

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ИЗ ПЕНОСТЕКЛА – воспоминания о будущем с думой о настоящем

А. А. Кетов,
доктор технических наук,
профессор (г. Пермь)

Далече до конца Стеклу достойных хвал,
На кои целой год едва бы мне достал.
Затем уже слова похвалины оставляю,
И что об нем писал, то делом дачинаю.

М. В. Ломоносов
(Письмо о пользе стекла, 1752 г.)

Как появилось пеностекло

В предыдущем номере журнала мы говорили о том, почему именно пеностекло "обречено" на наиболее интенсивное освоение рынка теплоизоляционных материалов и почему именно пеностекло не имеет реальных конкурентов сегодня и в ближайшем будущем. Однако, к сожалению, данный материал пока недостаточно известен проектировщикам и строителям. Этот пробел, хотя бы частично, постараемся восполнить настоящей статьей.

Начнем, как принято, с истории. Впервые в мире о пеностекле как о строительном материале упомянул в своем докладе академик И. И. Китайгородский на Всесоюзной конференции по стандартизации и производству новых материалов в Москве в 1932 году [1]. Вскоре в СССР была предложена технология и намечены области применения пеностекла [2].

В 30-е годы прошлого века начались интенсивные работы и были получены патенты на производство пеностекла во Франции, Чехословакии, США, Англии и Германии. В годы Второй мировой войны исследования и технологические работы были свернуты повсеместно за исключением США. Это позволило Соединенным Штатам в период войны освоить крупнотоннажное производство пеностекла, преимущественно для нужд военно-морского флота, а за-

тем на многие годы выйти в лидеры в производстве и исследований данной технологии.

Тем, кто интересуется подробной историей и технологическими особенностями существовавшей технологии пеностекла, рекомендуем ознакомиться с монографиями Б. К. Демидовича [3, 4] — признанного авторитета в этой области. В результате планомерных исследований в Советском Союзе в 70-е годы появились четыре завода по производству пеностекла. Технология была хорошо отлажена (рис. 1) и ее описания приводились в ряде изданий.

Общий объем выпускаемой продукции еще в начале 70-х годов превышал 100 тысяч м³ в год, что для того периода времени было неплохим показателем. Материал пользовался заслуженным спросом и широко использовался в промышленности и строительстве, преимущественно на особо ответственных участках.

К сожалению, сложность поддержания технологических параметров, приводившая к невысокому выходу товарного продукта, и высокая энергозатратность существовавшей технологии привели к нерентабельности и закрытию в период кризиса конца 80-х годов трех заводов, находившихся в России. В настоящее время функционирует лишь один из существовавших в бывшем Советском Союзе заводов. Он находится в Белоруссии, в Гомеле, успешно работает и наращивает объемы выпуска пеностекла.

Таким образом, история сыграла злую шутку с Россией, и в стране, климатические условия которой просто требуют пеностекла, в стране, которая фактически является родиной этого материала, не оказалось собственного производства. Но к этому вопросу мы еще вернемся, а теперь давайте посмотрим, какое пеностекло может производить промышленность.

Какое пеностекло бывает

Строение пеностекла напоминает твердую мыльную пену. Размер ячеек пены может быть от долей миллиметра

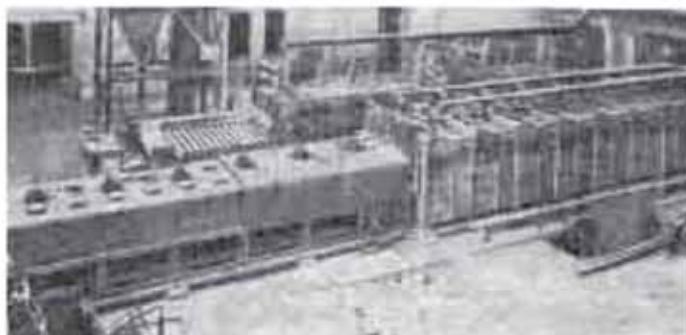


Рис. 1. Производственные печи для получения пеностекла (фотографии из монографии "Технология стекла". Под ред. И. И. Китайгородского. — М., 1967)

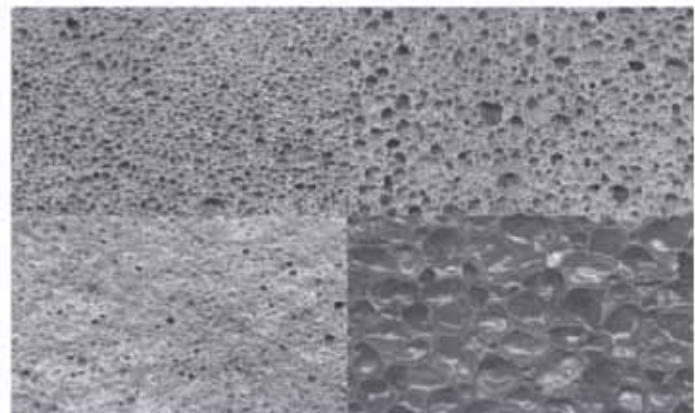


Рис. 2. Структуры различного пеностекла

до сантиметра. Цвет материала — от светло-кремового до черного (обычно зеленовато-серый), но в зависимости от состава стекла и примесей материал может приобретать практически любые цвета. Примеры пеностекла различного типа представлены на рис. 2. Как всякое стекло, пеностекло нерастворимо в воде, устойчиво к действию большинства кислот и любых органических растворителей, выдерживает высокие температуры. Основные уникальные свойства пеностекла в сравнении с традиционными теплоизоляционными материалами заключаются в низкой теплопроводности при высокой прочности и удобстве обработки и монтажа в сочетании с экологической безопасностью и долговечностью.

