

## СОДЕРЖАНИЕ

Главный редактор  
РУБЛЕВСКАЯ М.Г.

Зам. главного редактора  
ЮМАШЕВА Е.И.

Редакционный совет:  
РЕСИН В.И.

(председатель)

ТЕРЕХОВ В.А.  
(зам. председателя)

БОРТНИКОВ Е.В.

БУТКЕВИЧ Г.Р.

ВОРОБЬЕВ Х.С.

ГОРОВОЙ А.А.

ГРИЗАК Ю.С.

ГУДКОВ Ю.В.

ЗАБЕЛИН В.Н.

ЗАВАДСКИЙ В.Ф.

КАМЕНСКИЙ М.Ф.

СИВОКОЗОВ В.С.

УДАЧКИН И.Б.

ФЕРРОНСКАЯ А.В.

ФИЛИППОВ Е.В.

ФОМЕНКО О.С.

ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

Учредитель журнала:

ООО РИФ «Стройматериалы»

Журнал зарегистрирован  
Министерством РФ по делам  
печати, телерадиовещания  
и средств массовой информации  
ПИ №77-1989

Редакция  
не несет ответственности  
за содержание  
рекламы и объявлений

Авторы  
опубликованных материалов  
несут ответственность  
за достоверность приведенных  
сведений, точность данных  
по цитируемой литературе  
и отсутствие в статьях данных,  
не подлежащих  
открытой публикации

Редакция  
может опубликовать статьи  
в порядке обсуждения,  
не разделяя точку зрения автора

Перепечатка  
и воспроизведение статей,  
рекламных и иллюстративных  
материалов из нашего журнала  
возможны лишь с письменного  
разрешения главного редактора

Адрес редакции:

Россия, 117218, Москва,  
ул. Кржижановского, 13  
Тел./факс: (095) 124-3296  
124-0900

E-mail: [rifsm@ntl.ru](mailto:rifsm@ntl.ru)  
<http://www.ntl.ru/rifsm>

### МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ

Е.В. ГУЩА.

Материалы для плоских кровель фирмы «Sika-Trocac AG» ..... 2

В.Ю. ЧУХЛАНОВ, Л.А. ДУДЕНКОВА, А.Н. АЛЕКСЕЕНКО.

Композиционная кремнийорганическая эмаль ..... 5

В.Ю. МЕЛЕШКО.

Керамические стеновые материалы,  
некоторые проблемы производства и применения ..... 7

### РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В.И. СОЛОМАТОВ, В.Т. ЕРОФЕЕВ, Е.А. МОРОЗОВ.

Биологическое сопротивление полимербетонов ..... 10

А.Г. КОМАР, Е.Г. ВЕЛИЧКО, Ж.С. БЕЛЯКОВА.

О некоторых аспектах управления структурообразованием  
и свойствами шлакосиликатного пенобетона ..... 12

А.А. ЛАУКАЙТИС.

Воздухопроницаемость ячеистых бетонов низкой плотности ..... 16

С.А. ВЕЯЛИС, И.Я. ГНИП, В.И. КЕРШУЛИС.

Обследование влажности экваты в облегченных кирпичных стенах  
зданий с нормальным тепловлажностным режимом ..... 19

В.Ф. ПАВЛОВ, В.Ф. ШАБАНОВ.

Использование пеносиликата из золошлаковых отходов  
для производства безобжигового кирпича ..... 22

Ю.А. АНЦУПОВ, В.А. ГРУШКО, В.А. ЛУКАСИК, П.В. ПОЛЯКОВ.

Получение листового бумажно-волокнутого  
отделочного материала из отходов ..... 24

П.В. КРИВЕНКО, Г.Ю. КОВАЛЬЧУК.

Жаростойкий газобетон на основе щелочного  
алюмосиликатного связующего ..... 26

В.Н. БУРМИСТРОВ, Ю.А. ЛАПИН.

К вопросу строительства заводов  
керамического кирпича малой мощности ..... 29

### ИНФОРМАЦИЯ

О развитии жилищной реформы ..... 30

Е.И. ЮМАШЕВА.

«ВэйсТэк-2001» 2-я Международная выставка  
и Конгресс по управлению отходами ..... 31

В.П. ВЕЙНГАРТ.

Ассоциация «СИНТЭС» подводит итоги «первой пятилетки» ..... 33

«Уют. Интерьер. Коттедж. Строительные и отделочные материалы» ..... 35

Е.В. ГУЦА, представитель фирмы «Sika-Trocacal AG» в России

## Материалы для плоских кровель фирмы «Sika-Trocacal AG»

Специализацией фирмы «Sika-Trocacal AG» является производство высококачественных полимерных и полимерно-битумных кровельных и гидроизоляционных материалов, пленок для облицовки бассейнов, резервуаров питьевой воды, емкостей для нефтепродуктов и др.

Производство кровельных мембран основывается на научном потенциале европейских концернов «HT Troplast AG» и «Sika AG». Испытания материалов вот уже более 30 лет проводятся в естественных условиях в Испании, прежде всего на воздействии УФ-излучения, и Швейцарии.

Фирма «Sika-Trocacal AG» выпускает рулонные кровельные и гидроизоляционные материалы на различной основе (полиолефиновой – FPO, поливинилхлоридной – PVC-P, сополимера этилена и битума – ECB и др.). В табл. 1 приведены различные кровельные материалы фирмы и способы их крепления к основанию.

Наиболее подходящими для российских условий являются полимерно-битумные мембраны «Carisma CI» и «Carisma CIK», полимер-

ные мембраны «Sikaplan G» и «Sikaplan VGWT».

Основным преимуществом применения материалов фирмы «Sika-Trocacal AG» является возможность получения монолитного полотна за счет сварки отдельных полотнищ непосредственно на объекте. Сварка производится горячим воздухом или с помощью состава на основе тетрагидрофурана (холодная сварка). В отличие от склеивания при холодной сварке между полотнищами не образуется клеевого слоя, а происходит образование единого слоя полимерной композиции. На месте сварки образуется почти двойной слой материала, который и становится самым надежным участком покрытия.

Нулевое водопоглощение обеспечивает водонепроницаемость кровли.

Основой материалов «Carisma CI» и «Carisma CIK» является сополимер этилена и битума со специальными добавками, армированный стеклохолстом. Материалы обладают очень высокой гибкостью (до  $-55^{\circ}\text{C}$ ), что позволяет использовать их в суровых климатических условиях Севера и Сибири.

Мембрана «Carisma CI» предназначена для устройства кровель с механическим (рис. 1 а) или балластным креплением к основанию (рис. 1 б).

Материал «Carisma CIK» отличается наличием полиэстеровой подложки, которая позволяет приклеивать его к основанию. Применяется в основном для ремонта битумных кровель без демонтажа старого покрытия. Приклеивание производится специальной композицией «Sika-Trocacal C 300», горячим битумом или другими мастиками. Обычно достаточно нанесения клея полосами, составляющими около 20% поверхности материала.

Кроме того, полиэстеровая подложка предназначена для вывода влаги из-под кровельного покрытия. В этом случае диффузия влаги происходит по подложке с последующим удалением через парапеты по периметру и специально устроенные флюгарки в середине.

Полимерные кровельные мембраны «Sikaplan G» и «Sikaplan VGWT» представляют собой мягкий ПВХ, армированный стеклосеткой, и являются битумонесовместимыми.

