

## Теплоизоляционные материалы, обеспечивающие энергоэффективность фасадных систем

*С.Г. Абрамян, Н.А. Михайлова, А.А. Котляревский, В.О. Семочкин*

*Волгоградский государственный технический университет*

**Аннотация:** В статье рассматриваются некоторые теплоизоляционные материалы, которые, по мнению отечественных и зарубежных исследователей, могут максимально обеспечить энергоэффективность вертикальных ограждающих конструкций зданий и сооружений. Сравнительный анализ ряда основных теплоизоляционных и технических параметров позволил выявить самые энергоэффективные группы материалов. В табличной форме представлены основные достоинства и недостатки этих материалов. Отмечается, что оптимальный выбор энергоэффективных теплоизоляционных материалов должен осуществляться на комплексной основе и с применением программ ЭВМ, так как рынок современных теплоизоляционных материалов огромен. При этом необходимо ранжирование материалов по определенным критериям.

**Ключевые слова:** энергосбережение, теплотехнические свойства, утеплители, жидкие керамические теплоизоляторы, пенокомпозит, экологичность.

Анализ зарубежной и отечественной научной литературы [1–9] показывает, что обеспечение энергоэффективности ограждающих конструкций зданий и сооружений без применения новейших теплоизоляционных материалов и выбора их оптимальной толщины невозможно.

На современном строительном рынке представлено огромное количество утеплителей, отличающихся по параметрам экологичности, огнестойкости, влагустойчивости, технологичности монтажа, ценовой политике, сроку эксплуатации и т.д., а также обладающих определенными недостатками. Однако в данной статье рассмотрены только те из них, которые, согласно анализу ряда публикаций, в том числе и вышеуказанных, могли бы обеспечить энергоэффективность вертикальных ограждающих конструкций или по некоторым причинам широко применяются в последние десять лет в отечественном и зарубежном домостроении. К ним относятся: вакуумная теплоизоляция, экотеплин, PIR-плиты, термоплиты, MULTIPOR, PENOCOM, жидкие теплоизоляторы, пенополистирол. Отметим, что

пенополистирол попал в список рассмотренных материалов в связи с тем, что он «повсеместно используется во всем мире [10–12], и разрабатываются методологии [13] обеспечения устойчивой эксплуатации зданий и сооружений с использованием гранулированного пенополистирола в сочетании с другими теплоизоляционными материалами» [14]. В России наблюдается снижение спроса на этот вид утеплителя.

На рис. 1 приведены основные теплоизоляционные и технические параметры перечисленных материалов.

