³;
- Горючесть (пожаробезопасность) – Г4;
- Негигроскопичен;
- Низкая прочность на сжатие.

Экструдированный пенополистирол - жесткий материал с закрытой ячеистой структурой, полученный методом экструзии вспенивающегося полистирола или одного из его сополимеров.

- Коэффициент теплопроводности - 0,038-0,041 Вт/(м·К);
- Плотность (жесткость) – 25-45 кг/м³;
- Горючесть (пожаробезопасность) – Г2-Г4;
- Водонепроницаем;
- Высокая прочность на сжатие.

Пенополиуретан - жесткий или полужесткий материал с закрытой ячеистой структурой. Может применяться в виде жестких панелей или жидких смесей.

- Коэффициент теплопроводности - 0,03-0,04 Вт/(м·К);
- Плотность (жесткость) – 30-200 кг/м³;
- Горючесть (пожаробезопасность) – Г2-Г4;
- Высокая химическая и биологическая стойкость;
- Нуждается в защите от солнечных лучей;

K-FLEX – материал, изготовленный из вспененного искусственного каучука с закрытыми порами.

- Коэффициент теплопроводности - 0,03 Вт/(м·К);
- Плотность (жесткость) - 40 кг/м³;
- Горючесть (пожаробезопасность) – Г4;
- Эффективен при изоляции от очень высоких или очень низких температур;
- Дополнительные шумоизолирующие свойства.

Изоплат – жидкая вязкая суспензия, образующая прочное полимерное покрытие на поверхности. Состоит из керамических микросфер с разряженным воздухом и акрилового связующего.

- Коэффициент теплопроводности - 0,005 Вт/(м·К);
- Плотность (жесткость) - 400 кг/м³;
- Горючесть (пожаробезопасность) – НГ;
- Водонепроницаемость;
- Адгезия (сцепление с покрываемыми поверхностями).

Аэрогель – материал, представляющий собой гель, в котором жидкая фаза полностью замещена газообразной.

- Коэффициент теплопроводности - 0,022 Вт/(м·К);
- Плотность (жесткость) - 180 кг/м³;
- Горючесть (пожаробезопасность) – НГ;
- Водонепроницаем;
- Паропроницаемость;
- Высокая прочность;
- Изоляция от очень высоких температур.

Для решения задачи комплексного сравнения видов утеплителей предлагается свести основные показатели в таблицу, определив в ней наиболее распространенные группы материалов и параметры сравнения. Потребитель будет иметь возможность одновременно оценить все основные характеристики различных групп материалов, расставить параметры сравнения в нужной для него последовательности по приоритетности. Затем, после выбора типа материала, уточнить его конкретные характеристики внутри группы (см. таблицу 1).

Приведенная таблица [1] значительно облегчает выбор наиболее подходящего материала по самому важному для потребителя критерию. Пользуясь ею можно объективно взвесить преимущества и недостатки каждого из них, что практически невозможно сделать, лично обращаясь к конкретным многочисленным производителям.

Таблица 1. Сравнение характеристик

Тип материала/ Характеристика сравнения	Область применения	Коэффициен т теплопровод- ности, Вт/(м·К)	Плотность (жесткость), кг/м ³	Горючесть	Стоимость 1 м ³ , руб	Экологичность, экономичность, и другие отличительные характеристики
Минеральные	Наружное и внутреннее утепление, утепление трубопроводов	0,038-0,045	35-160	НГ	1500-3000 руб.	Экологичность, долговечность
Стекловата	Внутреннее утепление, утепление трубопроводов	0,037-0,046	13-85	Г1-Г4	1800-2000 руб.	Экологичность, экономичность
Вспененный пенополистирол	Утепление в слоистой кладке, внутри панелей	0,03-0,04	15-40	Г4	500-1200 руб.	Экономичность, тепло- эффективность
Экструдирован- ный пенополистирол	Наружное утепление, утепление подземных частей	0,038-0,041	25-45	Г2-Г4	3500-4500 руб.	Долговечность, прочность
Пенополиуретан	Наружное утепление, внутри панелей, утепление трубопроводов	0,03-0,04	30-200	Г2-Г4	1500-2500 руб.	Удобство применения, тепло- эффективность
K-FLEX	Утепление трубопроводов	0,03	40	Г4	5600-7000 руб.	Тепло- эффективность, шумо- ,звуко- изоляционные свойства
Изоллат	Утепление наружных конструкций и трубопроводов	0,005	400	НГ	1500-2000 руб. за 1 м ² изолированн ой поверхности слоя (*)	Высокая адгезия к изолируемой поверхности, тонкослойный
Аэрогель	Для промышленной изоляции емкостей и трубопроводов с высокими температурами	0,022	180	НГ	15000-20000 руб. за 1м ² (**)	Эффективен при очень высоких температурах, очень прочный

