

верхнего слоя металла (рис. 4). Двух- и трехметровые плиты разрушались в приопорной части от действия поперечной силы и поперечного сдвига заполнителя (рис. 5)

Графики зависимости прогибов панелей толщиной 100 мм и пролетами 2м, 3м и 6м от величин равномерно распределенной нагрузки представлены на рис. 6.

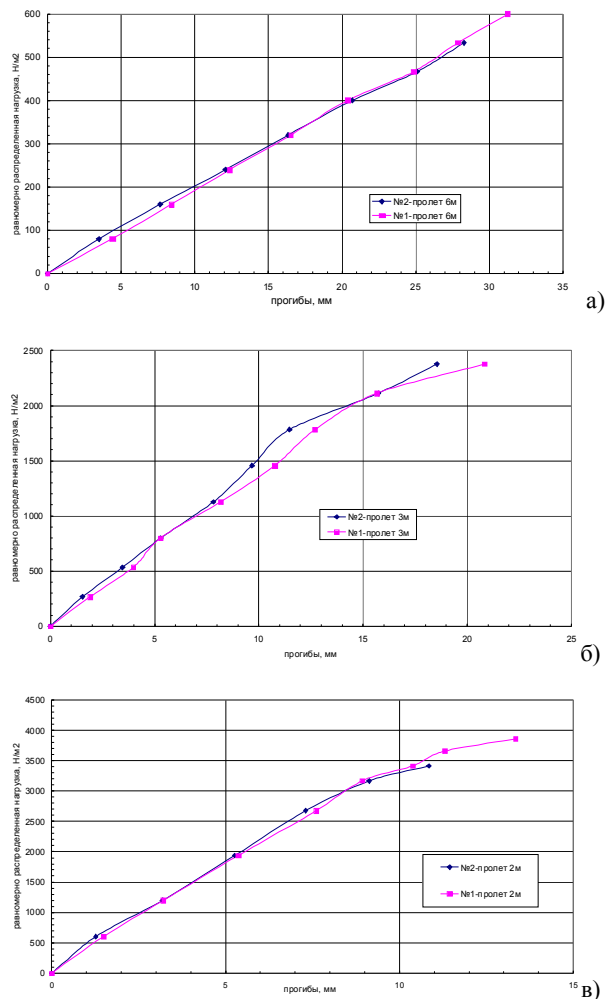


Рис. 6 Результаты испытаний трехслойных панелей пролетом 6м (а), 3м (б) и 2м (в)

Результаты показывают, что предельное состояние всех типоразмеров панелей наступает практически одновременно, как по первой группе (по прочности), так и по второй группе предельных состояний (по деформациям). При этом исходим из условия, что предельный прогиб во всех случаях принят  $1/200 l$ .

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** По результатам экспериментальных испытаний наиболее точно подтверждены теоретические значения несущей способности для плит длиной 6м. Допустимая равномерно распределенная нагрузка для них составила 520- 560 Н/м<sup>2</sup>.

Для двухметровых и трехметровых панелей допустимая равномерно распределенная нагрузка составила соответственно 2100 и 3400 Н/м<sup>2</sup>. Экспериментальные значения для коротких панелей оказались на 30 % ниже расчетных. Это можно объяснить влиянием поперечных сил на прочность и деформативность панелей. Очевидно, под их воздействием на поперечных стыках блоков заполнителя, которые попадают в приопорную часть, проявляются дефекты в виде взаимного смещение этих блоков, и как следствие происходит ослабление этих сечений. Поэтому эти вопросы требуют более детального изучения и исследования.

#### ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Александров А.Я., Брюккер Л.Э., Куршин Л.М., Прусаков А.П. Расчет трехслойных панелей. М.: Оборонгиз, 1960. – 270 с.
2. В.Н.Кобелев, Л.М.Коварский, С.И.Тимофеев. Расчет трехслойных конструкций. М.: Машиностроение, 1984. – 304 с.
3. ГОСТ 23486-79 Панели металлические трехслойные стеновые с утеплителем из пенополиуретана.

УДК 691:699.86.002.3

#### ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО НЕОРГАНИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА «СТТИЗОЛЬ»

А.Н. Пешинько, д.т.н., профессор, А.В. Краснюк, к.т.н., В.Н. Гребенников, с.н.с., И.В. Колодкин, инженер, Н.В. Савицкий\*, д.т.н.

Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта им. Академика В. Лазаряна

\*Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры

#### Введение

Известно, что на теплоснабжение зданий в Украине ежегодно расходуется 43 миллиона тонн условного топлива. Это составляет 45 процентов от общего потребления энергоресурсов страны. В коммунальном хозяйстве на единицу жилой площади в Украине расходуется в 2-3 раза больше энергии, чем в странах Европы. Так, жилые многоэтажные здания потребляют от 350 до 550 кВт ч/м<sup>2</sup> в год, индивидуальные дома коттеджного типа - от 600 до 800 кВт

ч/м<sup>2</sup> в год. Вместе с тем за рубежом, например, в Германии, дома усадебного типа потребляют в среднем по стране около 250 кВт ч/м<sup>2</sup> в год, в Швеции - 135 кВт ч/м<sup>2</sup> в год. Лучшие зарубежные образцы жилых зданий потребляют от 90 до 120 кВт ч (м<sup>2</sup> год) [1].

Опыт различных стран в решении проблемы энергосбережения показывает, что одним из наиболее эффективных путей ее решения является сокращение потерь тепла через элементы конструкции зданий, сооружений, промышленного оборудования, тепловых сетей. Подсчитано, что только один квадратный метр теплоизоляции обеспечивает экономию 1,4 - 1,6 тонны условного топлива в год. В этой связи обращает на себя внимание интенсивное развитие в ряде стран Европейского Союза промышленности теплоизоляционных материалов. Основным видом применяемых утеплителей являются минераловатные изделия, доля которых в общем объеме производства и потребления составляет более 65%. Около 8% приходится на стекловатные материалы, 20% - на пенополистирол и другие пенопласты. Доля теплоизоляционных ячеистых бетонов в общем объеме производимых утеплителей не превышает 3%, вспученного перлита, вермикулита и изделия на их основе - 2-3%.

Качество и ограниченная номенклатура отечественных утеплителей, выпускаемых многими предприятиями Украины, не в полной мере отвечает нуждам жилищного строительства. Это позволяет ведущим фирмам западных стран (фирмы "Rockwool" "Partec" и многим другие), успешно продавать свою продукцию на украинском рынке теплоизоляционных материалов.

Предусмотренные целевыми программами массовое жилищное строительство не может ориентироваться на зарубежные поставки. Потребность этого сектора в эффективных утеплителях ежегодно возрастает и должна быть удовлетворена в основном за счет отечественных производителей.

Исследования, опыт проектирования и применения теплоизоляционных материалов и технологий последних лет показали, что для обеспечения эффективной теплоизоляции необходимы экологически чистые, долговечные, пожаробезопасные материалы из местного сырья, обладающие низким коэффициентом теплопроводности (0,03-0,15 Вт/мК), прочностью при сжатии в пределах 0,2-5,0 МПа, малым водопоглощением (до 5% по объему). В промышленных объектах к перечисленным добавляется ещё целый ряд дополнительных требований, вызванных спецификой их эксплуатации. Например, теплоизоляция промышленных технологических коммуникаций, энергетических радиационноопасных объектов АЭС должна обеспечивать достаточно высокую температуру эксплуатации (до 500°C), не абсорбировать радионуклиды, обладать устойчивостью к воздействию химических реагентов, не быть токсичными и горючими при повышенных температурах.

Реальный рынок теплоизоляционных материалов практически ограничен всего тремя типами таких изделий: пенопластами (главным образом, пенополистиролом), пено-газобетонами и минеральными ватами. Определенные СНиПом характеристики этих материалов в сухом состоянии предполагают коэффициенты теплопроводности 0,038-0,05 Вт/мК для пенополистиролов различной плотности, 0,08-0,21 Вт/мК для пено-

газобетонов различной плотности и 0,064 Вт/мК для плит минераловатных. Их использование позволяет уменьшить толщину стен по отношению к кирпичу при одинаковом термическом сопротивлении в 7-20 раз.