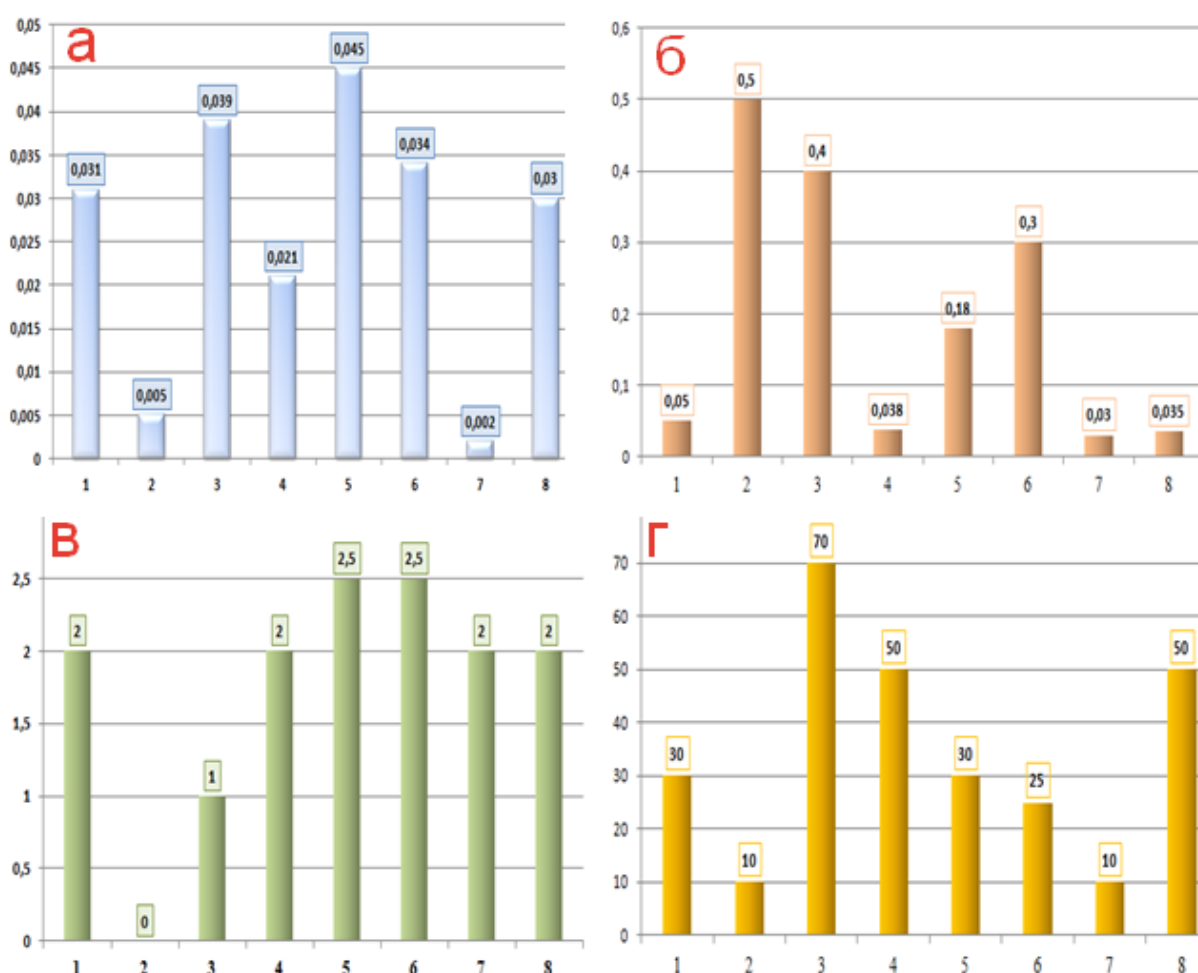


Рис. 1. Некоторые основные характеристики утеплителей: а – теплопроводность материалов, Вт/(м·К), при одинаковой толщине 5 см; б – паропроницаемость, мг/(м ч Па); в – водопоглощение за 24 ч, % по объему, не более; г – срок эксплуатации, лет; 1 – пенополистирол; 2 – вакуумная теплоизоляция; 3 – экотеплин; 4 – PIR-плиты; 5 – MULTIPOR; 6 – термоплиты; 7 – жидкие теплоизоляторы; 8 – PENOCOM

По теплопроводности (рис. 1, а) самыми лучшими материалами являются жидкие теплоизоляторы, вакуумная теплоизоляция, PIR-плиты, термоплиты (термопанели и термофасады); по паропроницаемости (рис. 1, б) – жидкие теплоизоляторы, PENOKOM, PIR-плиты, пенополистирол; по водопоглощению (рис. 1, в) – вакуумная теплоизоляция, экотеплин, пенополистирол, PIR-плиты, жидкие теплоизоляторы, PENOCOM; по сроку службы (рис. 1, г) – экотеплин, PIR-плиты, PENOCOM, пенополистирол, MULTIPOR.

Для выявления самых эффективных материалов, отвечающих наиболее высоким требованиям по некоторым основным характеристикам (PIR-плиты, жидкие теплоизоляторы, PENOCOM, пенополистирол, вакуумная теплоизоляция), в табл. 1 и на рис. 2 приведены их основные достоинства и недостатки.

Таблица 1

Основные достоинства и недостатки  
рассматриваемых теплоизоляционных материалов

Наименование рассматриваемого материала и изделия	Достоинства	Недостатки
PIR-плиты (утеплитель из пенополиизоционурата)	Экологичность; огнестойкость; незначительный вес; повышенная термическая стойкость	Высокая цена; сложность монтажа; при несоблюдении технологии выполнения работ снижаются эксплуатационные характеристики строительного объекта



Вакуумная теплоизоляция	Огнестойкость; экологичность; возможность повторного применения; незначительный вес; не требует утилизации	Сравнительно высокая цена; хрупкость; необходимость постоянной поддержки вакуума; сложность монтажа; невозможность изменения размеров
Пенополистирол	Низкий показатель теплопроводности; влагоустойчивость; незначительный вес; доступная цена; простота монтажа; стойкость к воздействию микроорганизмов	Низкие звукоизоляционные свойства; высокий класс горючести; ограниченность применения
PENOCOM (пенокомпозит)	Экологичность; огнестойкость; технологичность; невысокая цена; незначительный вес	Малоизвестен

