

УДК 699.865

**Шелихов Николай Сергеевич**

кандидат технических наук, доцент

E-mail: [shelihov@kgasu.ru](mailto:shelihov@kgasu.ru)

**Рахимов Равиль Зуфарович**

доктор технических наук, профессор

E-mail: [rakhimov@kgasu.ru](mailto:rakhimov@kgasu.ru)

**Сагдиев Руслан Рустемович**

кандидат технических наук, старший преподаватель

E-mail: [ruslan-kgasu@yandex.ru](mailto:ruslan-kgasu@yandex.ru)

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

**Зарезнов Дмитрий Александрович**

генеральный директор

E-mail: [zareznov.amex@mail.ru](mailto:zareznov.amex@mail.ru)

**ООО «Гермес»**

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Вишневского, д. 26

### **Современное состояние производства и применения пеностекла для тепловой изоляции**

#### **Аннотация**

*Постановка задачи.* Вопросы эффективности строительных материалов изделий и конструкций с каждым днем становятся все более значимыми, одним из которых является экономия энергетических ресурсов при эксплуатации зданий и сооружений. Поэтому целью исследования явилось определение основных источников тепловых потерь в строительных конструкциях, и способов их снижения.

*Результаты.* Результаты исследования показали основные недостатки в теплоизоляционных конструкциях, недостаточное использование и производство таких передовых эффективных теплоизоляционных материалов как пеностекло.

*Выводы.* Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в необходимости развития производств эффективных теплоизоляционных материалов, широком распространении пеностекла для тепловой изоляции и повышения общей тепловой эффективности зданий и сооружений.

**Ключевые слова:** теплоизоляция, теплоизоляционные конструкции, пеностекло, энергосбережение.

#### **Введение**

Рациональное использование природных ресурсов и энергосбережение становятся все более и более значимыми в современном мире. Наиболее приоритетными направлениями российской и мировой экономики являются: снижение топливно-энергетических затрат, применение современных энергоэффективных технологий и материалов, улучшение эффективности теплозащиты зданий, сооружений и промышленных объектов.

Во второй половине XX века мировое сообщество пришло к осознанию того, что безудержное изъятие из недр природных минеральных и энергетических ресурсов, непрерывное наращивание производства с возрастающими объемами выбросов в окружающую среду побочных продуктов и отходов приведет в недалеком будущем к гибели земной цивилизации [1].

В связи с этим в середине второй половины 20-го века на Всемирном саммите ООН в Рио-де-Жанейро была принята концепция дальнейшего «устойчивого развития» мировой цивилизации, базирующейся на решении проблем ресурсо-, энергосбережения и защиты окружающей среды. Во многих странах, включая РФ, были приняты общие и отраслевые программы обеспечения «устойчивого развития» [2].

### Энергосбережение и пеностекло

Экономия топливно-энергетических ресурсов стала стратегической задачей РФ, а один из ключевых способов решения данной проблемы – уменьшение теплопотерь через ограждающие конструкции зданий и сооружений.

С 2003 года в РФ действуют повышенные требования по энергоэффективности ограждающих конструкций при проектировании, строительстве, реконструкции и капитальном ремонте зданий, сооружений<sup>1</sup>.

В связи с постоянным ростом цен на энергоресурсы и ужесточением строительных норм в РФ систематически ставится задача понижения энергоемкости экономики.

В других промышленно развитых странах с проявлением мирового энергетического кризиса во второй половине 20-го века наблюдалось интенсивное развитие производства теплоизоляционных материалов. Мировой энергетический кризис того времени не затронул СССР и не вызвал необходимости интенсивного развития промышленности теплоизоляционных материалов.

После снижения производства и потребления теплоизоляционных материалов в период 1985-1995 гг. в России наблюдается их значительный рост за счет развития промышленности производства теплоизоляционных материалов, строительству новых производств и увеличения импортных поставок. Однако, пока и на настоящее время объемы производства теплоизоляционных материалов в России меньше, чем в Швеции, США, Германии и Финляндии.

Известна весьма широкая номенклатура теплоизоляционных материалов для строительной и промышленной теплоизоляции, сведения об их разновидностях и свойствах представлены в учебных, специальных и справочных изданиях по строительным материалам, специально по теплоизоляционным материалам и теплоизоляции зданий и сооружений, трубопроводов и оборудования [3, 4].

Проблема энергосбережения решается при применении теплоизоляционных материалов в гражданском, промышленном и сельскохозяйственном строительстве и эксплуатации зданий. В зависимости от особенностей технологических процессов теплоизоляционные материалы применяются для теплоизоляции тепловых агрегатов, резервуаров, объектов с отрицательными и положительными температурами, дымовых труб, газопроводов, газоперерабатывающих агрегатов и т.д. [5].