#### **Задачи исследования**

Рассматривая вопрос увеличения производства отечественных утеплительных материалов необходимо учитывать и проблемы, связанных с их использованием. Когда говорим о пенопласте, то трудно даже сказать, какое его свойство вызывает наибольшее неприятие. Или это прекрасная горючесть или экологическая опасность. Но самая главная проблема в том, что пенопласт, заложный в стены через 10-15 лет просто рассыпается и разрушается. Пенопласт проблематично использовать в строительстве именно как теплотехнический материал, рассчитанный на длительный срок эксплуатации. Аналогично обстоит дело с минераловатными изделиями. Уже через несколько лет они переходят в пылевидное состояние, что экологически небезопасно. По данным немецких исследователей полная потеря теплотехнических свойств пенополистирола происходит через 10 лет, пенополиуретана - также через 10 лет, а стекловолоконных материалов через 7 лет.

Следовательно, использование пенопласта и минераловатных изделий в строительстве ведет к тому, что уже через 7-10 лет ограждающие конструкции не будут обеспечивать требуемого термического сопротивления.

Из используемых теплоизоляционных материалов только пеногазобетоны являются наиболее безопасными и долговечными материалами. Несмотря на преимущества ячеистых бетонов в сравнении с другими теплоизоляционными материалами, им присущи существенные недостатки. Высокое водопоглощение приводит к низкой влаго- и морозостойкости. Повышенная гидрофобность их снижает адгезию к поверхности и затрудняет штукатурные работы. Низкая прочность в сочетании с большой плотностью и недостаточными теплоизоляционными свойствами сужает область их применения.

#### **Результаты исследований**

Для решения поставленных проблем в отраслевой научно-исследовательской лаборатории «Материалы и здания для железнодорожного транспорта» Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна были проведены исследования и разработаны блоки из пористого теплоизоляционного материала на основе алюмини-силикатного сырья «СТГИЗОЛ». Актуальность разработки была отмечена Государственной администрацией железнодорожного транспорта Украины «Укрзалізниця», в результате чего были профинансированы работы по разработке технических условий на теплоизоляционный материал для широкого внедрения его на рынке Украины [2].

Разработанный теплоизоляционный материал «СТГИЗОЛ» - неорганический вспененный ячеистый материал, получаемый методом вспенивания расплавленных стеклоподобных материалов. Технология производства материала «СТГИЗОЛ» разработана в Украине, защищена соответствующими патентными документами и используется в процессе производства оборудования, материалы и

сырье, производимые предприятиями Украины и доступные на украинском рынке. В табл. 1 приведены основные технические характеристики материала.

Таблица 1

Основные технические характеристики материала «СТТИЗОЛ»

Плотность	кг/м <sup>3</sup>	150 - 550
Теплопроводность	Вт/мК	0,04
Сопротивление на сжатие	кг/см <sup>2</sup>	15 - 160
Коэффициент расширения	град К	9,0 x 10 <sup>-6</sup>
Модуль упругости	МН/м <sup>2</sup>	500-1500
Шумопоглощение	Дб	28
Капиллярность	%	0
Диапазон темп, °С	мин	-250
Диапазон темп, °С	мах	+550
Срок службы	лет	не ограничен

Герметичная замкнутость стеклянных ячеек материала «СТТИЗОЛ» обуславливает его непроницаемость для пара и влаги, постоянство теплопроводности и прочности, высокую сопротивляемость выдуванию ветром в течение многих десятков лет. Кроме того, прочная ячеистая структура «СТТИЗОЛ» делает его пригодным для изоляции поверхностей, находящихся под нагрузкой, предотвращая его расслоение, усадку и набухание материала.

По прочностным, теплоизоляционным характеристикам, негорючим свойствам, долговечности, стойкости к воздействию агрессивных сред и колебаниям температур «СТТИЗОЛ» заметно превосходит все предлагаемые в настоящее время на строительном рынке теплоизоляционные материалы.

Ниже приведены (рис.1) преимущества материала «СТТИЗОЛ» в сравнении с другими теплоизоляционными материалами.

**Долговечность и стабильность свойств во времени**

Наиболее важное преимущество предлагаемого материала перед прочими теплоизоляционными материалами - это долговременный срок эксплуатации, при котором материал абсолютно не изменяет своих физических свойств, т.к. представляет собой на 100% вспененное стекло. Именно это делает его особенно устойчивым к химически- и биологически активным средам, а так же к термическому воздействию. Вскрытие объектов термоизолированных пеностеклом более 50-ти лет назад не выявили никаких изменений в структуре материала.