Примечание. (*) так как этот материал наносят в жидком виде тонким слоем.

(**) очень тонкий и очень дорогой.

5. Заключение

В результате проведенного анализа рынка теплоизоляционных материалов была разработана методика, оптимизирующая выбор того или иного продукта по широкому критерию характеристик. Её использование значительно сокращает трудозатраты потребителя на выбор того или иного материала. Простота методики достигается за счет использования табличной формы. Благодаря этому она может быть использована как опытными специалистами в области строительства, так и рядовым потребителями для частных целей.

Литература

1. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. N 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации"
2. Горшков А.С., Немова Д.В., Ватин Н.И. Формула энергоэффективности // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 7 (12). С. 49-63.
3. Гагарин В.Г. Теплофизические проблемы современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2009. №5. С.297-305
4. Ватин Н.И., Горшков А.С., Немова Д.В. Энергоэффективность ограждающих конструкций при капитальном ремонте // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 3 (8). С. 1-11.
5. Альбом технических решений по применению теплоизоляционных изделий из пенополиуретана торговой марки «Spru-insulation» в строительстве жилых, общественных и промышленных зданий / Ватин Н.И., Величкин В.З., Горшков А.С., Пестряков И.И., Пешков А.А., Немова Д.В., Киски С.С. // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 3 (8). С. 1-264.
6. Ватин Н.И., Немова Д.В., Горшков А.С. Сравнительный анализ потерь тепловой энергии и эксплуатационных затрат на отопление для загородного частного дома при различных минимальных требованиях к уровню тепловой защиты ограждающих конструкций // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2013. № 1 (168). С. 36-39.
7. Ватин Н.И., Горшков А.С., Глумов А.В. Влияние физико-технических и геометрических характеристик штукатурных покрытий на влажностный режим однородных стен из газобетонных блоков // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 1. С. 28-33.
8. Жуков А.Д., Смирнова Т.В., Чугунков А.В., Химич А.О. Особенности тепловой обработки слоистых высокопористых материалов // Вестник МГСУ. 2013. № 5. С. 96—102.
9. СНиП 23-02-2003 "Тепловая защита зданий"
10. Капустин А.А. Натурные исследования эксплуатационных характеристик теплоизоляционных плит из минеральной ваты на закрытых гидроветрозащитными пленками при перерывах монтажа навесных фасадных систем // Вестник МГСУ. 2011. №3. 148 с.
11. Системное моделирование технологии минераловатных изделий / Жуков А.Д., Смирнова Т.В., Еременко А.А., Копылов Н.А. // Вестник МГСУ. 2013. № 6. С. 92-99.
12. Акулова М.В. Технология изоляционных строительных материалов и изделий. 65 с.
13. Chaikovskiy G. Comparison of Thermal Insulation Materials for Building Envelopes of Multi-storey Buildings in Saint-Petersburg [Электронный ресурс]. Системные требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/24695/Chaikovskiy_German.pdf?sequence=1 (дата обращения 05.11.13)
14. Duijve M. Comparative assessment of insulating materials on technical, environmental and health aspects for application in building renovation to the Passive house level [Электронный ресурс]. Системные требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://igitur-archive.library.uu.nl/student-theses/2012-1210-200855/Melchert%20Duijve%20-%20MSc%20Thesis%20-%20LCA%20insulation%20materials%20-%202012.pdf> (дата обращения 25.10.13)
15. Perez O.C. The behavior of aerogel blankets as insulation material in external walls at high temperatures [Электронный ресурс]. Системные требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/168478/168478.pdf> (дата обращения 27.10.13)