Потери тепла в зданиях и сооружениях составляют через стены – 40 %, окна – 23 %, крышу – 18 %, вентиляцию – 14 %, подвал – 10 %. Общие потери тепловой энергии через поверхности зданий, сооружений, теплопроводов и оборудования достигли к последнему времени 360 млн. т условного топлива в год, что составляет около 30 % годового потребления первичных топливно-энергетических ресурсов России.

Важнейшая роль в энергосбережении и экономии топлива принадлежит теплоизоляционным материалам. При средней общей массе зданий и сооружений на 1 м<sup>2</sup> площади кирпичного или крупноблочного строительства ~ 2 т, применение легких стеновых материалов с утеплением эффективными теплоизоляционными материалами позволяет снизить массу конструкций здания в 4-6 раз. Применение теплоизоляционных материалов снижает материалоемкость строительных материалов изделий и конструкций. Например: при строительстве панельных и каркасных зданий в 1,5-3 раза уменьшается расход стали, цемента в 3-4 раза. То есть с применением теплоизоляционных материалов одновременно решаются задачи обеспечения «устойчивого развития» энерго- и ресурсосбережения и экологии.

Зарубежный и отечественный опыт показывает, что для повышения экономической эффективности, долговечности и пожарной безопасности зданий, сооружений, промышленного оборудования и трубопроводов необходимо расширение применения во всех отраслях хозяйства легких пористых минеральных материалов из опал-кристобалитовых пород и стеклобоя, а также композиционных материалов и изделий на основе минеральных и органических вяжущих, гранулированного пеностекла, пеностеклового щебня и песка.

<sup>1</sup>СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

В последние годы номенклатура производимых теплоизоляционных материалов в России сложилась по объемам следующим образом: минераловатные материалы – 65-67 %, стекловолнистые материалы – 7-9 %, пенопласты – 19-21 %, ячеистые бетоны – 3 %, прочие – 0,6-0,8 %.

Важнейшую роль в обеспечении теплоизоляции зданий, сооружений, выполняют и теплоизоляционно-конструкционные и теплоизоляционно-отделочные материалы и изделия, к которым относятся: легкие и ячеистые бетоны; бетоны на пористых наполнителях и заполнителях; кладочные, штукатурные и напольные готовые растворы и сухие строительные смеси.

Для обеспечения снижения энергозатрат во всех отраслях хозяйства до уровня других технически развитых стран, а также обеспечения конкурентоспособности экономики очевидна необходимость в России соответствующего расширения объемов производства теплоизоляционных материалов с учетом мировых тенденций развития их производства по номенклатуре.

По мнению ряда ученых и специалистов, основным видом отечественного теплоизоляционных материалов рано или поздно станут материалы из пеностекла [6].

Главными преимуществами пеностекляных материалов по сравнению с другими теплоизоляционными материалами является повышенные долговечность, прочность, химическая и биологическая стойкость, негорючесть, экологичность, стабильность форм и размеров в процессе эксплуатации, низкое водопоглощение, морозостойкость, водонепроницаемость, водостойкость, неигроскопичность.

Пеностекляные материалы не подвержены старению, окислению, эрозии, воздействию воды и температурных перепадов, биологической коррозии и химических реагентов. Прочность на сжатие пеностекла выше прочности волокнистых материалов и пенопластов. Пеностекляные материалы при нагревании плавятся как обычное стекло без выделения токсичных веществ, отличаются экологичностью и санитарной безопасностью.

Значительное расширение объемов применения пеностекляной продукции в отечественных отраслях хозяйства в определенной мере сдерживается отсутствием государственной нормативной документации и повышенной стоимостью их по сравнению с другими теплоизоляционными материалами. Вторая проблема снимается при оценке повышенной долговечности, химической и биологической стойкости, пожарной безопасности пеностекляной теплоизоляции. В странах Европы известны европейские нормы на пеностекляные материалы и их применение<sup>2</sup>. При этом на применение пеностекляных теплоизоляционных материалов не накладываются никакие ограничения.

Особенности природно-климатических условий России, активное стимулирование строительства: федеральные программы, иностранные инвестиции и др. способствует активному использованию современных утеплителей. Объем производства и потребления пеностекла может достичь 10 % от всего объема рынка утеплителей.

В Западной Европе в год производится и потребляется 1 млн. м<sup>3</sup> пеностекла. В Китае построено более 10 заводов по производству пеностекла общей производственной мощностью более 1,5 млн. м<sup>3</sup>. В России наблюдается дефицит пеностекла из-за отсутствия нормативной и правовой базы. Согласно расчетам производителей, дефицит составляет около ~70 тыс. м<sup>3</sup> в год, что в 50 раз больше фактически производимого пеностекла [7].