Таблица 1

Основа материала	Наименование продукта	Механическое крепление	Балластное крепление	Приклеивание
ПВХ, не совместимый с битумом	<b>Sikaplan G</b>	ДА	НЕТ	НЕТ
	<b>Sikaplan VGWT</b>			
	<b>Trocacal S</b>	ДА	НЕТ	НЕТ
	<b>Trocacal SGK</b>	ДА	НЕТ	ДА
	<b>Trocacal SGmA</b>	НЕТ	ДА	НЕТ
ПВХ, совместимый с битумом	<b>Trocacal RV-s</b> (самоклеящаяся)	ДА	ДА	ДА
Сополимер этилена и битума	<b>Carisma CI</b>	ДА	ДА	НЕТ
	<b>Carisma CIK</b>	ДА	ДА	ДА
Мягкий полиолефин	<b>Trocacal Futura</b>	ДА	ДА	НЕТ
Хлорсульфированный полиэтилен	<b>Sikanorm Hupalon G</b>	ДА	НЕТ	НЕТ

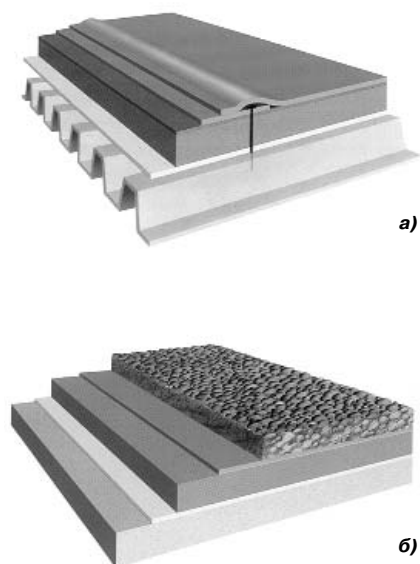


Рис. 1

Таблица 2

Показатели	Carisma CI	Carisma CIK	Sikaplan 15 G	Sikaplan 15 VGWT
Толщина, мм	2	2	1,4	1,4
Относительное удлинение, при разрыве, % армирования связующего	577	63	33 250	27 250
Условная прочность, МПа армированный неармированный	6,9	7,8	22,8 14,2	22,1 14,2
Гибкость на брусе с радиусом закругления 5 мм, °С	-55		-35	
Теплостойкость в течение 2 ч, °С	90			
Водопоглощение в течение 24 ч, мас. %	0,2	0	0	0
Водопроницаемость в течение 72 ч при давлении 0,3 МПа	непроницаем			
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па)	$3,9 \times 10^{-3}$		$0,79 \times 10^{-3}$	
Долговечность, усл. лет	30		15	

Технические характеристики всех материалов (табл. 2) обуславливают возможность устройства кровли только в один слой.

Сварка мембран «Carisma», как и «Sikaplan», производится горячим воздухом (рис. 2). Для полимерных неармированных мембран возможна холодная сварка с помощью специальных растворителей на основе тетрагидрофурана. Для дополнительной герметизации наиболее сложных участков ПВХ-мембран предназначен специальный жидкий ПВХ.

Для устройства кровли возможно несколько способов крепления мембран «Carisma» к основанию. Механическое крепление в зависимости от вида основания осуществляется специальным крепежом с

антикоррозионным покрытием или саморезами с шайбой, распределяющими нагрузку на материал. Образующиеся крепежные узлы располагаются по краям рулона и полностью перекрываются следующим полотнищем, укладываемым внахлест. При заваривании краев полотнищ крепеж оказывается полностью загерметизированным (рис. 3).

Балластный метод заключается в фиксации сваренных полотен основной площади ковра галькой (в отдельных случаях — гравием), тротуарными плитками и др., устройстве эксплуатируемых кровель (цветники, автостоянки, сады, пешеходные дорожки и др.). Периметр кровли дополнительно механически закрепляется. При приме-

нении гравия обычно предусматривается дополнительный защитный слой (геотекстиль) во избежание нарушения целостности мембраны.

Представленные материалы «Carisma» и «Sikaplan» являются основой **кровельных систем**, поставляемых компанией «Sika-Trocgal AG». В систему входят элементы для герметизации углов, водосливов, кабелей, вентиляционных систем, фонарей верхнего света, флюгарки, пароизоляционные материалы, соединительный металлический лист и др. (рис. 4). Дополнительные элементы систем созданы для каждого вида основ мембран (для PVC-P, FPO, ECV и др.).

Применение кровельных систем на основе материалов фирмы «Sika-Trocgal AG» имеет ряд экономических преимуществ. За счет однослойности кровельного ковра удается значительно снизить трудозатраты при устройстве кровли. К сожалению, следует отметить, что в России не существует расценок на проведение таких работ.

Сравнительный расчет стоимости 1 м<sup>2</sup> кровли из различных материалов (табл. 3) был проведен по данным фирмы ООО «Спектр-15» (Москва).

Для расчета было принято, что кровля из материала «Carisma CIK» выполняется в один слой и служит 30 лет, согласно испытаниям, однако может служить более 30 лет без ремонта. Практика показала, что в нормальных условиях эксплуатации необходимость ремонта наступает только при механических повреждениях. Битумные материалы (рубероид) укладываются в 2–4 слоя, служат не более 5 лет и требуют ежегодного ремонта. Битумно-поли-



Рис. 2

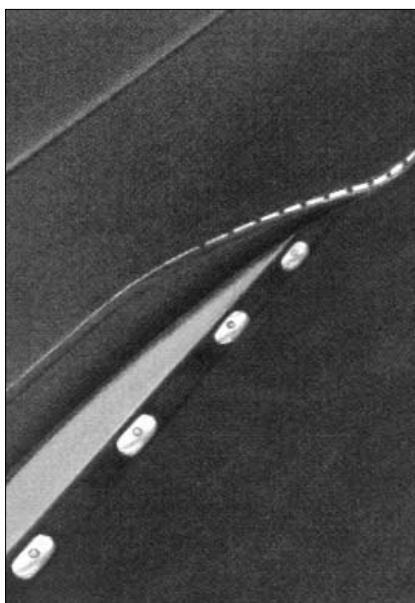


Рис. 3

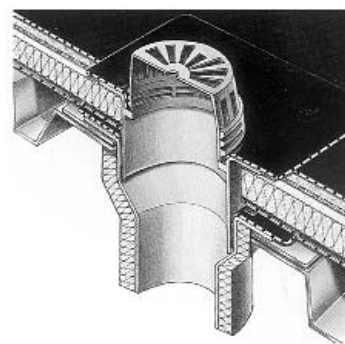


Рис. 4

Таблица 3

Наименование	Carisma CIK	Рубероид (2 слоя)	Рубероид (3 слоя)	Рубероид (4 слоя)	Филизол (2 слоя)	Филизол (3 слоя)	Изопласт (2 слоя)	Изопласт (3 слоя)
<b>Затраты при новом строительстве (по состоянию на 1.07.2001)</b>								
Стоимость материала, р кровельный мастика	315 10	20 10	30 15	40 20	140 15	180 15	140 15	190 15
Стоимость работ, р	180	160	220	260	180	250	180	250
Итого, р	505	190	265	320	335	445	335	455
Срок службы, лет	30	1	2	3	10	12	10	12
<b>Затраты при ремонте 1 раз в 2 года (по состоянию на 1.07.2001)</b>								
Стоимость материала, р кровельный мастика	0	20 10	30 10	40 10	10%			
Стоимость работ, р	0	30	30	30				
Итого, р	0	60	70	80	33,5	44,5	33,5	45,5
Затраты на ремонт за срок службы, р	0	420	455	480	83,8	66,8	83,8	68,3
Всего затраты за 15 лет, р	505	610	720	800	418,8	511,8	418,8	523,3
Всего затраты за 30 лет, р	505	1060	1245	1400	670	845,5	670	864,5

мерные материалы («Филизол», «Изопласт») укладываются в 2–3 слоя, служат 10–12 лет и требуют ремонта 1 раз в 2 года.

В расчетах принято, что ремонт кровли из рубероида, уложенного в два слоя, начинается на следующий год после укладки и проводится в два слоя один раз в два года; уложенного в три слоя — на второй год; в четыре слоя — на третий год после укладки и проводится в два слоя один раз в два года. Ремонт кровли из «Филизола» и «Изопласта», уложенных в три слоя, начинается через 10 лет и проводится один раз в два года на сумму 10% от стоимости укладки (частичный ремонт).

В мировой практике устройства и эксплуатации кровель накоплен значительный опыт использования материалов фирмы «Sika-Trocac AG» в различных конструкциях кровель при любых климатических условиях. Обладая высокой устойчивостью к прорастанию корней растений, мембраны эффективно используются для устройства эксплуатируемых кровель.

Особый интерес представляет мембрана «Sikaplan VGWT», отнесенная по российским стандартам к группе горючести Г2 (умеренно горючий), воспламеняемости В2 (умеренно воспламеняемый), распространения пламени РП2 (слабо распространяющий пламя).

Повысить противопожарные свойства кровли позволяет также и балластный способ крепления полотна мембран.

В России в настоящее время эксплуатируется ряд зданий с кровлей, выполненной из мембран фирмы «Sika-Trocac AG», наиболее известные из которых — здания центрального офиса Сбербанка РФ в Москве (эксплуатация около 11 лет) и Петровского пассажа в Москве (около 9 лет).

Технология выполнения работ при использовании материалов имеет ряд неоспоримых достоинств. Прежде всего это исключение из процесса открытого пламени, что значительно снижает риск возникновения пожара.

Скорость укладки материалов достаточно высока. В Германии бригада из трех человек за рабочую смену при устройстве ковра средней сложности и в соответствии с немецкими стандартами успевает выполнить 200–300 м<sup>2</sup> кровли. Производительность зависит от сложности рельефа кровли, типа аппарата для сварки горячим воздухом, количества дополнительных элементов (флюгарок, воронок, водосливов и др.).