16. Копытенкова О.И., Турсунов З.Ш. Оценки риска и направления совершенствования охраны труда в строительстве при использовании минеральных ват // Интернет-журнал Науковедение. 2013. №1(14). С.17-23.
17. Жуков А. Д., Смирнова Т. В., Чугунков А. В. Перенос тепла в высокопористых материалах // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 3 (23). 8 с.
18. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий и сооружений» // Жилищное строительство. 2011. №8. С. 2-6
19. Малявина Е.Г. Строительная теплофизика и проблемы утепления современных зданий// АВОК. 2009. №1. С. 4.
20. Румянцев Б. М., Жуков А. Д. Принципы создания новых строительных материалов // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 3(23). С. 19.
21. Jelle B.P., Gustavsen A., Baetens R. The High Performance Thermal Building Insulation Materials and Solutions of Tomorrow [Электронный ресурс]. Системные требования: AdobeAcrobatReader. URL: http://web.omni.gov/sci/buildings/2012/2010%20B11%20papers/132_Jelle.pdf (дата обращения 03.11.13)
22. Кузьменко Д.В., Ватин Н.И. Ограждающая конструкция «нулевой толщины» - термопанель // Инженерно-строительный журнал. 2008. № 1. С. 13-21.
23. Coquarda R., Baillis D., Quenarda D. Experimental and theoretical study of the hot-ring method applied to low-density thermal insulators // International Journal of Thermal Sciences. 2008. Vol. 47. Issue 3. Pp. 324–338.
24. Thermal conductivity of thin single-crystalline germanium-on-insulator structures / Alvarez-Quintana J., Rodríguez-Viejo J., Alvarez F.X., Joua D. // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2011. Vol. 54. Issues 9–10. Pp. 1959–1962.
25. Gonçalves M.R.F., Bergmann C.P. Thermal insulators made with rice husk ashes: Production and correlation between properties and microstructure // Construction and Building Materials. 2007. Vol. 21. Issue 12. Pp. 2059–2065.
26. Optimization-based feasibility study of an active thermal insulator / Harren-Lewis T., Rangavajhalab S., Messacc A., Zhang J. // Building and Environment. 2012. Vol. 53. Pp. 7–15
27. Steven Van Dessel, Benjamin Foubert. Active thermal insulators: Finite elements modeling and parametric study of thermoelectric modules integrated into a double pane glazing system // Energy and Buildings. 2010. Vol. 42. Issue 7. Pp.1156–1164
28. The EU advanced lead lithium blanket concept using SiCf/SiC flow channel inserts as electrical and thermal insulators / Norajitra P., Bühler L., Fischera U., Kleefeldt K., Malanga S., Reimanna G., Schnaudera H., Giancarli L., Golfierb H., Poitevinb Y., Salavyb J.F. // Fusion Engineering and Design. 2001. Vol. 58–59. Pp. 629–634.
29. Al-Tayyib A.J., Jung H.J., Shamin Khan M. Development of calcium silicate thermal insulator in Saudi Arabia // Cement and Concrete Research. 1990. Vol. 20. Issue 5. Pp. 767–777.
30. Antohe B.V., Lage J.L. A dynamic thermal insulator: Inducing resonance within a fluid saturated porous medium enclosure heated periodically from the side // International Journal of Heat and Mass Transfer. 1994. Vol. 37. Issue 5. Pp. 771–782.
31. Andreas Plößla, Gertrud Kräutera Silicon-on-insulator: materials aspects and applications // Solid-State Electronics. 2000. Vol. 44. Issue 5. Pp. 775–782.
32. Горшков А.С. Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 1. С. 9-13.
33. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании / Ватин Н.И., Немова Д.В., Рымкевич П.П., Горшков А.С. // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8 (34). С. 4-14.
34. Кнатько М.В., Ефименко М.Н., Горшков А.С. К вопросу о долговечности и энергоэффективности современных ограждающих стеновых конструкций жилых, административных и производственных зданий // Инженерно-строительный журнал. 2008. № 2. С. 50-53.
35. Горшков А.С., Гладких А.А. Мероприятия по повышению энергоэффективности в строительстве // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 246-250.

Modern thermal insulation materials and some features of their application

P.I. Gorelik¹, Yu.S. Zolotova²

Saint-Petersburg State Polytechnical University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia.