Чтобы убедиться в уникальных теплоизоляционных свойствах пеностекла, достаточно взглянуть на рис. 3. Трудно представить другой доступный теплоизоляционный материал, который мог бы выдерживать прямой факел с температурой более 1000°C и при этом создавать защиту.

Б. К. Демидович в своих монографиях приводит характеристики различных видов пеностекла, выпускавшихся или планировавшихся к выпуску в Советском Союзе. Это пеностекло влагозащитное, строительное, декоративное, акустическое и гранулированное. Следует отметить, что первые четыре типа пеностекла внешне практически неотличимы для неспециалистов, а отличия в основных потребительских свойствах — плотности и теплопроводности — незначительны.

Более практические американцы вообще, вероятно, не ставили задачи выпуска пеностекла различных типов, незначительно отличающихся по второстепенным свойствам. Поэтому всегда совершенствовали технологию одного матери-

ала, пытаясь максимально снизить затраты и увеличить производительность выпуска материала с минимальной возможной плотностью.

С конструкционной точки зрения материал может выпускаться в трех принципиально отличающихся видах: блоках (или плитах), гранулах (строительный песок или гравий) и бесформенных кусках (строительный щебень). Внешний вид этих пеностеклянных материалов представлен на рис. 4–6.

При этом свойства пеностекла как материала остаются практически одинаковыми для всех этих изделий. Рассмотрим их подробнее.

Свойства пеностекла

Пеностекло представляет собой стеклянную пену, в которой ячейки газовой среды разделены тонкими пленками стекла. То есть пеностекло содержит в своем объеме менее 10% твердой фазы, поэтому оно имеет невысокую плотность. Пеностекло можно получать с плотностью 100–600 кг/м³. Снижение плотности ниже указанного предела сопряжено с технологическими трудностями, и слишком малое содержание твердой фазы в объеме материала приводит к невысокой прочности изделий и усложняет работу при транспортировке и монтаже. Увеличение плотности выше 600 кг/м³ приводит к очень высокой прочности изделий и сложности их обработки. Поэтому преимущественно производители выпускали и продолжают выпускать материал с плотностью в пределах 160–250 кг/м³. Такое пеностекло обладает высокими теплоизоляционными свойствами, сохраняя при этом приемлемые прочностные характеристики и простоту обработки.

В общем случае плотность пеностекла практически однозначно определяет его теплопроводность и проч-



Рис. 3. Ничто так не демонстрирует теплоизоляционные свойства материала, как сопротивление потоку пламени



Рис. 4. Блочное пеностекло (фото с сайта ЗАО "Пеноситал", www.penosytal.ru)

Соотношение плотности, теплопроводности и прочности пеностекла по ТУ 5914-001-73893595-2005

Таблица 1.

Марка по плотности, D	Средняя плотность (объемная масса), кг/м ³	Предел прочности, МПа (кг/см ²), не менее		Теплопроводность, Вт/(м·°C)
		при сжатии	при изгибе	
100	100–120	0,5 (5)	0,1 (1)	0,030
150	121–170	0,7 (7)	0,15 (1,5)	0,040
200	171–220	1,0 (10)	0,2 (2)	0,045
300	221–320	1,5 (15)	0,3 (3)	0,060
400	321–420	3,5 (35)	—	0,075
500	421–520	5,0 (50)	—	0,080
600	521–620	7,5 (75)	—	0,100

ность. Поэтому для определения этих характеристик можно считать допустимым воспользоваться табличными данными ТУ 5914-001-73893595-2005, разработанными для пеностекла производства ЗАО "Пеноситал", г. Пермь, (таблица 1).

Для пеностекла других производителей отличия в указанных характеристиках будут незначительными.

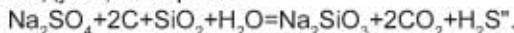
Пеностекло получается в результате размягчения исходного стекла, поэтому понятно, что оно не содержит микропор, способных сорбировать влагу из окружающей среды. Вся влага, которая может задержаться в стеклянных пузырьках при погружении материала в воду, легко стекает из материала после удаления его из воды. Подобный эффект можно наблюдать при переворачивании бутылки с водой: на стенках останется несколько капель, но и они со временем вытекают. Поэтому для всех видов пеностекла обычно наблюдается незначительная величина водопоглощения, которая зависит преимущественно от метода измерения и размера ячеек в пеностекле.