В России пеностекло пока внесено в СТО Госстроя по кровельным материалам и разработаны отдельные руководства по применению и материалы предприятий-производителей с описанием своей пеностекляной продукции и технические условия производителей и разработчиков на отдельные их разновидности<sup>3</sup>.

В ряде технологических работ, опубликованных в научных журналах РФ в 2013-2016 годах [8-10] приведены предположения о технических решениях и направлениях

<sup>2</sup>EN 14305-2009. Thermal insulation products for building equipment and industrial installations – Factory made cellular glass (CG) products – Specification;  
EN 13167-2012. Thermal insulation products for buildings – Factory made cellular glass (CG) products – Specification.

<sup>3</sup>ТУ 5914-002-70153001-2004 Теплошумоизоляция из пеностекла FOAMGLAS® для нефтегазопроводов. Технические условия; ТУ 5914-003-43189350-2004 Плиты теплоизоляционные из пеностекла «Неопорм-150». Технические условия.

развития технологии, которые позволят сделать пеностеклянную продукцию, производимую в РФ, более востребованной на рынке строительных материалов.

В Белоруссии, в которой производство и применение пеностекла имеют давние традиции, действуют отдельные отраслевые рекомендации на теплоизоляцию с применением пеностекла и технические условия на пеностеклянные материалы.

В настоящее время в мировой и отечественной практике энергосбережения пеностеклянные материалы находят эффективное применение; в гражданском строительстве и эксплуатации жилых и общественных зданий и сооружений; в нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, химической, пищевой, энергетической промышленности, дорожном и аэродромном строительстве, кораблестроении, машиностроении и т.д.

В промышленно-гражданском строительстве пеностеклянные теплоизоляционные материалы зарекомендовали себя, как эффективные при теплоизоляции стен, кровель, полов, перекрытий, фундаментов, подземных сооружений, подвалов, эксплуатируемых кровель, дополнительных этажей на существующих зданиях, ремонте старых зданий, трубопроводов, резервуаров, инженерных коммуникаций; при утеплении сооружений со сложном температурно-влажностном режимом – портовые сооружения, бани, бассейны, аквапарки; хоккейных и футбольных площадок, теннисных кортов и полей для гольфа, строительстве на слабых грунтах.

### Теплоизоляционные конструкции из пеностекла

Наибольшая эффективность пеностекла достигается при его применении в составе теплоизоляционной конструкции. Теплоизоляционной конструкцией является комплекс мер, направленных на выполнение требований по внутренним условиям работы изолируемого здания и сооружения и внешним условиям эксплуатации.

В зависимости от условия работы изоляционного материала и вида защищаемой конструкции выбирается соответствующая изоляционная конструкция. Основные виды защищаемых конструкций:

- оборудование и трубопроводы технологических установок и энергетических систем, холодильных установок;
- теплофикационные сети;
- промышленные печи и дымовые трубы;
- жилые и промышленные здания и сооружения;
- транспортные средства.

В зданиях и сооружениях тепловой изоляцией обеспечиваются фундаменты, ограждающие конструкции, в том числе междуэтажные и чердачные перекрытия, бесчердачные покрытия, инженерные системы и коммуникации.

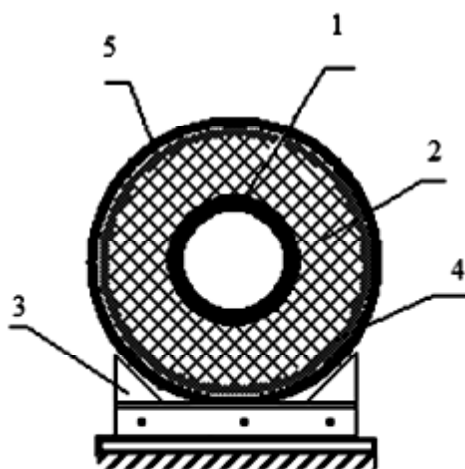


Рис. 1. Элементы теплоизоляции трубопровода:

- 1 – трубопровод (изолируемая поверхность); 2 – теплоизоляционный слой;  
3 – крепежные элементы; 4 – пароизоляция; 5 – защитный слой (СНиП 2.04.14-88)

Основные типы теплоизоляционных конструкций с применением пеностекла (рис. 1). В состав теплоизоляционной конструкции входят следующие основные элементы (на примере трубопровода):

- теплоизоляционный слой;
- защитный слой, предохраняющий теплоизоляционный материал от климатических воздействий, механических повреждений, воздействия агрессивных сред;
- пароизоляционный слой, для защиты тепловой изоляции от атмосферной влаги;
- крепежных элементов, обеспечивающих крепление теплоизоляционного и защитного слоев, как между собой, так и к изолируемой поверхности.