ARTICLE INFO

Article history

Received 22 November 2013
Received in revised form 28 March
2014
Accepted 29 March 2014

Keywords

thermal insulation materials;
energy-efficiency;
comparative characteristics;
thermal protection of buildings;
thermal conductivity;

ABSTRACT

Energy-efficiency improvement and energy-saving are in a high priority in Russian energy policy today. As a result, there is the huge assortment of insulation materials of different types and brands in the construction material market. Occasionally a huge variety of these materials is able to bedevil the consumer. Every manufacturer of definite material in its own promotional information describe benefits of its material without heeding rest material features, that makes structural use insufficiently effective or impossible in some cases. In this article main comparison principles of insulation materials, which allow consumers to choose the best suited variant according to features of higher priority, are presented. Main groups of thermal insulation materials are reviewed. In consequence of market analysis developed methods, presented in tabular form and optimized the choice according to wide range of characteristics.

1

Corresponding author:

+7 (911) 832 9436, Polina23707@gmail.com (Polina Igorevna Gorelik, Student)

2

+7 (921) 772 0251, yszolotova@gmail.com (Yulia Sergeevna Zolotova, Assistant)

References

1. *Federalnyy zakon ot 23 noyabrya 2009 g. N 261-FZ "Ob energosberezhenii i o povyshenii energeticheskoy effektivnosti i o vnesenii izmeneniy v otдельnyye zakonodatelnyye akty Rossiyskoy Federatsii"* [Federal law №261, November, 23, 2009, "On energy-saving and energy efficiency improvement and changes of certain legislative acts of Russian Federation]
2. *Gorshkov A.S., Nemova D.V., Vatin N.I. Formula energoeffektivnosti* [The energy saving formula] // Construction of Unique Buildings and Structures. 2013. № 7 (12). Pp. 49-63. (rus)
3. *Gagarin V.G. Teplofizicheskiye problemy sovremennykh stenovykh ograzhdayushchikh konstruksiy mnogoetazhnykh zdaniy* [Thermophysical problems of modern multistory building wall enclosing covering] // *Academia. Arkhitektura i stroitelstvo*. 2009. №5. Pp.297-305. (rus)
4. *Vatin N.I., Gorshkov A.S., Nemova D.V. Energoeffektivnost ograzhdayushchikh konstruksiy pri kapitalnom remonte* [Energy efficiency of envelopes at major repairs]// Construction of Unique Buildings and Structures. 2013. № 3 (8). Pp. 1-11. (rus)
5. *Album tekhnicheskikh resheniy po primeneniyu teploizolyatsionnykh izdeliy iz penopoliuretana torgovoy marki «Spu-insulation» v stroitelstve zhilykh, obshchestvennykh i promyshlennykh zdaniy* [Album of technical solutions for the application of polyurethane foam thermal insulation products of the brand «SPU-INSULATION» in the construction of residential, public and industrial buildings] / Vatin N.I., Velichkin V.Z., Gorshkov A.S., Pstryakov I.I., Peshkov A.A., Nemova D.V, Kiski S.S. // Construction of Unique Buildings and Structures. 2013. № 3 (8). Pp. 1-264. (rus)
6. *Vatin N.I., Nemova D.V., Gorshkov A.S. Sravnitelnyy analiz poter teplovoy energii i ekspluatatsionnykh zatrat na otopleniye dlya zagorodnogo chasnogo doma pri razlichnykh minimalnykh trebovaniyakh k urovnyu teplovoy zashchity ograzhdayushchikh konstruksiy*[Comparative analysis of heat energy waste and operating costs of private country house heating system due to different external building heat insulation standarts] // Construction materials, the equipment, technologies of XXI century. 2013. № 1 (168). Pp. 36-39. (rus)
7. *Vatin N.I., Gorshkov A.S., Glumov A.V. Vliyaniye fiziko-tekhnicheskikh i geometricheskikh kharakteristik shtukaturnykh pokrytiy na vlazhnostnyy rezhim odnorodnykh sten iz gazobetonnykh blokov* [Influence of physicotchnical and geometrical characteristics of plastering covering on moisture conditions of AAC-blocks homogeneous walls] // Magazine of Civil Engineering. 2011. № 1. Pp. 28-33. (rus)
8. *Zhukov A.D., Smirnova T.V., Chugunkov A.V., Khimich A.O. Osobennosti teplovoy obrabotki sloistykh vysokoporistykh materialov* [Features of heat treatment of highly porous layered materials]// Vestnik MGSU. 2013. № 5. Pp. 96—102. (rus)
9. SNiP 23-02-2003 Teplovaya zashchita zdaniy. [Thermal protection of buildings]. (rus)
10. *Kapustin A.A. Naturnyye issledovaniya ekspluatatsionnykh kharakteristik teploizolyatsionnykh plit iz mineralnoy vaty na zakrytykh gidrovetrozashchitnymi plenkami pri pereryvakh montazha navesnykh fasadnykh system* [Research of exploitation properties of mineral wool insulation slabs without protection during breaking in construction of ventilated facades] // Vestnik MGSU. 2011. №3. Pp. 148. (rus)
11. *Sistemnoye modelirovaniye tekhnologii mineralovatnykh izdeliy* [System simulation of technology of mineral wool products] / Zhukov A.D., Smirnova T.V., Yeremenko A.A., Kopylov N.A. // Vestnik MGSU. 2013. № 6. Pp. 92-99. (rus)
12. *Akulova M.V. Tekhnologiya izolyatsionnykh stroitelnykh materialov i izdeliy.* [Technology of building insulation materials and products] 65 p.
13. Chaykovskiy G. Comparison of Thermal Insulation Materials for Building Envelopes of Multi-storey Buildings in Saint-Petersburg [web source]. Sistemnyye trebovaniya: AdobeAcrobatReader. URL:http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/24695/Chaykovskiy_German.pdf?sequence=1 (date of reference: 05.11.13)