Все материалы фирмы «Sika-Trocac AG» производятся в соответствии с требованиями международного сертификата качества ISO 9001. Помимо этого получены сертификаты соответ-

ствия Госстроя России, гигиенический и пожарный сертификаты.

Поставка мембран для потребителей в России производится со склада в Москве. По желанию заказчика поставка крупных партий материалов может осуществляться со склада завода-производителя в Германии.

В каждом конкретном случае устройства кровли подбирается оптимальное техническое решение. Заводская гарантия на материалы составляет 10 лет. Однако срок службы материала (долговечность) в конструкции как правило, зависит еще и от качества выполненных работ. Для кровельных мембран «Carisma» этот срок установлен 30 лет и подтвержден лабораторными и натурными испытаниями.

При поставке материалов на объекты площадью более 1 тыс. м<sup>2</sup> организуется бесплатное обучение бригад специалистами из Германии. В случае соблюдения требований по укладке и эксплуатации мембран на больших объектах при обнаружении протечек кровли возможна замена материалов, оплата работ по замене материалов и компенсация возможного ущерба в пределах оговоренной суммы.

Применения материалов фирмы «Sika-Trocac AG» гарантирует решение задач по быстрому, экономичному и качественному устройству и эксплуатации кровли на многие десятилетия.

## Композиционная кремнийорганическая эмаль

Разработка новых материалов на основе кремнийорганических соединений актуальна для совершенствования процессов в важнейших областях техники и народного хозяйства. Интерес к этому классу соединений обусловлен рядом ценных свойств, присущих кремнийорганическим полимерам, и в первую очередь их высокой тепло-, морозо- и влагостойкости, малым изменением физических характеристик в широком диапазоне температуры [1].

В России накоплен значительный опыт по применению в строительстве кремнийорганических соединений различной природы, прежде всего с целью повышения атмосферостойкости строительных материалов и конструкций. Это связано с тем, что большинство строительных материалов обладает существенной пористостью и разрушается под действием воды. Гидрофобизирующие материалы, предназначенные для защиты строительных конструкций, должны глубоко проникать в поры, обладать высокой химической стойкостью и значительной устойчивостью к атмосферным воздействиям.

Обработка строительных материалов может быть поверхностной или объемной. Для проведения поверхностной гидрофобизации на строительных конструкциях с помощью воздушного распылителя наносят раствор соответствующего защитного материала с концентрацией не

выше 10%. Гидрофобная пленка образуется, как правило, через семь суток. Чаще всего для гидрофобизации используют алкилсиликонаты натрия ГКЖ-10, ГКЖ-11 и АМСР-3, а также полиалкилгидридсилоксаны ГКЖ-94. За рубежом для этих целей обычно используют кремнийорганические лаки и метилсиликонаты натрия и калия [2, 3].

Поверхностная обработка стандартными гидрофобизаторами ГКЖ-10, ГКЖ-11, ГКЖ-94, АМСР не всегда эффективна, особенно при контакте строительных конструкций с грунтовыми и напорными водами. В этом случае используют кремнийорганические лаки с тонкодисперсным металлическим наполнителем [3]. Однако, несмотря на высокие гидрофобизирующие характеристики, чистые кремнийорганические соединения имеют некоторые недостатки: невысокую адгезионную прочность, которая особенно ярко проявляется при нанесении на металлы, и значительную стоимость.

Одним из путей, позволяющих решить данную проблему, является модификация органических алкидных (глифталевых и пентафталевых) смол кремнийорганическим полимером. Модифицированные органические смолы могут содержать от 5 до 90% полиорганосилоксанов. При этом материал приобретает высокую атмосферно- и водостойкость. Именно поэтому было разработано защитное полимерное покрытие

(эмаль) для строительных конструкций на основе органической смолы, модифицированной кремнийорганическим соединением, при необходимости пигментированным минеральным пигментом.

В качестве органического связующего был использован низкополимеризованный пипериленстирольный сополимер (олигомер ПС-70 – продукт сополимеризации стирола и пиперилена, растворенный в уайт-спирите, с добавками толуола и ацетона), модифицированный мономером тетраэтоксисиланом (этиловый эфир ортокремниевой кислоты).

Исследования условной вязкости, массовой доли летучих и нелетучих веществ, твердых и пленкообразующих веществ, адгезии, времени и степени высыхания, твердости, стойкости к воздействию температуры, воздействию влажности и солнечного излучения, стойкости в атмосферных условиях, в районах с умеренным, тропическим или холодным климатом, светостойкости, водостойкости и других характеристик разработанных защитных покрытий проводились в соответствии с общепринятыми стандартами (ГОСТы: 8420–74, 17537–72, 15140–69, 19007–73, 5233–89, 9074–77, 6992–68, 9.045–75, 9.401–89, 9.403–80, 9.407–84).

Образцы получали путем нанесения исследуемой композиции на защищаемую поверхность с помощью кисти (условная вязкость по ВЗ-4 40–60 с) и с помощью воздушного

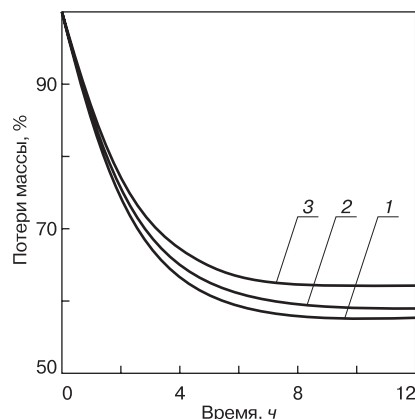


Рис. 1. Потери массы от времени выдержки: 1 – 100% ПС-70; 2 – 90% ПС-70, 10% ТЭОС; 3 – 80% ПС-70, 20% ТЭОС

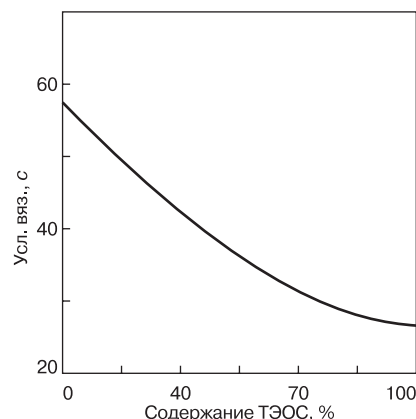


Рис. 2. Зависимость условной вязкости композиции от содержания ТЭОС (180°C)

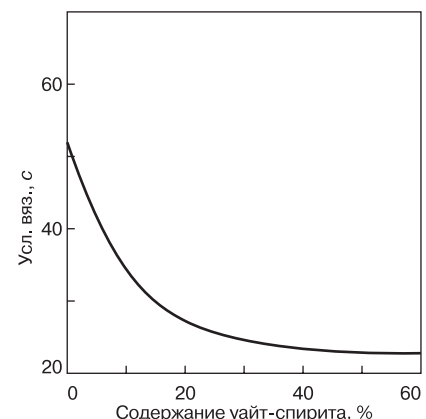


Рис. 3. Зависимость условной вязкости композиции (90% ПС-70+10% ТЭОС) от содержания уайт-спирита

распылителя. В последнем случае композицию разбавляли уайт-спиритом до рабочей вязкости 20–28 с. Содержание пигмента составляло до 15 мас. % композиции. В качестве материала подложки использовались отвержденные образцы из цемента размером 160×40×22 мм, а также пластины из стали Ст3, алюминия АМг и стекла размером 150×50×1 мм. При использовании металлических и стеклянных пластин толщина покрытия выбиралась в пределах 40–70 мкм.

Сушка покрытия осуществлялась в режиме холодного (72 ч при 25°C) и горячего отверждения (2 ч при 150°C). Перед испытаниями образцы выдерживались в течение суток при 25°C и относительной влажности 75%.

Установлено, что новые полезные свойства, такие как повышенная влагостойкость, устойчивость к воздействию УФ-излучения, значительная термостойкость, обусловлены химическим взаимодействием пипериленистирольного олигомера и тетраэтоксисилана с образованием нового соединения. Косвенным подтверждением этого является изменение характеристик исходного олигомера, а также изменения спектральных характеристик исходного и конечного продукта в различных областях электромагнитного излучения, особенно в инфракрасном спектре. Исследования с помощью спектрофотометра ИК-22 показали, что в конечном продукте четко прослеживается полоса в области 900–700 см<sup>-1</sup>, которая отвечает колебаниям связи –Si–C– и не зависит от природы замещающих групп.