Таким образом, все свойства пеностекла определяются его структурой, представляющей собой оплавленные ячейки стекла, заполненные газами. Отличия в типах пеностекла определяются такими факторами, как величина ячеек, тип стекла, наличие большего или меньшего количества свободных дефектов в перемычках между ячейками.

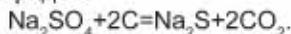
Среди других свойств, присущих пеностеклу, следует отметить высокую химическую стойкость, экологическую безопасность, пожарную безопасность и высочайшую долговечность.

Если по теплоизоляционным свойствам, прочности, огнестойкости, долговечности и химической стойкости практически все виды пеностекла отличаются незначительно, то использование различных технологических принципов позволяет получать пеностекло с определенными различиями в таких свойствах, как экологическая безопасность и паропроницаемость.

В связи с этим при проектировании строительства и выборе поставщика пеностекла следует обратить внимание на такое обстоятельство, как наличие в структуре материала сероводорода. Исторически сложилось так, что для производства пеностекла использовали сульфатсодержащие стекла. В упомянутой выше монографии Б. К. Демидовича приводятся преимущественно результаты исследований именно с такими стеклами. Автор доказывает термодинамическими расчетами [4, стр. 86–99], что "... реакция восстановления Na_2SO_4 твердым углеродом... в силикатном стекле в атмосфере водяных паров выглядит следующим образом:



Следует отметить, что, в соответствии с приведенными Б. К. Демидовичем расчетами, в случае отсутствия или малого количества водяных паров наиболее вероятным путем восстановления сульфатов является образование сульфидов:



Аналогичного мнения придерживается Ф. Шилл [5], который приводит следующую схему:



Во всех этих случаях принципиальным, с точки зрения химии, является тот факт, что окисленная сера S^{+6} , количество которой регламентируется в обычных силикатных стеклах и не представляет проблем для потребителя, в случае получения пеностекла переходит в восстановленную серу S^{-2} . Последняя существует в структуре готового материала либо в виде газа — сероводорода, либо в твердой фазе материала в виде соединений — сульфидов. Причем сульфиды при взаимодействии с парами воды, всегда содержащимися в воздухе, подвергаются реакции гидролиза, при которой в воздухе выделяется все тот же сероводород.

В связи с тем, что в основе технологии получения пеностекла производства Pittsburg Corning лежит использование именно сульфатных стекол, то совершенствование процесса на протяжении уже более полувека позволило снизить содержание сероводорода в готовом продукте. На сайте компании (http://www.foamglasinsulation.com/library_faqs.asp) указано, что содержание сероводорода в ячейках пеностекла FOAMGLAS® составляет 2–3%.

Использование пеностекла, полученного из сульфатного стекла, то есть содержащего сероводород, в жилищном строительстве сопряжено с определенными ограничениями. Поэтому усилия ряда исследователей и производ-



Рис. 5. Гранулированное пеностекло — пеностеклянный гравий (фото с сайта ЗАО "Пеноситал", www.penosytal.ru)



Рис. 6. Пеностеклянный щебень (фото с сайта ЗАО "Пеноситал", www.penosytal.ru)

ственников были направлены в течение длительного времени на создание технологии пеностекла для сырья из низкосульфатного и бессерного стекла. Принципиальная возможность использования реакций без участия серосодержащих соединений была показана еще Демидовичем, но на практике такая замена предполагает серьезные изменения в технологической линии, что не всегда оправдано экономически, особенно при высоком спросе даже на пеностекло, содержащее сероводород. Поэтому задачу создания

технологии бессернистого пеностекла целесообразнее ставить на вновь создаваемых производствах. Именно выпуск бессернистого пеностекла был недавно анонсирован фирмой ЗАО "Пеноситал" на сайте (www.penosytal.ru).

Другой характеристикой пеностекла, отличающейся у различных производителей, является паропроницаемость материала. Существует принципиальная возможность производства пеностекла от практически паронепроницаемого до материала с паропроницаемостью, сопоставимой с кирпичной кладкой. В приложении к СНиП-II-3-79 и СНиП-23-02-2003 даны основные потребительские характеристики пеностекла по ТУ 21-БССР-86-73. Расчетный коэффициент паропроницаемости приводится для материала плотностью 300 и 400 кг/м³ в пределах 0,02 м²·ч·Па/мг и для материала 200 кг/м³ — 0,03 м²·ч·Па/мг.

Для пеностекла FOAMGLAS® коэффициент паропроницаемости считается равным нулю, по данным сайта <http://www.foamglas.ru/properties/>. (Следует обратить внимание, что зарубежные источники предполагают использование не паропроницаемости, а обратной ей величины — сопротивления передаче водяного пара, но от этого сущность характеристики не меняется.)

И опять, как и в случае с сероводородом, более "молодые" производства могут учитывать недостатки существующих материалов и вносить такие изменения, которые будут способствовать улучшению ряда характеристик материала. Так, ЗАО "Пеноситал" предложило технологию, предлагающую частичную кристаллизацию стекла, что, например, приводит к получению материала, сопоставимого по коэффициенту паропроницаемости с кирпичом (www.penosytal.ru).