14. Duijve M. Comparative assessment of insulating materials on technical, environmental and health aspects for application in building renovation to the Passive house level [web source]. Sistemnyye trebovaniya: AdobeAcrobatReader. URL: <http://igitur-archive.library.uu.nl/student-theses/2012-1210-200855/Melchert%20Duijve%20-%20MSc%20Thesis%20-%20LCA%20insulation%20materials%20-%202012.pdf> (date of reference: 25.10.13)
15. Perez O.C. The behavior of aerogel blankets as insulation material in external walls at high temperatures [web source]. Sistemnyye trebovaniya: AdobeAcrobatReader. URL: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/168478/168478.pdf> (date of reference: 27.10.13)
16. Kopytenkova O.I., Tursunov Z.Sh. Otsenki riska i napravleniya sovershenstvovaniya okhrany truda v stroitelstve pri ispolzovanii mineralnykh vat [Risk assessment and directions improving of labor protection in construction when using mineral wools] // Internet-zhurnal Naukovedeniye. 2013. №1(14). Pp.17-23. (rus)
17. Zhukov A. D., Smirnova T. V., Chugunkov A. V. Perenos tepla v vysokoporistykh materialakh [Heat transfer in high-porous materials] // Internet-vestnik VolgGASU. Ser.: Politematicheskaya. 2012. Issue: 3 (23). 8 p. (rus)
18. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Trebovaniya k teplozashchite i energeticheskoy effektivnosti v projekte aktualizirovannogo SNiP «Teplovaya zashchita zdaniy i sooruzheniy» [Requirements for Thermal Protection and Energy Efficiency in the Draft of the Updated SNiP "Thermal Protection of Buildings"] // Housing Constraction. 2011. №8. Pp. 2-6. (rus)
19. Malyavina Ye.G. Stroitel'naya teplofizika i problemy utepleniya sovremennykh zdaniy [Building thermal physics and modern building heat insulation problems] // ABOK. 2009. №1. Pp. 4.
20. Rumyantsev B. M., Zhukov A. D. Printsipy sozdaniya novykh stroitelnykh materialov [Foundations of new building materials creation] // Internet-vestnik VolgGASU. Ser.: Politematicheskaya. 2012. Issue: 3(23). Pp. 19. (rus)
21. Jelle B.P., Gustavsen A., Baetens R. The High Performance Thermal Building Insulation Materials and Solutions of Tomorrow [web source]. Sistemnyye trebovaniya: AdobeAcrobatReader. URL: http://web.ornl.gov/sci/buildings/2012/2010%20B11%20papers/132_Jelle.pdf (date of reference: 03.11.13)
22. Kuzmenko D.V., Vatin N.I. Ograzhdayushchaya konstruktsiya «nulevoy tolshchiny» - termopanel [Enclosing structure of "zero thickness" – thermo panel] // Magazine of Civil Engineering. 2008. № 1. Pp. 13-21. (rus)
23. R. Coquarda, D. Baillisb, D. Quenarda. Experimental and theoretical study of the hot-ring method applied to low-density thermal insulators // International Journal of Thermal Sciences. 2008. Vol. 47. Issue 3. Pp. 324–338.
24. Alvarez-Quintanaa J., Rodríguez-Viejoa J., Alvarez F.X., Jua D. Thermal conductivity of thin single-crystalline germanium-on-insulator structures // International Journal of Heat and Mass Transfer. Volume 54. Issues 9–10. April 2011. Pp. 1959–1962.
25. Gonçalvesa M.R.F., Bergmann J.C.P. Thermal insulators made with rice husk ashes: Production and correlation between properties and microstructure // Construction and Building Materials. Volume 21. Issue 12. December 2007. Pp. 2059–2065.
26. Optimization-based feasibility study of an active thermal insulator / Timothy Harren-Lewisa, Sirisha Rangavajhalab, Achille Messacc, Junqiang Zhangd // Building and Environment. July 2012. Volume 53. Pp. 7–15.