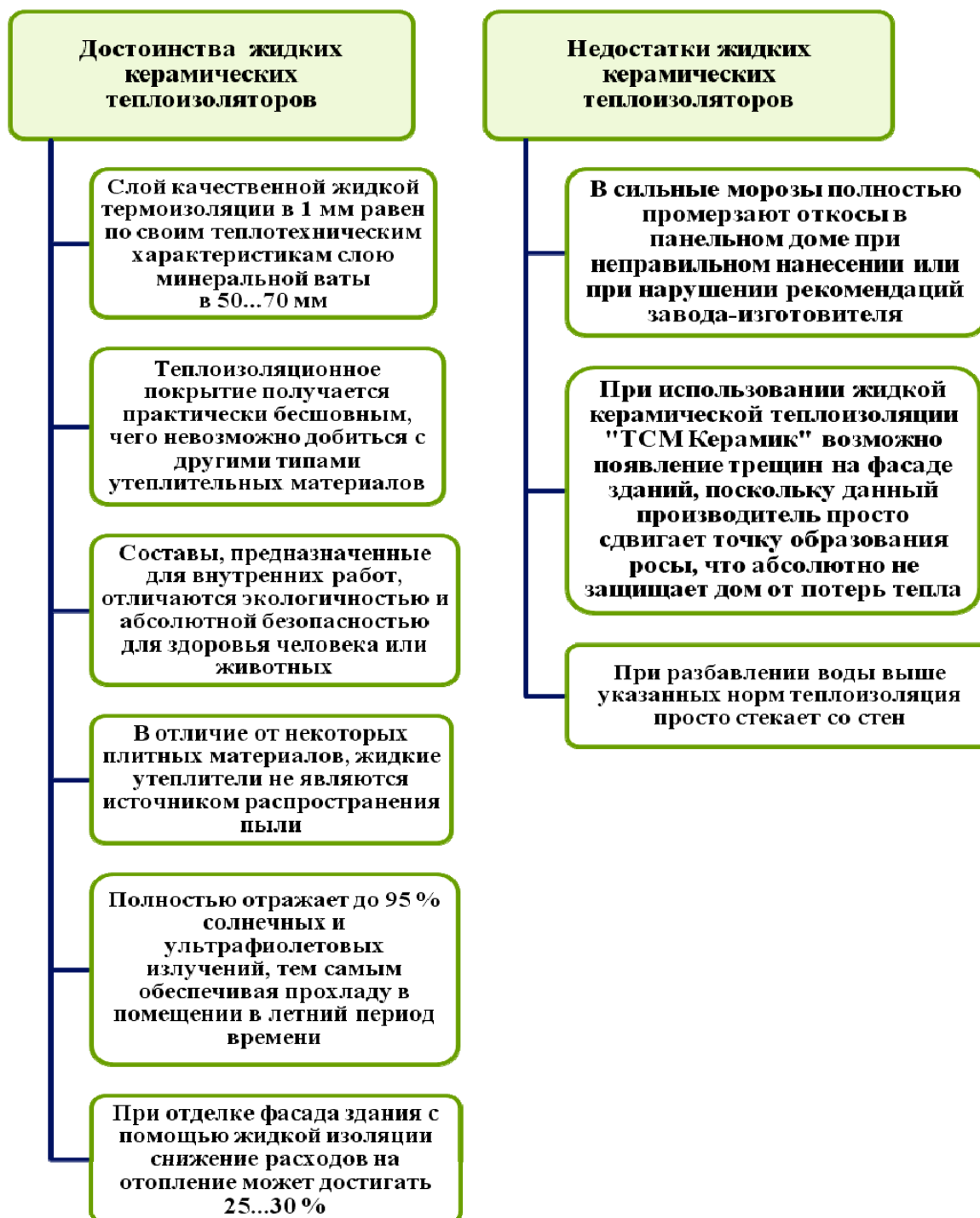


Рис. 2. Достоинства и недостатки жидких керамических теплоизоляторов согласно [15]

Основываясь на таких показателях, как технологичность, экологичность и огнестойкость, авторами для дальнейшего применения будут рассмотрены два уникальных материала – PENOCOM и жидкие керамические теплоизоляторы.

Малоизвестность PENOCOM (пенокомпозита) связана с тем, что он появился на российском рынке относительно недавно (2011 г.). Это уникальная разработка российских ученых запатентована компанией «ФАХМАНН».