В практике гражданского строительства считается более перспективным использование паропроницаемых материалов в связи с более комфортными условиями проживания в соответствующих конструкциях. Поэтому расчеты по паропроницаемости вошли в требования существующих СНиПов. Специалисты в вопросах теплоизоляции отмечают, что "...для многослойных конструкций вопросы паропроницаемости слоев, переноса влаги, количественной оценки выпадающего конденсата являются вопросами первостепенной важности" (www.texcolor-rus.ru).

Само по себе стекло, как аморфный оплавленный материал, имеет нулевую паропроницаемость. Паронепроницаемым является и аморфное пеностекло. Однако при частичной кристаллизации пеностекла возможно возникновение микроскопических разрывов в местах наиболее тонких пленок материала ячеек.

На рис. 7 представлены фотографии обычного пеностекла и пеностекла с частично окристаллизованным материалом силиката. На снимке видны волнобразные полосы на поверхности ячеек, возникшие вследствие фронтальной кристаллизации.

С потребительской точки зрения, такие отличия несколько изменяют свойства материала, что расширяет области применения пеностекла, делая его фактически универсальным материалом, который по совокупности технических характеристик превосходит иные теплоизоляционные материалы.

Кто владеет технологией пеностекла

Естественно, что у любого специалиста, знакомого со свойствами пеностекла, возникает желание скорее начать работать с таким материалом. Но основные проблемы возникают как раз при попытках найти реального производителя. В этой области ситуация меняется достаточно быстро, поэтому я буду оперировать данными Интернета как наиболее динамично развивающегося источника информации. При этом во внимание будем принимать только те сайты, которые имеют указания на цену материала и реальные адреса торговых представительств, но не многочисленные страницы, зазывающие потенциальных инвесторов обещаниями в чистом поле через полгода создать производство пеностекла из песка и соды, а в качестве доказательств своей правоты приводящие ссылки на патенты и статьи (в том числе и мои).

Необходимо сразу отметить, что крупнейшим производителем пеностекла в мире является фирма Питтсбург Корнинг (Pittsburg Corning), сайт которой <http://www.foamglas.com/> имеет многочисленные ссылки на представительства по всему миру. В частности, на российское, с собственным сайтом www.foamglas.ru.

Выше уже говорилось о том, что на территории бывшего Советского Союза работает единственный завод по производству пеностекла в Гомеле (Бе-

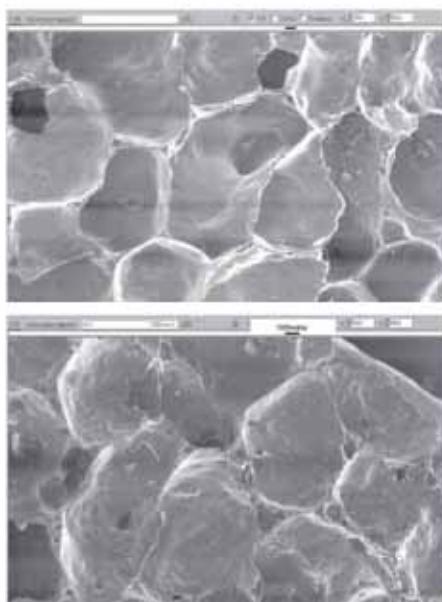


Рис. 7. Срез образцов пеностекла с аморфной структурой и частично окристаллизованной структурой

поруссия): ОАО "Гомельстекло", <http://www.gomelglass.com/>. Завод имеет представительства в России, которые также можно без особого труда найти в сети. Дополнительно для интересующихся я советовал бы посетить сайт www.penosteklo.narod.ru, организованный Евгением Сосуновым, сотрудником ОАО "Гомельстекло". На сайте достаточно широко представлены вопросы истории, производства и использования пеностекла. Особенно интересна широкая подборка ресурсов Интернета по всему миру, относящихся к данному вопросу.

Если говорить о пеностекле в виде щебня, то следует отметить завод Schaumglas—Schotter в Германии (сайт <http://www.sgag.de/mill/tour/tour1.html>), где материал производят в значительных количествах преимущественно для утепления грунтов, в том числе и в дорожном строительстве.

К сожалению, несмотря на огромное количество инвестиционных проектов на уровне бизнес-планов, собственного производства до недавнего времени на территории России не существовало. В данном случае под реальным производством я понимаю, как сказано выше, организацию, готовую выставить в Интернете предложения о продаже сколько-нибудь значимого количества материала собственного изготовления. Однако в сентябре прошлого года впервые появились такие предложения на сайте компании

ЗАО "Пеноситал" (г. Пермь) www.penosytal.ru. Причем, как отмечалось выше, это производство, как более молодое, смогло направленно внести определенные изменения в технологическую схему, что позволило получить материал с улучшенными потребительскими свойствами.

Можно надеяться, что огромное количество разговоров о пеностекле перерастает в качественно новый уровень — уровень реальных дел.