Образование нового соединения подтверждают проведенные исследования потерь массы смеси тетраэтоксисилана и олигомера. Известно, что тетраэтоксисилан обладает сравнительно высокой летучестью. Можно предположить, что при температуре, близкой к температуре ки-

пения (166°C), он будет полностью удаляться из композиции. Однако потери массы системы олигопипериленистирол – тетраэтоксисилан показали, что существенного удаления летучих компонентов при температуре 150°C не наблюдается (рис. 1). Введение тетраэтоксисилана даже приводит к частичному снижению выделения летучих компонентов по сравнению с чистым олигомером.

Следует учитывать, что часть тетраэтоксисилана может полностью гидролизаться до коллоидного диоксида кремния. Об этом свидетельствует помутнение полимерной пленки при длительной выдержке при нормальной температуре. Отрицательных моментов выделение диоксида кремния, как правило, не вызывает и очень часто практикуется при введении в аналогичные системы, например бутадиен-стирольный эластомер, для повышения их физико-механических характеристик.

На рис. 2 и 3 представлена зависимость условной вязкости композиции от содержания в ней тетраэтоксисилана и уайт-спирита. С увеличением концентрации тетраэтоксисилана вязкость системы резко снижается. Установлено, что в виде раствора исследуемая система хранится при нормальных условиях в течение полугода без существенных изменений реологических характеристик, что можно объяснить как препятствием растворителя к сближению тетраэтоксисилана и олигопипериленистирола, так и относительно низкой реакционной способностью по сравнению с другими диенами.

Физико-механические характеристики покрытий изучались по стандартным методикам. На рис. 4 приведены характеристики твердости покрытий в зависимости от времени выдержки.

Исследования показали, что полный набор твердости происходит через 200 ч. Адгезионные ха-

рактеристики, определенные по методу решетчатого надреза, составляют 1 балл и практически не зависят от содержания ТЭОС в композиции, а также от введения пигмента. Ударная прочность возрастает с введением в композицию 5% ТЭОС и времени выдержки 72 ч, достигая 11 кг/см<sup>2</sup> по прибору У2. Влагопоглощение (рис. 5) исследовали на бетонных образцах из стандартного бетона.

Исследования показали, что введение ТЭОС в композицию приводит к снижению влагопоглощения образцов. Это связано с тем, что ТЭОС сам по себе является хорошим гидрофобизирующим агентом. Однако после введения в композицию более 5% ТЭОС дальнейшее повышение концентраций не приводит к значительному возрастанию данного параметра. Концентрацию ТЭОС порядка 5–10% следует считать оптимальной.

Испытания на устойчивость к действию атмосферных воздействий (влаги, УФ-излучения) проводились по ускоренным методикам в климатической камере ИП-1-3.

Установлено, что защитные свойства покрытий не меняются или изменяются в незначительных пределах – порядка нескольких процентов после воздействия неблагоприятных факторов на исследуемые образцы. Это свидетельствует о хороших защитных свойствах разработанного композиционного материала.

Результаты проведенной научно-исследовательской работы позволили создать новые антикоррозионные полимерные покрытия – композиционную кремнийорганическую эмаль одиннадцати цветов, марок ЭК-(10-20) для защиты железобетонных конструкций искусственных сооружений. Для производства и применения в народном хозяйстве на эмаль впервые разработаны ТУ 3122-001-05132433-00, а также имеются положительные заключения гигиенической и санитарно-токсикологической экспертиз.

#### Список литературы

1. Чухланов В.Ю. и др. Термическая деструкция синтактных пенопластов с полиорганосилоксановым связующим // Пластические массы. 1999. № 12. С. 26–27.
2. Олигоорганосилоксаны. Свойства, получение, применение / Под ред. М.В. Соболевского. М.: Химия, 1985. 264 с.
3. Соболевский М.В., Музовская О.А., Попелева Г.С. Свойства и области применения кремнийорганических продуктов / Под ред. М.В. Соболевского. М.: Химия, 1975. 286 с.

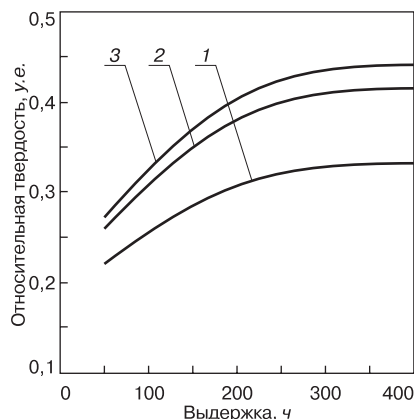


Рис. 4. Зависимость относительной твердости образцов при 25°C: 1 – 100% ПС-70; 2 – 95% ПС-70, 5% ТЭОС; 3 – 90% ПС-70, 10% ТЭОС

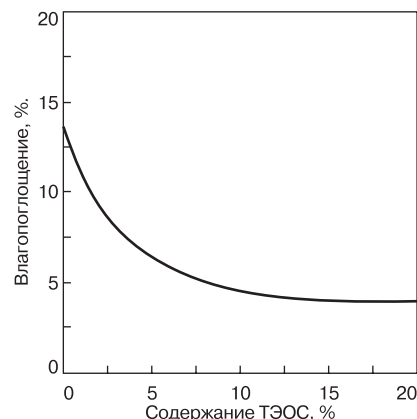


Рис. 5. Зависимость влагопоглощения от содержания ТЭОС в композиции

## **Керамические стеновые материалы, некоторые проблемы производства и применения**

Еще в недалеком прошлом в бывшем СССР производилось около 28 млрд шт. усл. кирпича в год, в том числе в России около 14 млрд шт., в Белоруссии — 1,35 млрд шт. Этого количества кирпича не хватало для строительства, поэтому разрабатывались программы по расширению производства, строились новые заводы, совершенствовалось действующее производство.

В 2000 г. в Белоруссии произведено около 0,41 млрд шт. усл. кирпича предприятиями всех видов собственности. Сколько потреблено для собственных нужд республики, неизвестно из-за отсутствия учета. Можно предположить, основываясь на некоторых данных предприятий, что из республики экспортировано около 0,25 млрд шт. За последние 12 лет объемы производства сократились в 3–3,5 раза. Такая же ситуация и в России. Непродуманный раздел собственности привел к кризисной ситуации и катастрофическому спаду производства и, как следствие, к остановке технического прогресса в данной отрасли производства.

Возникает вопрос — нужен ли этот вид стенового материала строителям и если нужен, то в каких объемах? Нет сомнения в том, что рынок должен определять спрос на тот или другой вид стройматериала, но сам по себе он это сделать не может. Необходим в первую очередь экономически обоснованный подход к решению данной проблемы. Для этого потребитель должен знать преимущество одного материала перед другим.

Из практики зарубежных стран, находящихся примерно в одинаковых климатических условиях со значительной частью России и Белорусии, известно, что удельный вес керамических материалов в строительстве достигает 60%, что значительно выше, чем в наших странах. Почему же там этот вид строительного материала находит более широкое применение в строительстве?

Многовековой опыт применения керамических стеновых материалов показал, что кирпичи и камни обладают неограниченными архитектурными возможностями, позволяющими строить здания и сооружения с неповторимым внешним обликом. Здания долговечны, огнестойки, а по показателю комфортности сопоставимы с деревянными. Затраты на содержание фасадов из керамического кирпича самые низкие. Так, если лучшая фасадная краска при строгом соблюдении требований нанесения служит не более 10–15 лет, то за сто лет эксплуатации фасада необходимо сделать шесть ремонтов. Если учесть, что затраты на ремонт 1 м<sup>2</sup> фасада при самых скромных подсчетах составляют не менее 4 USD, то на шесть ремонтов потребуется 24 USD. Это означает, что на 1 м<sup>2</sup> ограждающей поверхности можно дополнительно уложить 300 шт. усл. пустотелого кирпича с  $\lambda=0,24$  Вт/(м·°C) и получить 1 м<sup>2</sup> поверхности толщиной 720 мм с высокими теплозащитными свойствами ( $R=2,5-3$  м<sup>2</sup>·°C/Вт), а если применить колодезную кладку, уменьшив вдвое расход кирпича за счет эффективных засыпок, то такое решение становится экономически выгодным на первом этапе. Кирпичная кладка, если она выполнена по всем правилам, не требует ремонта вообще. Здания из керамического кирпича стоят веками.