При необходимости в состав теплоизоляционной конструкции дополняют антикоррозионным или отделочным слоем.

### Разновидности теплоизоляционных конструкций.

Из пеностекла возможно производить следующие типы теплоизоляционных конструкций по СНиП 2.04.14-88:

1. полносборные заводской готовности (КТП) (рис. 2);
2. конструкция теплоизоляционная комплектная (КТК) (рис. 3).

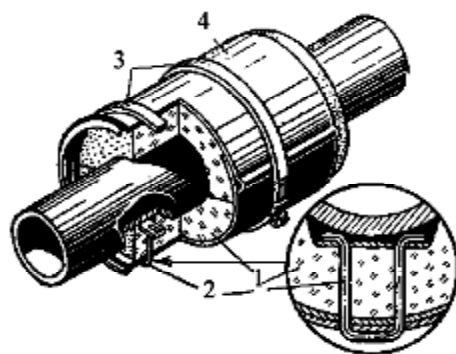


Рис. 2. Полносборная теплоизоляционная конструкция:  
1 – теплоизоляционный слой; 2 – шплинт; 3 – бандаж; 4 – защитный слой (СНиП 2.04.14-88)

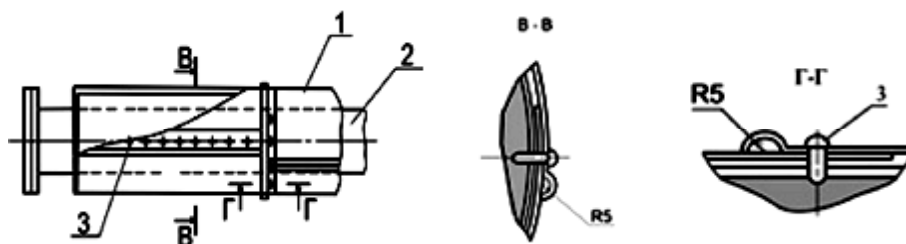


Рис. 3. Комплектная изоляция цилиндрами. Крепление металлического покрытия винтами:  
1 – теплоизоляционный цилиндр с листовым металлическим покрытием;  
2 – изолируемая поверхность; 3 – винты (СНиП 2.04.14-88)

Теплоизоляционная полносборная конструкция (КТП), представляющее готовое к применению теплоизоляционное изделие, состоящее из следующих элементов: теплоизоляционного слоя скрепленного с защитным покрытием при помощи клея или шплинтов, и дополненное деталями для крепления конструкции к изолируемой поверхности.

Конструкция теплоизоляционная комплектная (КТК) представляет собой комплект готовых деталей, предварительно подготовленных по типоразмерам теплоизоляционных изделий, элементов защитного покрытия и деталей крепления, собираемых поэлементно на месте монтажа.

### Заключение

Проведенный анализ в области тепловой изоляции из пеностекла показал, что конструкции, в которых теплоизоляционный и покровный слой выполнены из штучных

изделий, а также засыпные, набивные, мастичные и литые конструкции являются неиндустриальными, а индустриальными конструкциями будут полносборные и комплектные. Приведенные примеры вариантов теплоизоляции и обзор применения пеностекла свидетельствуют о безусловной перспективе дальнейшего использования пеностекляной теплоизоляции для широкого спектра строительных конструкций. Применение пеностекла для теплоизоляции повысит общее качество строительства, поскольку оно обладает рядом преимуществ по сравнению с другими теплоизоляционными материалами (негорючесть, негигроскопичность, стойкость и др.).