Области применения пеностекла

Исходя из описанных выше свойств пеностекла, можно выделить области его использования (таблица 2).

Фактически использование пеностекла оправдано всегда, когда температура среды ниже 0°C или выше 50–60°C; когда относительная влажность окружающей среды выше 50–60%; когда в используемых в строительстве или при эксплуатации материалах возможно наличие органических растворителей или неорганических кислот. Но трудно найти реальные условия, где периодически не возникали бы указанные характеристики окружающей среды. Поэтому пеностекло можно и нужно использовать для теплоизоляции практически любых конструкций и оборудования. Однако в связи с явной нехваткой данного материала на рынке использование его пока ограничено конструкциями, работающими в наиболее жестких условиях или требующих высокой надежности и долговечности.

Например, на рис. 8 представлены фотографии использования пеностекла для теплоизоляции крыши.

Таблица 2.
Свойства и области применения пеностекла

Характеристика	Области применения пеностекла
Низкая теплопроводность	<ul style="list-style-type: none"> • теплоизоляция в промышленном и гражданском строительстве, снижение расхода стройматериалов, уменьшение толщины стен, повышение надежности и долговечности дорожного покрытия; • термоизоляция трубопроводов и газопроводов
Низкая плотность материала при высокой прочности	<ul style="list-style-type: none"> • снижение нагрузки на фундамент и возможность строить даже на слабых грунтах; • надстройка верхних этажей зданий; • теплоизоляция перекрытий, кровель, полов; • гранулят — незаменимый наполнитель для прочных легковесных панелей; • изготовление понтонных и иных плавучих конструкций
Негорючность	<ul style="list-style-type: none"> • теплоизоляция в высотном строительстве; • создание огнепрепрятительных конструкций; • изоляция трубопроводов и иного оборудования, работающего при температурах до 600°C
Отличные монтажно-конструкционные свойства	<ul style="list-style-type: none"> • хорошая сочетаемость с алюмосиликатными вяжущими (цементные, известково-цементные растворы) в отличие от традиционных теплоизоляционных материалов (газобетон, пенопласты); • легкость обработки режущими инструментами: сверлится, прибивается гвоздями, клеится
Химическая инертность, высокая коррозионная устойчивость	<ul style="list-style-type: none"> • изготовление многоразовой изоляции; • неограниченность времени эксплуатации; • безусадочность (долговременная стабильность размеров); • строительство резервуаров и трубопроводов для кислот и нефтепродуктов; • эффективная защита зернохранилищ, хозяйственных и жилых помещений, т.к. не разрушается грызунами и насекомыми
Экологическая безопасность	<ul style="list-style-type: none"> • любые виды строительства, в том числе в пищевой и фармацевтической промышленности



Рис. 8. Монтаж пеностекла при теплоизоляции крыши (фото с сайта www.pcfoamglas.com)



Рис. 9. Необходимые элементы изоляции FOAMGLAS® легко разрезать на необходимые размеры непосредственно на месте, используя ручные инструменты (фото с сайта www.pcfoamglas.com)



Рис. 10. Нанесение покрытия из битума на поверхность теплоизоляции из пеностекла (фото с сайта www.pcfoamglas.com)

Следует особо отметить простоту монтажа изделий из пеностекла и сочетаемость его со всеми мастиками и гидроизоляционными материалами. Так, на рис. 9 и 11 показана подгонка изделия по месту непосредственно на объекте простейшим ручным инструментом. На рис. 10 видно, что для придания готовой конструкции гидрофобных свойств и гидроизоляции щелей возможно применение открытого пламени для размягчения битумных материалов непосредственно на поверхности пеностеклянной теплоизоляции.

Использование пеностекла для теплоизоляции стеновых конструкций позволяет не только добиться высокой надежности, но и получить значительную экономию на монтажных работах, так как материал легко крепится любыми мастиками или арматурой непосредственно на стену. Причем пеностекло можно применять как для теплоизоляции новых, так и для реконструкции существующих зданий. Однако использование пеностекла в стеновых конструкциях сдерживалось ограничениями по выделению сероводорода и низкой паропроницаемостью для некоторых видов пеностекла. С решением этих проблем появилась возможность практически неограниченного использования пеностекла в любых стеновых конструкциях.

Другой постоянной проблемой современного городского хозяйства является теплоизоляция трубопроводов при температурах теплоносителя выше 60°C. В этом случае использование пеностекла позволяет отказаться от регулярной замены теплоизоляции и применять его при температурах до 450–550°C не только в условиях воздействия воздуха и пара, но и нефтепродуктов и масел.

Пеностекло в виде насыпного материала (гравий и щебень) может быть с успехом использовано во всех случаях, когда необходима долговечная и прочная насыпная теплоизоляция. Так, пеностекло прекрасно замещает керамзитовый гравий, превосходя его по теплоизоляционным свойствам и прочности. Сравнительные характеристики этих материалов представлены на рис. 12.