Пенокомпозит, кроме огнестойкости и экологичности, объединяет в себе ряд уникальных свойств по энергосбережению. Изготавливается компонент по самовспенивающейся технологии из недорогих отечественных полимеров и твердых отходов топлива энергетической и камнедобывающей промышленности. Отличие его от других материалов – это высокие показатели теплоизоляционных способностей, которые достигаются за счет пористой структуры, даже при изменении температуры от 0 до +50 °С (рис. 3).

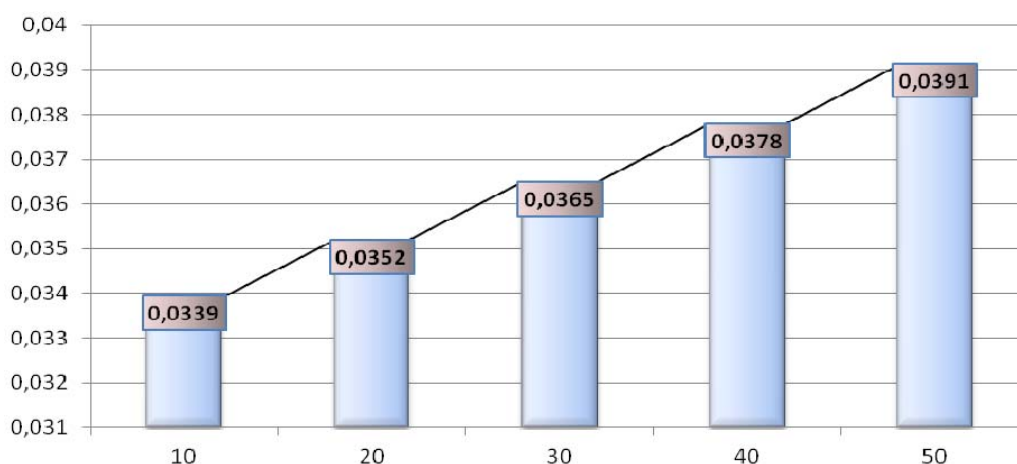


Рис. 3. Теплопроводность материала, Вт/(м·К), в диапазоне температур от 0 до +50 °С

Данный материал также решает проблему вторичной переработки индустриальных и бытовых отходов. PENOCOM соответствует требованиям

Федерального закона ФЗ-123 и относится к группе горючести Г1: при длительности огня 2 ч и температуре 1500 °С материал не разрушается, а лишь коксует [16]. Высокие теплоизоляционные свойства материалов, получаемых по технологиям вспенивания и самовспенивания, а также с добавлением наноматериалов, рассматриваются также в публикациях [17, 18].

Жидкие керамические теплоизоляционные материалы – совершенно новое поколение строительных теплоизоляционных материалов. Этот продукт получают из стеклянных наносфер на основе водных растворов акриловых полимеров. Благодаря тому, что внутри наносферы наличествует технический вакуум, жидкие керамические теплоизоляторы обладают повышенными теплозащитными характеристиками [19, 20]. Как отмечается в [20], в настоящее время среди ученых нет единого мнения относительно теплопроводности жидких нанокерамических теплоизоляторов: в одних публикациях отмечается, что теплопроводность составляет около 0,001...0,003 Вт/(м·К), в других указываются совершенно иные значения (0,01...0,14 Вт/(м·К)). Это означает, что либо данный материал не очень хорошо изучен, либо в научных публикациях намеренно не приводятся некоторые данные по полимерам, обеспечивающим сцепление нанокерамических вакуум-шариков. Как показывает опыт, потери теплоты при использовании жидких керамических теплоизоляторов в большинстве случаев связаны с нарушением технологии нанесения этого утеплителя. Основным недостатком этого материала – малый срок эксплуатации.

Таким образом, выбор оптимального теплоизоляционного материала для энергоэффективных фасадных систем требует комплексного подхода, основанного не на элементарном сравнении некоторых основных характеристик материалов, но учитывающего такие важные составляющие, как технологичность, экологичность и др. В связи с тем, что по некоторым

---

показателям в нормативных документах вообще отсутствуют критерии оценок (min и max), необходимо определенное ранжирование теплоизоляционных материалов по группам, обеспечивающее также выбор посредством применения ЭВМ.