В Минске в конце 50-х годов были построены 4–5-этажные здания, облицованные крупноразмерным керамическим камнем Горынского ЗОФК, которые к настоящему времени сохранили прекрасный вид, за исключением тех мест, где пробились отверстия для крепления рекламы или растяжек крепления защитной сетки от возможного падения льда с крыши. Однако практически повсеместно требования, предъявляемые к кирпичной облицовочной кладке, не выполняются. Швы неровные, не заполненные

раствором, поверхность кирпича загрязнена кладочным раствором серого цвета. В результате при хорошем внешнем облике здания дефекты кладки стирают впечатления внешнего вида. Особенно когда оконные и дверные проемы перекрываются обыкновенной бетонной перемычкой, не совпадающей по высоте с кирпичом. Вместе с тем каждое кирпичное предприятие может выпускать специальный кирпич, позволяющий на стройке делать несущую армированную керамико-бетонную перемычку, придающую хороший внешний вид окну, двери и т. п.

В то же время на севере Западной Европы здания из кирпича смотрятся значительно лучше. Кладочные швы цветные, ровные, заполнены раствором, кирпич не загрязнен этим раствором. Цвет кирпича особого значения не имеет. Используют много различных профилейных изделий, украшающих фасады. Водоотвод с кровли устроен так, что вода от таящего снега не задерживается и на фасад не попадает. С учетом преимуществ керамического кирпича перед другими материалами цена его там составляет около 250–270 USD и более, у нас не более 80 USD.

Заниженная цена на кирпич при постоянном росте топливно-энергетических ресурсов, которые в себестоимости продукции достигли 40–60%, привела к вымыванию оборотных средств, пополняющихся только за счет кредита; предприятия стали малорентабельными и, как следствие, последние 15 лет средства производства не обновляются. Выработка на одного работающего сократилась с 280 до 80 тыс. шт. усл. кирпича в год. Технологическое оборудование изношено до предела. Качество продукции катастрофически снижается, в том числе из-за неритмичности работы. Ассортимент не расширяется. Некоторые предприятия, где значительная часть продукции реализует-



Материал	Затраты ТЭР на производство 1 м <sup>3</sup> кирпича			Материал	Затраты ТЭР на производство 1 м <sup>3</sup> газосиликатных блоков		
	технологическое топливо, кг усл. топлива	тепловая энергия, Мкал	электрическая энергия, кВт·ч		технологическое топливо, кг усл. топлива	тепловая энергия, Мкал	электрическая энергия, кВт·ч
Кирпич утолщенный пустотелый ОАО «Радощковичский КЗ» средней плотностью 1212 кг/м <sup>3</sup> (512 шт. усл. кирпича)	171×512 1000	10,2×512 1000	181,4×512 1000	Блоки ячеистобетонные средней плотностью 550 кг/м <sup>3</sup> , для производства которых требуется: цемента бездобавочного 100 кг; известки 110 кг	–	188,9	49,8
	87,5	5,2	92,8		24,3	4,15	16,4
<b>Всего:</b>	87,5	5,2	92,8	<b>Всего:</b>	56,1	196,75	72,4
В перерасчете на усл. топливо*	87,5	0,84	25,98		56,1	32,85	20,3
Итого на производство 1 м <sup>3</sup> кирпича	114,32			Итого на производство 1 м <sup>3</sup> газосиликатных блоков	109,25		
На производство 1 м <sup>3</sup> камней с поризованным черепком средней плотностью	750×114,32 1212						
750 кг	70,7						
860 кг	81,4						

\* Расход на 1000 шт. кирпича: технологического топлива 171 кг усл. топлива, тепловой энергии – 10,2 Мкал, электроэнергии – 181,4 кВт·ч

ся в Россию, еще как-то держатся на плаву. Однако при существующей политике в области строительства, где предпочтение отдано каркасному строительству с использованием ячеистого бетона, судьба их преддана, хотя расчеты показывают, что на существующих технологических линиях можно производить легкие пустотелые керамические изделия с поризованным черепком средней плотностью 750–860 кг/м<sup>3</sup>, прочностью 5–10 МПа и теплопроводностью 0,14–0,16 Вт/(м·°С), которые по своим эксплуатационным свойствам будут лучше силикатных ячеистых блоков, а затраты топливно-энергетических ресурсов ниже, чем при производстве ячеистобетонных блоков. Это подтверждается расчетом, приведенном в таблице на примере Радощковичского КЗ, где в настоящее время производится керамический пустотелый кирпич.

Таким образом, альтернативой ячеистым бетонным блокам, производство которых расширяется в Республике Беларусь (за 2000 г. их произведено 954 млн шт. усл. кирпича), должен стать керамический пустотелый камень с поризованным черепком, который по своим потребительским свойствам лучше и уже более 15 лет производится в Европе и используется в строительстве.

Необходимо знать, что керамический кирпич должен применяться в зданиях, конструкция которых

предотвращает попадание воды от таяния снега на конструктивные элементы. Такие элементы должны быть укрыты либо изготовлены из клинкерного кирпича, производство которого как в России, так и в Белоруссии не организовано из-за отсутствия спекающихся глин, имеющих интервал спекания 100°С. Этот кирпич с водопоглощением до 6% широко производится в Англии, Голландии, Германии и используется для облицовки зданий и сооружений.

В Республике Беларусь есть разработки по возобновлению производства клинкерного кирпича на базе смеси легкоплавких и тугоплавких глин различных месторождений. Однако узкий интервал их спекания не позволяет на действующих предприятиях организовать производство без существенных инвестиций в реконструкцию приемного отделения и обжиговых печей.

Нормативно-техническая база керамических стеновых материалов должна совершенствоваться. Необходимо в нормативно-технической документации на керамические материалы больше давать рисунков всевозможных типов и размеров изделий, а многие показатели из обязательных переводить в рекомендуемые. Это дает возможность производителю быть более свободным в выборе рациональных решений повышения основных по-

требительских свойств, маркировки, хранения и транспортировки продукции.

Так, если проанализировать ГОСТ 530–95 «Кирпич и камни керамические. Технические условия», то становится ясным, что перед внедрением (утверждением) специалистами керамики его не смотрели. Множество ошибок и неточностей. ГОСТ 7484–78 «Кирпич и камни керамические лицевые» не пересматривался вообще с 1978 г.

С учетом этого в Республике Беларусь разработали и внедрили СТБ 1160–99 «Кирпич и камни керамические. Технические условия», в котором учтены недостатки ГОСТ 530–95 и ГОСТ 7484–78. В одном нормативном документе объединили требования к рядовым, лицевым и профильным изделиям, что не совсем согласуется с направлением, принятым во всем мире. Все требования, изложенные в стандарте, являются обязательными, и только приложение, где даны рисунки различных видов изделий, рекомендуемое. Такая непродуманность привела к тому, что проверяющие органы Госстандарта стали браковать качественную продукцию, уложенную на поддоны и обвязанную не металлической лентой, как требует стандарт, а полиэтиленовой.

В средствах массовой информации постоянно говорится об объединении России и Белоруссии в



союзное государство, объединении денежных единиц и т. д. В целом это необходимо двум народам для плодотворного сотрудничества. Как же это сотрудничество реализуется в области нормативно-технической документации на одни и те же виды продукции, применяемой в строительстве?

Известно, что в Москве существует Межгосударственная научно-техническая комиссия по стандартизации и техническому нормированию в строительстве (МНТКС). Цели и задачи ее ясны и понятны. В Минске существует Министерство архитектуры и строительства, где есть Главное управление строительной науки и нормативов, которое занимается планированием и разработкой нормативно-технической базы в строительстве. Целесообразно, чтобы сотрудничество этих организаций было более тесным и плодотворным.

Совместно разработанные планы технического нормирования не позволили бы одновременно разрабатывать стандарты на одни и те же виды продукции, что, к сожалению, имеет место. Так, разработанный в Белоруссии стандарт на керамическую плитку для полов с учетом

согласования с европейскими нормами и технической возможностью заводов-изготовителей примерно такой же, как и проект российский. Многие стандарты, разработанные в Белоруссии, могли бы стать межгосударственными, в частности стандарт на кирпич и камни керамические при незначительных уточнениях и дополнениях. Это позволило бы исключить двойную сертификацию одной и той же экспортируемой продукции, произведенной по одинаковым государственным стандартам.

МНТКС направляет в республику проекты межгосударственных стандартов на отзыв и согласование, однако замечания и предложения, сделанные по ним, не всегда учитываются. В результате появляются документы низкого научно-технического уровня.

В Европе давно существует Европейский комитет по стандартизации CEN, членами которого являются более 18 государств; между ними имеется взаимопонимание, способствующее созданию нормативной документации высокого качества.