Очевидно, что при сопоставимой плотности, а значит, и близком значении теплопроводности, пеностекло в 4–5 раз превосходит по прочности соответствующий керамзит. С точки зрения материаловедения, этот факт объясним: пеностекло практически не имеет микропористости в отличие от керамзита, а именно микропористость является причиной развития разрушения материала под нагрузкой. Есть и иные причины высокой прочности пеностекла, связанные с характером и геометрией распределения ячеек газовой фазы в теле материала. Поэтому пеностекло всегда обладает более высокой относительной прочностью в сравнении с другими материалами при одинаковой плотности, и относится это не только к насыпному материалу, но и к блочному.

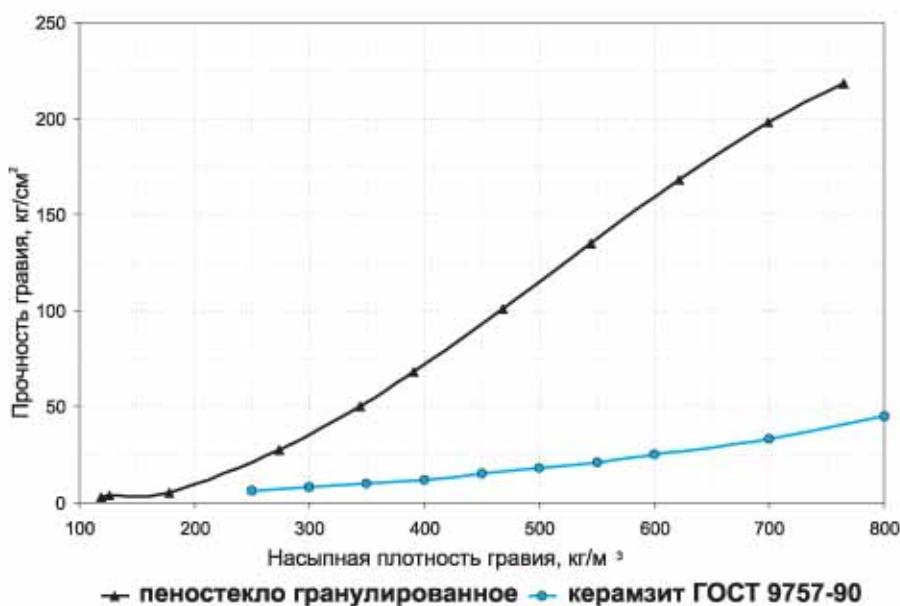


Рис. 12. Зависимость прочности на сжатие пеностекла гранулированного ТУ 5914-001-73893595-2005 и керамзитового гравия ГОСТ 9757-90 от насыпной плотности материала



Рис. 11. Использование пеностекла специалистами компании ACS Industries Inc. для теплоизоляции продуктопровода (фото из рекламных материалов ACS Industries Inc.)

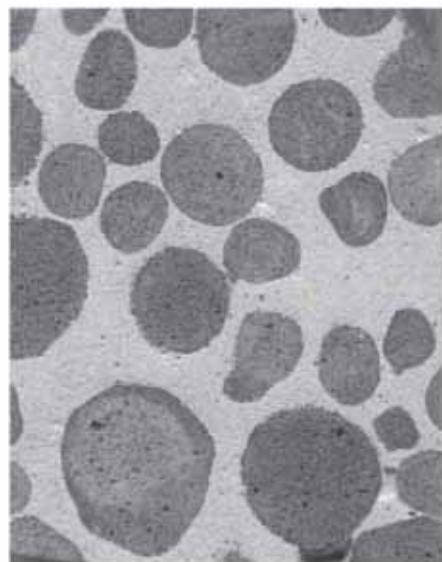


Рис. 13. Фотография разреза бетона с наполнителем из гранулированного пеностекла

Если же говорить о применении насыпного пеностекла, то использовать его можно практически везде, где необходима долговечная и безопасная насыпная теплоизоляция. Это — теплоизоляция чердачных и межэтажных перекрытий, колодцевая кладка, заполнитель в легких бетонах. Фотография спила такого бетона представлена на рис. 13.

Однако в последнем случае необходимо учитывать возможность протекания в бетонах со стеклянным заполнителем щелочно-силикатной реакции (alkali-silica reaction) [6], которая может приводить к расширению бетона и разрушению конструкций. Данная реакция может протекать и в обычном бетоне, если заполнитель природного происхождения содержит реакционноспособный (обычно аморфный) оксид кремния. Поэтому в случае использования пеностекла в качестве

заполнителя наиболее очевидным техническим решением по подавлению указанного взаимодействия является перевод оксида кремния в менее реакционноспособную форму, например, кристаллизация материала. Именно такое решение было предложено и осуществлено в технологии заполнителей производства ЗАО "Пеноситал", о чём сказано на сайте данной фирмы. Поэтому материал, частично окристаллизованный, уже не склонен вступать в щелочно-силикатную реакцию и проблема может быть успешно решена. К сожалению, другие производители обходят вниманием данную проблему.