**Прочность**

«СТТИЗОЛ» по этим показателям не только значительно превосходит материалы, входящие в группу теплоизоляционных материалов особо низкой и низкой плотности, но и не уступает по прочности большинству более плотных материалов из группы средней плотности:

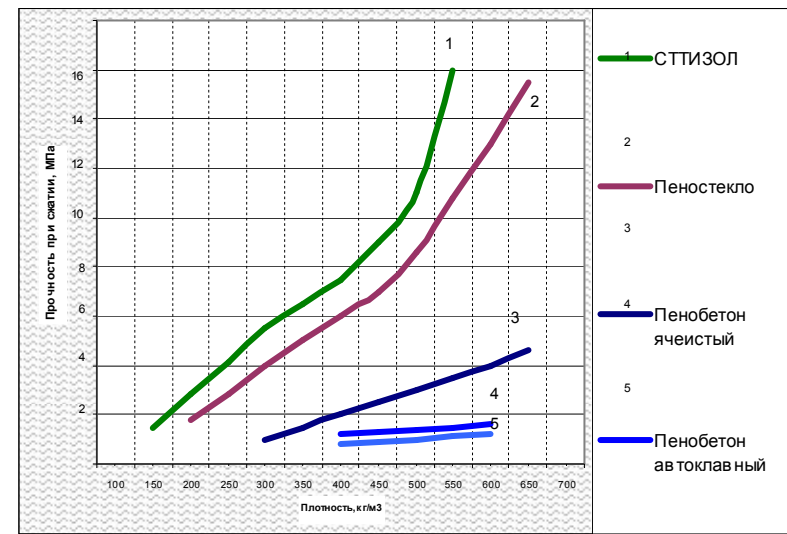


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии от плотности материалов

**Огнестойкость, горючесть, выделение газов и паров при нагревании**

По своей химической структуре «СТТИЗОЛ» — вспененное силикатное стекло (аморфное тело), состоящее из расплава высших оксидов кремния, кальция, натрия, алюминия и магния. Материал не содержит никаких органических соединений или химических веществ за исключением вышеперечисленных. Как известно, высшие оксиды совершенно не окисляются, не горят и не воспламеняются. Предлагаемый материал не горит и не воспламеняется (даже в приточном кислороде), огнестойкий (размягчение материала наступает только при температурах выше 500°С, плавление — выше 1500°С), не выделяет газов и паров при нагревании.

**Теплоизоляционные свойства**

Полученный материал обладает высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами (рис 2). Техническая характеристика образцов «СТТИЗОЛ», в сравнении с традиционно используемыми в строительстве теплоизоляционными материалами и изделиями:

**Механическая обработка, методы крепления**

«СТТИЗОЛ» как прочный теплоизоляционный материал способен без всякого дополнительного крепления выдерживать давление, обусловленное собственным весом, в пределах двух этажей. Это позволяет производить теплоизоляционные работы простым и недорогим способом обычной облицовки. В дополнение к этому стоит отметить тот факт, что предлагаемый материал отлично клеится, крепится и связывается любым штукатурным составом, клеем, мастикой и т.п.