Уже сегодня становится целесообразным и необходимым разрабо-

тать совместные стандарты на «Камни керамические для полов животноводческих помещений», «Камни керамические пустотелые с поризованным черепком», «Керамические архитектурно-отделочные изделия», «Камни керамические для керамико-бетонных покрытий» и т. д. Для благоустройства индивидуальных домов, где помимо необходимых удобств строят камины, печи-лежанки из керамического полнотелого кирпича по ГОСТ 530-95, применение такого кирпича не всегда оправдано. Есть много случаев, когда кирпич разрушается из-за низкой термостойкости, и потребители несут убытки. Это также свидетельствует о необходимости разработки стандарта на «Кирпич керамический для бытовых тепловых агрегатов». Включение этих стандартов в план межгосударственной стандартизации строительных материалов с их совместной разработкой принесло бы выгоду как одним, так и другим не только в части экономии денежных средств. Наличие широкой номенклатуры стандартов позволило бы производителю расширить ассортимент строительных материалов.

26-29 НОЯБРЯ 2001

## ВЫСТАВКА С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ "ЖИЛЬЕ ДЛЯ ВСЕХ-2001"



**Время проведения:** 26 - 29 ноября 2001 г.

**Место проведения:** Москва, ВВЦ, павильон № 69.

### Организаторы выставки:

Госстрой России, ЗАО "Концерн Росстром", Союз строителей России, Союз Архитекторов, Ассоциация проектных организаций.

Председатель Оргкомитета выставки - Президент Российского союза строителей В.Н. Забелин.

**Цель выставки** - раскрыть направления решения жилищной проблемы для всех слоев населения, включая молодые семьи, семьи со средним достатком и малообеспеченные.

### В выставке принимают участие:

- Производители строительных материалов, изделий и предметов благоустройства;
- Строительные организации и службы оптовой продажи;
- Архитектурные и проектные организации;
- Научно-исследовательские и проектные организации, ведущие работы в области строительства и промышленности строительных материалов;

- Производители оборудования и средств автоматизации производственных процессов;
- Финансирующие и лизинговые организации, способные обеспечить финансированием, как модернизацию, так и техническое перевооружение производства;
- Администрации регионов для разработки основных направлений в области строительства и производства строительных материалов и др.;
- Фирмы производители средств безопасности жилья.

В рамках выставки намечено, также, провести семинар с участием руководителей государственных структур, финансирующих органов, проектных и научно-исследовательских организаций, машиностроительных предприятий и других.

### Оргкомитет:

Организатор выставки: выставочная компания

ООО "ИнформТехЭкспо".

Тел./факс: (095) 748-1296, 748-1299

E-mail: info@it-expo.ru

<http://www.it-expo.ru>

В.И. СОЛОМАТОВ, д-р техн. наук (МИИТ), В.Т. ЕРОФЕЕВ, д-р. техн. наук, Е.А. МОРОЗОВ, инженер (Мордовский государственный университет)

## Биологическое сопротивление полимербетонов

Механизм биологической деградации является сложным процессом и объединяет ряд этапов: заселение и адсорбцию микроорганизмов на поверхности изделий; образование колоний микроорганизмов и накопление продуктов метаболизма; стимулирование процессов биоразрушения за счет одновременного воздействия микроорганизмов, влажности, температуры, химических агрессивных сред.

По мнению целого ряда авторов, определяющим действием микробиоты, направленных на разрушение строительных и промышленных материалов, является агрессивное воздействие метаболитов грибов (кислот, окислительно-восстановительных и гидролитических ферментов, воды) на отдельные компоненты материалов, концентрация которых прямо пропорциональна их биомассе.

Разрушение строительных конструкций и изделий под действием агрессивных сред связано с диффузионными процессами в материале. Процесс накопления, т. е. изменение концентраций вещества в различных точках тела в зависимости от времени, определяется в соответствии со вторым законом Фика:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}. \quad (1)$$

Диффузия агрессивной жидкости в композите осложняется одновременным протеканием химических реакций между компонентами среды и материала. В этом случае уравнение (1) согласно [1] представляется в виде:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - r, \quad (2)$$

где  $r$  – количество жидкости, расходуемой в некоторой точке в единицу времени вследствие реакции.

Примем модель проникновения агрессивной среды в материал в следующем виде (рис. 1).

Для получения функции изменения концентрации агрессивной среды в материале в зависимости от глубины проникновения продуктов метаболизма микроорганизмов используем следующие граничные условия:

$$\begin{aligned} c(x, 0) &= \varphi(x), \quad 0 < x < a, \quad (3) \\ c(0, t) &= c_0, \quad c(a, t) = 0, \quad t > 0. \quad (4) \end{aligned}$$

Решая задачу на собственные значения и раскладывая функцию в ряд Фурье, получаем следующую зависимость:

$$c(x, t) = c_0 \left( 1 - \frac{x}{a} \right) + \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \alpha_n - \int_0^t e^{-\left(\frac{k\pi n}{a}\right)^2 r} \beta_n(r) dr \right] e^{-\frac{k\pi n^2}{a} t} \sin \frac{\pi n}{a} x, \quad (5)$$

где  $a$  – глубина проникновения продуктов метаболизма микроорганизмов;  $D = k^2$  – коэффициент диффузии;

$r(x, t)$  – функция взаимодействия агрессивной среды с компонентами материала;  $t$  – продолжительность деградации;  $\alpha_n$  и  $\beta_n$  – коэффициенты, подсчитываемые по формулам:

$$\alpha_n = \frac{2}{a} \left( \int_0^a \varphi(x) \sin \frac{\pi n}{a} x dx - c_0 \int_0^a \left( 1 - \frac{x}{a} \right) \sin \frac{\pi n}{a} x dx \right), \quad (6)$$

$$\beta_n(t) = \frac{2}{a} \int_0^a r(x, t) \varpi_n(x) dx, \quad (7)$$

где  $\varpi_n(x) = \sin \frac{\pi n}{a} x$ .

Координата фронта диффузии продуктов метаболизма в композиционном материале может быть оценена по формулам [4]:

– для плотных материалов, в которых деградация происходит по диффузионной модели:

$$a = k(\xi) \sqrt{\frac{Dt}{nk_1}}, \quad (8)$$

где  $k(\xi)$  – коэффициент, зависящий от изменения концентрации среды внутри композиционного материала

$$\xi = 1 - \frac{c(x, t)}{c_0},$$

$D$  – коэффициент диффузии,  $t$  – время процесса деградации,  $n$  и  $k_1$  – коэффициенты, учитывающие соответственно концентрацию веществ, усваиваемых микроорганизмами, и константу скорости взаимодействия веществ; – для пористых (цементных) композитов можно определить по уравнению Таммана:

$$a = \sqrt{D^* \cdot C_0 \cdot \mathcal{E} \cdot t}, \quad (9)$$

где  $D^*$  – эффективный коэффициент диффузии агрессивной среды через слой продуктов коррозии;  $C_0$  – концентрация агрессивного вещества;  $\mathcal{E} = m \cdot M_{CaO} / n \cdot M_{кисл}$

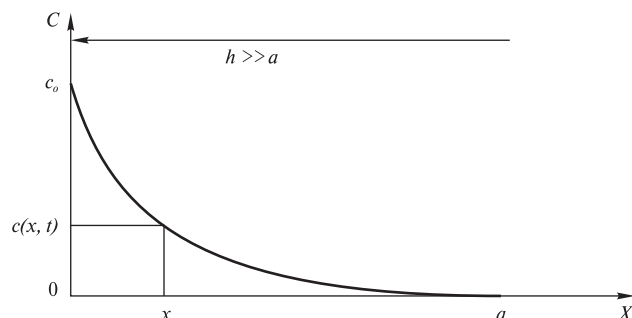


Рис. 1. Модель проникновения агрессивной среды в композиционный материал

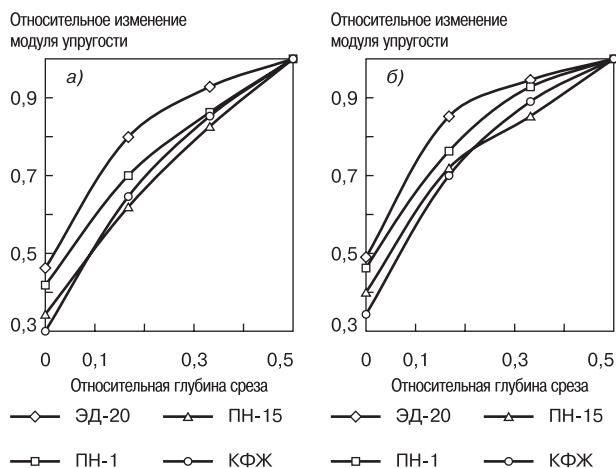


Рис. 2. Зависимость изменения модуля упругости при выдерживании в воде (а) и 10%-ном растворе серной кислоты (б)

– химический эквивалент, представляющий собой отношение масс оксида кальция и кислоты, вступающих во взаимодействие;  $m$  и  $n$  – стехиометрические коэффициенты;  $t$  – время.