### Литература

1. Sun Y.Y, Wilson R.B, Wu Y.P. A Review of Transparent Insulation Material (TIM) for building energy saving and daylight comfort // Applied Energy. 2018. Vol. 226, pp. 713-729. DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.05.094
2. Архипова А.Н., Нагрузова Л.П. Повышение теплоэффективности зданий с учетом температурных деформаций // Вестник Евразийской науки, 2018, №6. URL: [esj.today/PDF/07SAVN618.pdf](http://esj.today/PDF/07SAVN618.pdf) (доступ свободный).
3. Ватин Н.И., Немова Д.В., Рымкевич П.П., Горшков А.С. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 8. С. 4-14.
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. N. Vatin, A.S. Gorshkov, D.V. Nemova, A.A. Staritsyna, D.S. Tarasova The energy-efficient heat insulation thickness for systems of hinged ventilated facades // Advanced Materials Research. 2014. № 941. Pp. 905- 920.
6. Azarnejad A., Mahdavi A. Implications of facades' visual reflectance for buildings' thermal performance // Journal of Building Physics. 2018. Vol. 42 (Iss.2), pp.125—141. DOI: 10.1177/1744259117731287.



7. Абрамян С. Г., Матвийчук Т. А. К вопросу об энергетической эффективности зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2017. № 1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3993](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3993).

8. Абрамян С. Г., Матвийчук Т. А. Обеспечение энергоэффективности зданий за счет применения нового теплоизоляционного материала — пенокомпозита // Инженерный вестник Дона. 2017. № 2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4097](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4097).

9. Горшков А.С., Муравьев П.А., Таракин А.В. Повышение уровня теплоизоляции наружных стен малоэтажного дома. URL: [abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6550](http://abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6550).

10. Lupisek, A., Nehasilova, M., Mancik, S., Zelezna, J., Ruzicka, J., Fiala, C., Tywoniak, J.; Hajek, P. Design strategies of building with low embodied energy. Proceedings of the institution of civil engineers-engineering sustainability. (2017); Volume: 170 (Iss. 2); Part: 4; pp. 65-80. DOI: 10.1680/jensu.15.00050.

11. Кербер М. Л., Хозин В. Д. Научный взгляд на пенополистирол. URL: [msgpenoplast.ru/scientific-sight-on-expanded-polystyrene](http://msgpenoplast.ru/scientific-sight-on-expanded-polystyrene).

12. Ryabukhina, S., Simankina, T., Koshkarova, M., Sokolovskii, N., Ryzhkov, O. Combined Thermal Insulating Module of Mounted Vented Facades. Matec Web of Conferences. (2016); Volume: 73; Article number: UNSP 02005. DOI: 10.1051/matecconf/20167302005.

13. Mitterpach J., Hroncova E., Ladomersky J., Stefko J. Quantification of improvement in environmental quality for old residential buildings using life cycle assessment //Sustainability. 2016 Vol. 8 Issue 12 Article number 1303.

14. Абрамян С.Г., Котляревский А.А., Саутиев А.У. Энергоэффективные фасадные системы и применяемые строительные материалы // Интернет-журнал «Наукоедение», Том 9, №6. (2017) <https://naukovedenie.ru/PDF/40TVN617.pdf>.

15. Жидкая теплоизоляция (утеплитель) — быть или не быть. URL: [remontami.ru/zhidkaya-teploizolyaciya](http://remontami.ru/zhidkaya-teploizolyaciya).

16. Шутов Ф. А., Щербанев И. В., Сивенков А. Б. Пенокомпозит PENOCOM<sup>®</sup>: новый огнестойкий теплоизоляционный материал для строительных конструкций // Известия ЮФУ. Технические науки. 2013. №8 (145). С. 228-232.

17. Yang H.Y, Jiang Y.P., Liu H.Y, Xie D.B, Wan C.J, Pan H.F, Jiang S.H. Mechanical, thermal and fire performance of an inorganic-organic insulation material composed of hollow glass microspheres and phenolic resin // Journal of Colloid and Interface Science. 2018. Vol. 530, pp. 163—170. DOI:10.1016/j.jcis.2018.06.075.

18. Rzepat K., Wons W., Reben M. Building ceramics with improved thermal insulation parameters //1st International Conference on the Sustainable Energy and Environment Development (seed 2016). E3S Web of Conferences. 2016. Vol. 10, Article number: UNSP 00082. DOI: 10.1051/e3sconf/20161000082.

19. Baikov IR, Smorodova OV, Kitaev SV. Investigation of Properties of Liquid Ceramic Thermal Insulation Materials // Nanotechnologies in construction-a Scientific Internet-Journal. 2018. Vol. 10 (Iss.5), pp. 106—121. DOI: 10.15828/2075-8545-2018-10-5-106-121,

20. Bozsaky D. Laboratory testswith liquid nano ceramic thermal insulation coating // Creative Construction Conference 2015, Selected Papers. Procedia Engineering. 2015. Vol. 123, pp. 68—75. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.10.059.