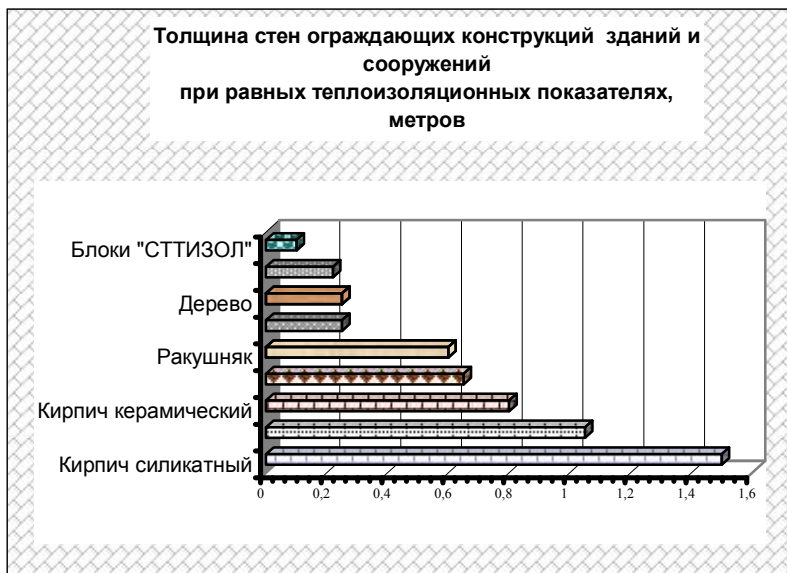


Рис.2. Анализ свойств теплоизоляционных материалов

#### **Устойчивость в химически и биологически активной среде**

«СТТИЗОЛ» абсолютно устойчив ко всем химическим реагентам как неорганической, так и органической природы. Исключение составляет лишь плавиковая кислота — не слишком распространенное химическое соединение. Активная биологическая среда также не может оказать сколько-нибудь заметного влияния на материал, так как в нем полностью исключена почва для развития любых активных жизненных форм. Самой интересной особенностью материала при взаимодействии с биологическими формами является абсолютная (и уникальная — присущая только этому материалу) способность быть «непронходимым» для всех грызунов и насекомых.

#### **Водопоглощение и гигроскопичность, влаго- и паропроницаемость, устойчивость к разрушению водой и водяным паром**

«СТТИЗОЛ» представляет собой материал из замкнутых стеклянных ячеек, имеющих сферическую и гексагональную форму. Среди всех представленных на рынке теплоизоляционных материалов этот материал наиболее устойчив к воздействию влаги и пара. Гигроскопичность материала равна нулю. Его сорбционная влажность близка к нулю (менее 0,5%) даже в атмосфере со стопроцентной влажностью. Водопоглощение при полном погружении в жидкость не превышает 5% от общего объема материала и обусловлено лишь накоплением влаги в поверхностном слое разрушенных при механической обработке ячеек.

#### **Экологическая безопасность**

Высокая экологическая и санитарная безопасность материала, без каких бы то ни было ограничений разрешает применять для теплоизоляции промышленных пищевых холодильников и теплоизоляционной футеровки емкостей, применяемых при изготовлении пищевых продуктов.

Использование материала «СТТИЗОЛ» в строительстве позволяет создавать энергосберегающие строения значительно легче обычных и, при общем удешевлении строительства на 20-25%, позволяет застраивать площади на слабых и заболоченных грунтах в регионах с очень холодным и жарким климатом, проводить реконструкцию существующих зданий. При этом все конструкции, здания и сооружения, построенные с использованием материала «СТТИЗОЛ», будут обеспечивать значительное снижение катастрофических последствий при техногенных и природных воздействиях (пожары, землетрясения).

#### **Выводы**

В результате проведенных исследований разработан теплоизоляционный материал «СТТИЗОЛ».

Проведены комплексные испытания и разработаны технические условия.

Исследования показали целесообразность создания промышленного производства теплоизоляционного неорганического материала «СТТИЗОЛ». Это станет прогрессивным шагом в развитии промышленности строительных материалов, направленный на расширение украинского рынка теплоизоляционных материалов и изделий, отвечающих новым требованиям современного строительства.

#### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Теплоизоляционные изделия на основе алюмини-силикатного сырья/Пшинько А.Н., Гребенников В.Н., Федоренко С.В., Дудник А.В., Лисняк В.П./ залізничний трансп. України. – 2005.-№2. – С.64-66.
2. Технічні умови “Блоки з пористого теплоізоляційного матеріалу” ТУ У В.2.7-26.1-00034045-001:2006.

#### **УДК 666.972.16**

#### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИЗВЕСТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНАХ**

*А.Н. Пшинько, д.т.н. проф., А.П. Никифоров, д.т.н. проф., Н.А. Никифорова, соиск.,*

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна (Днепропетровск, Украина)*

Украина занимает одно из ведущих мест в мире по добыче различных полезных ископаемых и металлургическому переделу их в товарную продукцию. Горные работы ведутся, в основном, открытым способом. При