В связи с тем, что разрушительные процессы при воздействии микроорганизмов начинаются с поверхности материалов, важное практическое значение для количественной оценки биодеградации композитов имеют исследования, направленные на обоснование модели биодеградации, установление границы фронта продвижения агрессивной среды и изменение физико-механических свойств на поверхности материала. С этой целью были выполнены экспериментальные исследования.

Диффузионная модель деградации строительных материалов в наибольшей степени характерна для полимерных композитов, поэтому для обоснования модели биодеградации были использованы карбамидные, эпоксидные и полиэфирные композиты. В качестве агрессивной среды рассматривали серную кислоту концентрации 10%, а также воду. Образцы в течение 90 сут. выдерживали в средах, затем извлекали и послойно определяли физико-механические характеристики с помощью консистометра Гепплера [2]. Аналитическая обработка результатов эксперимента позволила построить графические зависимости изменения модуля упругости композитов по сечению, которые изображены на рис. 2 а, б.

Из графиков следует, что изменение модуля упругости рассматриваемых нами полимерных композитов с определенной степенью приближения можно описать степенной зависимостью.

Деградация поперечного сечения изделий может происходить как при полном (рис. 3 а), так и частичном разрушении (рис. 3 б) композиционного материала на поверхности.

В связи с этим были рассмотрены оба случая и получены аналитические зависимости для расчета деградационных функций несущей способности.

Анализ феноменологических моделей позволяет получить деградационные функции несущей способности центрально-нагруженных и изгибаемых элементов. Деградационные функции для диффузионного механизма деградации несущей способности согласно [3] выглядят следующим образом:

$$D(N) = \frac{\iint_{F(t)} \sigma(t, x, y) dx dy}{\iint_{F(0)} \sigma(t_0, x, y) dx dy}; \quad D(M) = \frac{\iint_{F(t)} \sigma(t, x, y) y dx dy}{\iint_{F(0)} \sigma(t_0, x, y) y dx dy}. \quad (10)$$

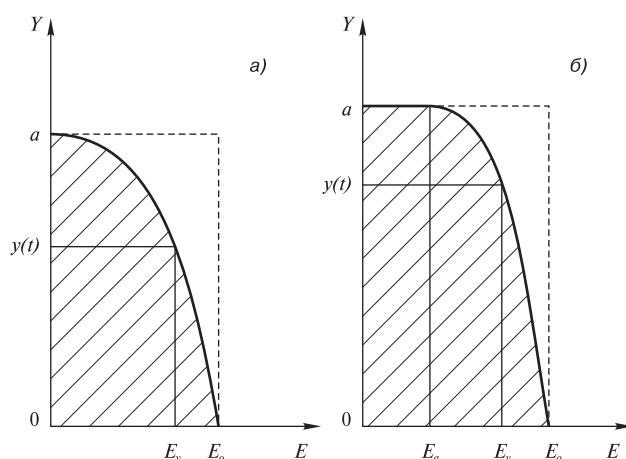


Рис. 3. Модели деградации при полном (а) и частичном (б) разрушении композиционного материала на поверхности

Для полного разрушения материала на поверхности (рис. 3 а):

$$D(N) = \frac{n}{n+1}, \quad D(M) = \frac{n}{2n^2 + 3n + 1}, \quad (11)$$

где  $n$  – показатель механизма деградации:

$$n = \frac{D(N)}{1 - D(N)}. \quad (12)$$

Для частичного разрушения материала на поверхности (рис. 3 б):

$$D(N) = \left(1 + \frac{E_a}{E_0}\right) \frac{n}{n+1}, \quad (13)$$

$$D(M) = D(E) + 2 \frac{(1 - D(E))n^2}{2n^2 + 3n + 1}, \quad (14)$$

где  $E_a$  – модуль упругости при глубине проникновения агрессивной среды, равной  $a$ ;  $E_0$  – начальный модуль упругости,

$$D(E) = \frac{E_a}{E_0}.$$

$$n = \frac{D(N)}{1 + D(E) - D(N)}. \quad (15)$$

Показатель механизма деградации  $n$  определяется по результатам экспериментальных данных по формулам (12) и (15), после чего производится анализ деградации материала под действием агрессивной среды. Известные значения показателя механизма деградации используются для предсказания поведения элементов любых размеров и прогнозирования длительности срока службы конструкций.

#### Список литературы

1. Исаченко Б.Л. Характеристика бактериологических процессов в Черном и Азовском морях / Избр. тр. в 3 томах. М.–Л.: АН СССР, 1951. Т. 1. С. 306–312.
2. Методика определения физико-механических свойств полимерных композитов путем внедрения конусообразного индентора / НИИ Госстроя Эстонской ССР. Таллин, 1983. 28 с.
3. Соломатов В.И., Селяев В.П. Химическое сопротивление композиционных строительных материалов. М.: Стройиздат. 1987. 264 с.
4. Соломатов В.И., Черкасов В.Д., Ерофеев В.Т. Строительные биотехнологии и биокомпозиты. М., 1998. 166 с.

## **О некоторых аспектах управления структурообразованием и свойствами шлакосиликатного пенобетона**

Проблема энергосбережения в строительстве, означенная требованиями изменений № 3 к СНиП П-3–79 «Строительная тепло-техника», определила интенсивное развитие направления по созданию и производству эффективных дешевых материалов с высокими теплофизическими характеристиками. Одним из наиболее перспективных материалов такого класса является экологически чистый негорючий ячеистый пено- и газобетон.

Преимущество при организации производства ячеистого бетона в настоящее время отдается неавтоклавному пенобетону из-за более низких капитальных вложений, миниэнергоёмкости и более простой технологии — в технологическом цикле отсутствуют процессы удаления горбушки и автоклавного твердения. Кроме того, высокие тарифы на транспортные расходы вносят значимый вклад в цену и снижают конкурентоспособность продукции заводов большой мощности по производству газобетона. Такое положение делает производство неавтоклавного пенобетона на заводах малой мощности и стройплощадках экономически более целесообразным.

Однако производство наиболее эффективного по теплофизическим параметрам пенобетона низких марок по средней плотности является проблемным ввиду сложности обеспечения стабильной ячеистой структуры и высокой прочности. Очевидно, что увеличение прочности при постоянной плотности может быть обеспечено только за счет повышения прочности матрицы пенобетона, в частности за счет повышения активности вяжущего компонента, снижения водотвердого отношения, использования химических и минеральных модификаторов (микрокремнезема, частиц глинистой фракции и др.), механохимической активации вяжущего вещества и др. Применение означенных технологических приемов может существенно усложнить технологический процесс, и потому их внедрение должно быть обосновано технико-экономической целесообразностью. Эффективным направ-

лением в технологии пенобетона высокого качества является применение ускорителей твердения, а также быстросхватывающихся и быстротвердеющих вяжущих веществ типа гипсовых, шлакосиликатных и других, наиболее перспективными являются шлакосиликатные цементы, для которых характерны высокая прочность (80–120 МПа) и высокий темп твердения на ранней стадии. Использование перечисленных технологических приемов практически не требует капитальных затрат при их внедрении.

На качество пенобетона значимое влияние оказывает дисперсность и устойчивость пен, которые в зависимости от формы, толщины пленок и других факторов подразделяют на три вида: шаровые, состоящие из почти сферических пузырьков, разделенных достаточно толстыми пленками жидкости; полиэдрические и промежуточного типа — микрогазовые эмульсии, внутренняя фаза которых образована скоплением газовых пузырьков [1].

Для приготовления пенобетона используются полиэдрические пены, состоящие в основном из газовой фазы, разделенной на ячейки тонкими пленками. Эти ячейки имеют форму многогранника, и пену рассматривают как систему, объем которой плотно заполнен более или менее правильными многогранниками. Такие пены получают путем интенсивного обезвоживания шаровых пен или непосредственно из маловязкой жидкости, т. е. водных растворов пенообразователей [1].

Анализ геометрии полиэдрических пен показывает следующее. Если три пузырька соединить, то три разделяющие пленки, соединяясь, образуют трехгранный столбик жидкости, называемый треугольником, или границей Плато. До соединения пенные пленки — это плоскопараллельные жидкие слои, поверхность которых в треугольниках Плато вогнута, что указывает на значительный перепад давления между газообразной и жидкой фазами. В результате возникает капиллярное давление, и жидкость выдавливается из пленки на границу Плато, оказывая влияние на процесс

осушения пены и ее устойчивость. Кроме того, определенный вклад в утончение пленки вносится за счет стекания жидкости от верхних слоев к нижним под действием силы тяжести.