### References

1. Sun Y.Y, Wilson R.B, Wu YP. Applied Energy. 2018. Vol. 226, pp. 713-729. DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.05.094

2. Arkhipova A.N., Nagruzova L.P. (2018). Vestnik Evrazijskoj nauki, 6(10). URL: [//esj.today/PDF/07SAVN618.pdf/](http://esj.today/PDF/07SAVN618.pdf/)

---



3. Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal, 2012. № 8. Pp. 4-14.
  4. Vatin N. I., Gorshkov A. S., Nemova D. V. Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij, 2013, №3 (8). Pp. 1-11.
  5. N. Vatin, A.S. Gorshkov, D.V. Nemova, A.A. Staritcyna, D.S. Tarasova Advanced Materials Research. 2014. № 941. pp. 905- 920.
  6. Azarnejad A., Mahdavi A. Journal of Building Physics. 2018. Vol. 42 (Iss.2), pp.125—141. DOI: 10.1177/1744259117731287.
  7. Abramyan S. G., Matviychuk T.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2017. №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3993](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/3993).
  8. Abramyan S. G., Matviychuk T.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus). 2017. №2. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4097](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2017/4097).
  9. Gorshkov A.S., Muravyev P.A., Tarakin A.V. Povyshenie urovnya teploizolyacii naruzhnyh sten maloetazhnogo doma. [Improvement of Thermal Insulation Level of Outside Walls of a Low-Story House]. URL: [abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=6550](http://abok.ru/for_spec/articles.php?nid=6550).
  10. Lupisek, A., Nehasilova, M., Mancik, S., Zelezna, J., Ruzicka, J., Fiala, C., Tywoniak, J.; Hajek, P. Proceedings of the institution of civil engineers-engineering sustainability. (2017); Volume: 170 (Iss. 2); Part: 4; pp. 65-80. DOI: 10.1680/jensu.15.00050.
  11. Kerber M. L., Hozin V. D. Nauchnyj vzglyad na penopolistirol. [Scientific look at styrofoam]. URL: [msgpenoplast.ru/scientific-sight-on-expanded-polystyrene](http://msgpenoplast.ru/scientific-sight-on-expanded-polystyrene).
  12. Ryabukhina, S., Simankina, T., Koshkarova, M., Sokolovskii, N., Ryzhkov, O. Combined Thermal Insulating Module of Mounted Vented Facades. Matec Web of Conferences. (2016); Volume: 73; Article number: UNSP 02005. DOI: 10.1051/matecconf/20167302005.
-



13. Mitterpach J., Hroncova E., Ladomersky J., Stefko J. Sustainability. 2016 Vol. 8 Issue 12 Article number 1303
14. Abramyan S.G, Kotlyarevsky A.A, Sautiev A.U. Internet- zhurnal «Naukovedenie» (Rus). Tom 9, №6 (2017). URL: naukovedenie.ru/PDF/40TVN617.pdf
15. Zhidkaya teploizolyaciya (uteplitel) — byt ili ne byt. [Liquid insulation (insulation) - to be or not to be]. URL: remontami.ru/zhidkaya-teploizolyaciya.
16. Shutov F. A., Shcherbanev I. V., Sivenkov A. B. Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki (Rus). 2013. №8 (145), pp. 228-232
17. Yang H.Y, Jiang Y.P., Liu H.Y, Xie D.B, Wan C.J, Pan H.F, Jiang S.H. Journal of Colloid and Interface Science, 2018. Vol. 530, pp. 163—170. DOI: 10.1016/j.jcis.2018.06.075.
18. Rzepat K., Wons W., Reben M. 1st International Conference on the Sustainable Energy and Environment Development (seed 2016). E3S Web of Conferences. 2016. Vol. 10, Article number: UNSP 00082. DOI: 10.1051/e3sconf/20161000082.
19. Baikov IR, Smorodova OV, Kitaev SV. Nanotechnologies in construction- a Scientific Internet-Journal. 2018.2018. Vol. 10 (Iss.5), pp. 106—121. DOI: 10.15828/2075-8545-2018-10-5-106-121,
20. Bozsaky D. Creative Construction Conference 2015, Selected Papers. Procedia Engineering. 2015. Vol. 123, pp. 68—75. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.10.059.