### Список библиографических ссылок

1. Леонтьев В. Будущее мировой экономики. Доклад группы экспертов ООН. М. : Международные отношения, 1979. 212 с.
2. Стратегии развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения на период до 2020 года. Утв. 30 мая 2011 г. № 262. М. : Госстрой РФ, 2011. 25 с.
3. Иванцов А. И., Куприянов В. Н. Температурный режим поверхности ограждающих конструкций зданий в климатических условиях РФ // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2017. № 3 (19). С. 44–50.
4. Liu Y., Chen W., Liu M. The effect of foaming temperature on the foam glass by using waste glass // Gongneng Cailiao. 2016. Т. 47. № 2. Р. 135–138.
5. Samoilenko V. V., Uglova T. K., Tatarintseva O. S. Effect of the dispersity of glass batch on the structure and properties of foam glass // Glass and Ceramics. 2014. Т. 71. № 5-6. Р. 185–188.
6. Zhu M., Li Z., Wang H., Liu L., Zhang Z., Ji R. Preparation of glass ceramic foams for thermal insulation applications from coal fly ash and waste glass // Construction and Building Materials. 2016. Т. 112. Р. 398–405.
7. Техническая теплоизоляция на основе пеностекла «Неопорм». М. : Неопорм. Пеностекло теплоизоляционное, 2014. 16 с.
8. Кетов А. А., Толмачев А. В. Пеностекло – технологические реалии и рынок // Строительные материалы. 2015. № 1. С. 17–23.
9. Вайсман Я. И., Кетов А. А., Кетов Ю. А., Молочко Р. А. Эффект окисления углерода парами воды при гидратном механизме газообразования при получении ячеистого стекла // Журнал прикладной химии. 2015. Т. 88. Вып. 3. С. 118–121.
10. Кетов А. А. Перспективы пеностекла в жилищном строительстве // Строительные материалы. 2016. № 3. С. 79–80.

**Shelikhov Nikolay Sergeevich**

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: [shelihov@kgasu.ru](mailto:shelihov@kgasu.ru)

**Rakhimov Ravil' Zufarovich**

doctor of technical sciences, professor

E-mail: [rakhimov@kgasu.ru](mailto:rakhimov@kgasu.ru)

**Sagdiev Ruslan Rustemovich**

candidate of technical sciences, senior lecturer

E-mail: [ruslan-kgasu@yandex.ru](mailto:ruslan-kgasu@yandex.ru)

**Kazan State University of Architecture and Engineering**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

**Zareznov Dmitriy Aleksandrovich**

general director

E-mail: [zareznov.amex@mail.ru](mailto:zareznov.amex@mail.ru)

**LLC «Hermes»**

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Vishnevskogo st., 26

## The current state of production and use of foam glass for thermal insulation

### Abstract

*Problem statement.* Issues of the effectiveness of building materials, products and structures are becoming increasingly important every day, one of which is the saving of energy resources during the operation of buildings and structures. Therefore, the purpose of the study was to determine the main sources of heat losses in building structures, and ways to reduce them.

*Results.* The results of the study showed the main shortcomings in thermal insulation structures, insufficient use and production of such advanced effective thermal insulation materials as foam glass.

*Conclusions.* The significance of the results obtained for the construction industry consists in the need to develop the production of efficient thermal insulation materials, the wide distribution of foam glass for thermal insulation and increase the overall thermal efficiency of buildings and structures.

**Keywords:** thermal insulation, thermal insulation structures, foam glass, energy saving.

### References

1. Leontyev V. The Future of the World Economy. Report of the UN expert group. M. : Mezhdunarodnyye otnosheniya, 1979. 212 p.
2. Strategies for the development of the industry of building materials and industrial housing for the period up to 2020. Utv. 30 may 2011. № 262. M. : Gosstroy RF, 2011. 25 p.
3. Ivantsov A. I., Kupriyanov V. N. The temperature regime of the surface of the building envelope in the climatic conditions of the Russian Federation // Biosferная sovместimost: chelovec, region, tehnologii. 2017. № 3 (19). P. 44–50.
4. Liu Y., Chen W., Liu M. The effect of foaming temperature on the foam glass by using waste glass // Gongneng Cailiao. 2016. T. 47. № 2. P. 135–138.
5. Samoilenko V. V., Uglova T. K., Tatarintseva O. S. Effect of the dispersity of glass batch on the structure and properties of foam glass // Glass and Ceramics. 2014. T. 71. № 5-6. P. 185–188.
6. Zhu M., Li Z., Wang H., Liu L., Zhang Z., Ji R. Preparation of glass ceramic foams for thermal insulation applications from coal fly ash and waste glass // Construction and Building Materials. 2016. T. 112. P. 398–405.
7. Technical thermal insulation based on Neoporm foam glass. «Neoporm». M. : Neoporm. Penosteklo teploizolyatsionnoye, 2014. 16 p.
8. Ketov A. A., Tolmachev A. V. Foam glass – technological realities and the market // Stroitelnyye materialy. 2015. № 1. P. 17–23.
9. Vaysman Ya. I., Ketov A. A., Ketov Yu. A., Molochko R. A. The effect of carbon oxidation by water vapor during the hydration mechanism of gas formation during the production of cellular glass // Zhurnal prikladnoy khimii. 2015. T. 88. V. 3. P. 118–121.
10. Ketov A. A. Perspectives of foam glass in residential construction // Stroitel'nyye materialy. 2016. № 3. P. 79–80.