27. Steven Van Dessel , Benjamin Foubert Active thermal insulators: Finite elements modeling and parametric study of thermoelectric modules integrated into a double pane glazing system // Energy and Buildings. Volume 42. Issue 7. July 2010. Pp.1156–1164.
28. Norajitraa P., Bühlera L., Fischera U., Kleefeldta K., Malanga S., Reimanna G., Schnaudera H., Giancarlib L., Golfierb H., Poitevinb Y., Salavyb J.F. The EU advanced lead lithium blanket concept using SiCf/SiC flow channel inserts as electrical and thermal insulators // Fusion Engineering and Design. Volumes 58–59. November 2001. Pp. 629–634.
29. Al-Tayyib A.J., Jung H.J., Shamin Khan M. Development of calcium silicate thermal insulator in Saudi Arabia // Cement and Concrete Research. Volume 20, Issue 5, September 1990, Pp. 767–777.
30. Antohe B.V., Lage J.L. A dynamic thermal insulator: Inducing resonance within a fluid saturated porous medium enclosure heated periodically from the side // International Journal of Heat and Mass Transfer. Volume 37. Issue 5. March 1994. Pp. 771–782.
31. Andreas Plöblla, Gertrud Kräutera Silicon-on-insulator: materials aspects and applications // Solid-State Electronics. 1 May 2000. Issue 5. Volume 44. Pp. 775–782.
32. Gorshkov A.S. *Energoeffektivnost v stroitelstve: voprosy normirovaniya i mery po snizheniyu energopotrebleniya zdaniy* [The energy efficiency in the field of construction: questions of norms and standards and solutions for the reduction of energy consumption at building] // Magazine of Civil Engineering 2010. № 1. Pp. 9-13. (rus)
33. *Vliyaniye urovnya teplovoy zashchity ograzhdayushchikh konstruktsiy na velichinu poter teplovoy energii v zdanii* [Influence of building envelope thermal protection on heat loss value in the building] / Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S // Magazine of Civil Engineering. 2012. № 8 (34). Pp. 4-14. (rus)
34. *Knatko M.V., Yefimenko M.N., Gorshkov A.S. K voprosu o dolgovechnosti i energoeffektivnosti sovremennykh ograzhdayushchikh stenovykh konstruktsiy zhilykh, administrativnykh i proizvodstvennykh zdaniy* [On durability and energy efficiency of modern wall covering constructions of residential administration and industrial buildings] // Magazine of Civil Engineering. 2008. № 2. Pp. 50-53. (rus)
35. *Gorshkov A.S., Gladkikh A.A. Meropriyatiya po povysheniyu energoeffektivnosti v stroitelstve* [Improvement of the energy efficiency] // Academia. *Arkhitektura i stroitelstvo*. 2010. № 3. Pp. 246-250. (rus)