Совершенно отдельной темой является теплоизоляция "дорожной одежды" при строительстве автомагистралей. Каждый, кто побывал в Германии, навсегда запомнил качество немецких дорог. Самое удивительное, что даже в горных районах, где грунты испытывают в течение года многочисленные циклы замерзания-оттаивания, дорожная одежда препятствует разрушению дорожного покрытия.

Оказывается, в Германии в качестве теплоизолирующего слоя в дорожных одеждах уже многие десятилетия применяется пеностекло. Материал производится преимущественно фирмой Schaumglas—Schotter и представляет собой пеностеклянный щебень. Характерный вид продукции и его укладку в процессе строительства можно увидеть на сайте данной фирмы <http://www.sgag.de/mill/tour/tour1.html> (рис. 14).

К сожалению, качество российских дорог, подмеченное в виде одного из двух национальных бедствий еще Н. В. Гоголем, по-прежнему, если и радует автовладельцев, то лишь год-два после строительства, а затем промерзание подстилающих грунтов приводит к характерному пучению и разрушению дорожного полотна. И никакие ямочные ремонты не могут исправить положения, если изначально в строительстве использовались материалы, не предназначенные, с точки зрения материаловедения, для эксплуатации в условиях дорожной одежды.

Вывод из всего сказанного может быть только один — по комплексу эксплуатационных характеристик пеностекло не имеет себе равных и с успехом может быть использовано во всех случаях, когда необходима качественная и надежная теплоизоляция.

Что считать дешевым теплоизоляционным материалом

Единственный довод, который приводят противники использования пеностекла, является относительно высокая стоимость последнего. Но и в этом доводе есть серьезное лукавство. И заключается оно в игнорировании, как минимум, трех вполне очевидных фактов.

Vo-первых, предполагается, что срок службы теплоизоляции должен быть сопоставим со сроком эксплуатации самого строения, а это не менее ста лет. Для стекла вообще, и для пеностекла, в частности, не существует естественных причин разрушения в условиях эксплуатации. О реальном времени эксплуатации минеральных ват и пенопластов было уже сказано в предыдущем номере данного журнала. Мне могут возразить, что в современных фасадных системах, например, в вентилируемых, допускается замена теплоизоляции в случае выхода последней из строя или при капитальном ремонте. Тогда надо признать, что за период нормативной эксплуатации здания необходимо будет поменять теплоизоляцию из минеральной ваты или пенопласта несколько раз. Даже при самом благоприятном стечении обстоятельств и в климате Ниццы это придется сделать дважды, а в реальных условиях России, наверное, три-четыре раза. Так значит для сопоставления цены пеностекла и, например, пенопласта надо последнюю цену умножать на два или три? Только оплата будет происходить "в рассрочку" — треть сегодня заплатим мы, лет через тридцать — дети и еще третья, через определенный период — внуки.

Vo-вторых, стоимость материала не включает работ по его монтажу. Чтобы не вызывать болезненное восприятие этой статьи сторонниками минеральных ват и пенопластов, не буду приводить конкретные цифры стоимости квадратного метра теплоизоляции и работ, но напомню, что для установки минеральной плиты по различным технологиям необходимо крепить на стену почти столько же различных материалов и изделий, какова масса у самого теплоизоляционного изделия. Пеностекло же, как жесткий, имеющий прекрасную адгезию материал, может быть легко смонтировано при использовании стандартных мастик и штукатурок.



Рис. 14. Использование пеностекла в дорожном строительстве. Фото с сайта Schaumglas—Schotter

И, наконец, в-третьих, сравним просто цены на материал, даже без работ. Да, цена кубометра пеностекла может быть выше, чем у некоторых других материалов. Но теплоизолятор мы используем именно для того, чтобы предотвратить потери тепла, и интересуют потребителя, вообще говоря, не кубометры, а вполне конкретный результат — комфортные условия проживания. А значит, решающим фактором является коэффициент теплоизоляции и соответствующая ему толщина материала. Поэтому для потребителя важным является вопрос цены не кубометра, а квадратного метра утеплителя с толщиной, соответствующей нормам по теплоизоляции. Такое сравнение для конструкционных материалов представлено на рис. 15 и для насыпных — на рис. 16.

Как видно из графиков, несмотря на кажущуюся высокую удельную стоимость пеностеклянных материалов, их применение в строительстве, начиная от теплоизоляции наружных стен и заканчивая изготовлением самих стен, позволяет на самом деле не только снизить затраты на материалы, но и существенно снизить нагрузку на несущие конструкции, а тем самым повысить надежность возводимых зданий и сооружений. И такое снижение стоимости получается даже без учета затрат на работы и выигрыша в полезной площади за счет снижения толщины ограждающих конструкций.

Подведем итоги

Время насыщения рынка продукцией прошло. Сегодня никто не бросится в магазин покупать колбасу или джинсы только потому, что их там "выбросили", а через полчаса останутся только пустые прилавки и скучающие продавцы. Люди научились ценить товар и уважать себя. Но они в большинстве своем не видят и не знают, что используется в их жилье как теплоизоляция. И, наверное, настало время уважать себя и в оценке жилья. Ведь жилье — не колбаса и не джинсы, люди предполагают жить в нем долгие годы, оставить детям и внукам. Поэтому использовать в строительстве надо только такие материалы, которые являются долговечными и эффективными, жить в окружении которых комфортно и безопасно. Из теплоизоляционных изделий это, в первую очередь — пеностекло. И выход его на российский рынок не остановить, потому что пеностекло — это экономия в затратах на теплоизоляцию, снижение затрат на монтажные работы, увеличение полезного объема помещения, снижение нагрузок на фундамент и несущие конструкции, повышение безопасности жилья, а значит, и спроса на него. Потому что как материал пеностекло идеально подходит для климатических условий России.

Литература.

1. И. И. Китайгородский. Труды Всесоюзной конференции по стандартизации и производству новых строительных материалов. М., 1932.
2. И. И. Китайгородский, Л. М. Бутт. Производство строительных материалов. М., 1940, № 3.
3. Б. К. Демидович. Производство и применение пеностекла. Минск: Наука и техника. — 1972. — 304 с.
4. Б. К. Демидович Пеностекло. Минск: Наука и техника. — 1975. — 248 с.
5. Ф. Шилл. Пеностекло. М., 1965.
6. Expansion due to alkali-silica reaction (ASR) of glass cullet used in concrete // Sustainable Waste Management: Proceedings of the International Symposium. 9–11 September, 2003, Dundee, UK. P. 751-760.

Одной из важнейших целей теплоизоляции строительных конструкций является сокращение расхода энергии на отопление здания. Подсчитано, что 1 куб. м теплоизоляции обеспечивает экономию 1,4–1,6 т условного топлива в год. К тому же теплоизоляция — это эффективный способ уменьшения потребности в отоплении, что, соответственно, приводит к уменьшению углекислого газа в атмосфере и так называемого парникового эффекта, что доказано исследованиями. Например, в европейских странах можно было бы уменьшить выбросы углекислого газа на 50%, если бы во всех отапливаемых зданиях соблюдались требования по теплоизоляции.

Различные исследования, проведенные EURIMA (Европейской ассоциацией производителей изоляционных материалов) в разных уголках Европы, убедительно показали, что загрязнения окружающей среды можно избежать, развивая технологию изоляционных процессов. В Европе общее количество выбросов CO₂ составляет 3000 млн. тонн

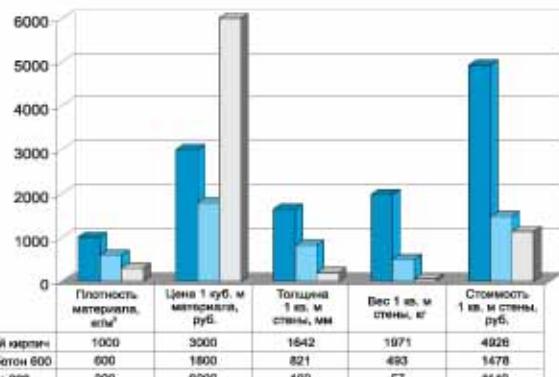


Рис. 15. Технико-экономическое сравнение конструкционных легковесных материалов для гражданского строительства

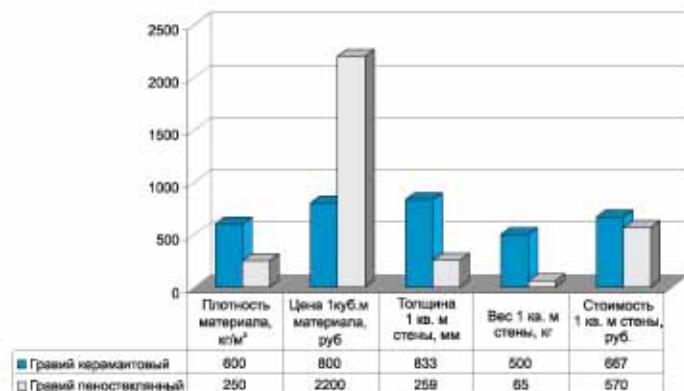


Рис. 16. Технико-экономическое сравнение различных насыпных теплоизоляционных материалов

ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ В ЦИФРАХ

в год. С применением теплоизоляции количество выбросов уменьшается на 10%, что составляет 300 млн. тонн в год. Одновременно сокращаются выбросы двуокиси серы, CO₂, нитратов и других компонентов, что значительно уменьшает количество кислотных осадков.

Исследования, проведенные в Англии, показали, что если в расчете на кв. м строительной площади использовать 50 мм изоляционных материалов, то через 50 лет содержание CO₂ в атмосфере сократится на 1 тонну. Выгода оказывается значительной, если принимать во внимание весь объем жилой площади и те преимущества, которые влечет за собой повышенная комфортность жилых и производственных помещений.

По данным кафедры строительных материалов МГСУ, на отопление зданий ежегодно расходуется 240 млн. тонн условного топлива, что составляет около 20% от общего расхода энергоресурсов в России. Эффективное снижение расхода энергии на отопление возможно лишь при комплексном подходе к решению этой проблемы.