Три пузырька, стенки которых встречаются под углом  $120^\circ\text{C}$ , образуют механически устойчивую систему. К системе трех пузырьков можно добавить четвертый пузырек, однако такая система неустойчива. При малейшем нарушении равновесия или возмущении пленки приходят в движение и в результате образуют более или менее однородную гексагональную решетку [1].

Геометрия трехмерных пен значительно сложнее. Поскольку стенки всех пузырьков должны быть одинаковыми, при пересечении трех стенок с образованием границ Плато или ребер углы пересечения также должны быть равны  $120^\circ\text{C}$ . Встречаясь в одной точке, четыре таких ребра должны образовывать четырехгранный угол, равный  $109^\circ28'$ . Исследованиями геометрии реальных пен, выполненными в работе [2], показано, что в пенах действительно чаще всего наблюдаются именно такие углы. При этом устойчивость таких пен связывается с тем, что или результирующие силы, действующие на каждую грань, границу Плато или вершину, равны нулю, или же они уравновешиваются изменением локального давления жидкости внутри стенок, разделяющих ячейки. Такие изменения давления оказывают значимую роль в механизме осушения пен, в результате чего пленки внутри пен утончаются и становятся неустойчивыми быстрее, чем даже изолированные плоские пленки, и в различных местах разрываются.

В некоторых случаях сначала разрушаются самые верхние ячейки, и таким образом, объем пены во времени непрерывно уменьшается. В других случаях в основном разрушаются внутренние перегородки. При этом размер газовых ячеек увеличивается, а плотность пены уменьшается. Кроме разрушения ячеек изменению распределения размеров и формы ячеек во времени способствует диффузия газа через

перегородки, разделяющие ячейки. Очевидно, что ухудшение качества пены приведет к снижению строительно-технических свойств (СТС) пенобетона.

Одной из основных характеристик устойчивой пленки является ее сопротивление механическому воздействию. В качестве такой характеристики Гиббс рассматривает [3] упругость пленки:

$$E = 2 d \gamma / d \ln A, (1)$$

где  $A$  — площадь пленки,  $\gamma$  — поверхностное натяжение.

Для двухкомпонентной системы уравнение (1) представлено Адамсоном в следующем виде:

$$E = 4 (\Gamma_2^1)^2 (d \mu_2 / d m_2), (2)$$

где  $\Gamma_2^1$  — поверхностный избыток компонента 2,  $\mu_2$  — химический потенциал этого компонента и  $m_2$  — его количество на единицу площади пленки.

Качественно  $E$  характеризует способность пленки изменять поверхностное натяжение в момент наложения растягивающего или сжимающего усилия. При растяжении поверхности концентрация поверхностно-активного вещества в пленке падает, и соответственно возрастает поверхностное натяжение, препятствующее разрыву пленки. Для чистых жидкостей  $E$  по определению равно нулю, и поэтому они не образуют устойчивых пен. В то же время, как показывает уравнение (2), величина  $E$  может быть большой, только если  $\Gamma_2^1$ , и  $d \mu_2 / d m_2$  достаточно велики. Это означает, что концентрация поверхностно-активного вещества должна быть велика, но не слишком, то есть содержание пенообразователя должно быть оптимальным. Этот вывод подтверждают данные Барча, показавшие, что концентрации жирной кислоты и спирта, соответствующие максимуму устойчивости пен, существенно ниже той концентрации, которой отвечает минимум поверхностного натяжения. Измеренные значения  $E$  находятся в диапазоне от 10 до 40 дн/см [1].

Очевидно, что оптимальное содержание пенообразователя является одним из основных факторов, влияющих на СТС пенобетона. Так, при его недостаточном содержании не будет обеспечиваться требуемая плотность бетона, а при повышенном расходе пенообразователя может произойти существенное замедление процессов схватывания и темпа твердения цементной системы, разрушение пены и существенное ухудшение СТС пенобетона, в т. ч. его проседание. При этом худшими по условиям сохранения качества ячеистой структуры пены являются пенобетоны

низких марок по средней плотности, что связано с увеличением свободной воды в их составе, а также с увеличением концентрации даже оптимального содержания пенообразователя на единицу вяжущего вещества, замедляющего структурообразование в пенобетонной смеси на ранней стадии.

Таким образом, неоптимальное содержание пенообразователя будет оказывать влияние не только на устойчивость пены, но и на качество пенобетона и темп его твердения. Поэтому в последние годы получает развитие производство ячеистого бетона низкой плотности с использованием комплексного порообразователя (пенообразователь + газообразователь), обеспечивающего более стабильные технологические характеристики, и СТС бетона такого класса [4]. Однако образование горбушки сдерживает его массовое внедрение в стройиндустрию.

Кроме равновесных, или обратимых процессов на упругое сопротивление пленки могут оказывать влияние и некоторые переходные процессы. По данным Рэлея, свежая поверхность пленки обладает повышенным относительно равновесных условий поверхностным натяжением [5].

Росс и Хаак указывают, что если поверхностно-активное вещество может быстро диффундировать из объема пленки на поверхность, образующиеся на короткое время пятна тонкой пленки могут локально менять исходное поверхностное натяжение пленки еще до утончения всей пленки [6]. Таким образом, изменения поверхностного натяжения снимаются без уменьшения первоначальной толщины пленки, и на некоторое время эта область пленки остается механически слабой. Адамсон делает вывод, что хорошие пенообразователи должны адсорбироваться на поверхности достаточно медленно (в миллисекундном масштабе) [1]. При этом очевидно, что некоторые пенообразователи могут быть несовместимы с определенными видами вяжущих веществ, а также с некоторыми видами химических и минеральных модификаторов.

Для получения устойчивой пены, по-видимому, важно, чтобы пленка не только была упругой (с высоким пределом упругости), но и отличалась высокой поверхностной вязкостью, что уменьшает скорость стекания пленки на границу Плато. Опыты со свободными мыльными пленками, выполненные Адамсоном, показали, что скорость стекания пленки через границу Плато резко уменьшается, если адсорбированная пленка поверх-

ностно-активного вещества по типу приближается к твердой пленке [1]. Поэтому для повышения устойчивости пен в пенобетоне целесообразно использовать стабилизаторы в виде высокодисперсных минеральных компонентов типа тонкомолотого цемента, микрокремнезема, частиц глинистой фракции, извести и других, а также применять с повышенной температурой затворитель, ускоряющий схватывание цементной системы и придающий пене состояние, соответствующее псевдотвердому.

Следует отметить, что строгий анализ возможной взаимосвязи факторов, определяющих устойчивость пен, отсутствует. Качественно время жизни пены зависит от скорости утоньшения, устойчивости тонких пленок по отношению к испарению и механическим сотрясениям, включая колебания, передаваемые через массу пены при разрыве перегородок между ячейками и резком сдвиге стенок соседних ячеек.

Адамсон делает вывод, что поверхностно-активные вещества, особенно коллоидные электролиты и биологические вещества, например белки, протеин, должны быть хорошими пенообразователями. Все эти вещества образуют пленки, равновесие которых с подложкой устанавливается не слишком быстро [1]. Поэтому выбор эффективных и дешевых пенообразователей и стабилизаторов пен для пенобетона, в т. ч. шлакощелочного, является проблемным и требует своего теоретического и практического развития.

Для приготовления пенобетона исследованы и разработаны различные виды пенообразователей, отличающиеся требуемым количеством воды для получения пены на 1 м<sup>3</sup> бетона, кратностью представляющей отношение объема полученной пены к объему водного раствора пенообразователя; устойчивостью пены и синерезисом — самопроизвольным уменьшением объема пены, сопровождающимся выделением значительного количества жидкой фазы. Ранее применялись следующие пенообразователи: клеканифольный, смолосопониновый, алюмосульфонафтенный, гидролизованная кровь (ГК), а в последние годы — ниапор, пеностром, окись амина, лаурил сульфат натрия, пожарные пенообразователи и др. Характеристики некоторых пенообразователей представлены в табл. 1 и являются ориентировочными, так как кратность пены и количество зависят от применяемого оборудования для получения пены, а также от вида применяемых стабилизаторов.

В качестве стабилизаторов пены применяют жидкое стекло, серно-

кислое железо, смолу древесную омыленную (СДО) и др., а также в виде твердых частиц – известь, тонкодисперсный портландцемент, микрокремнезем, высокодисперсные золы ТЭС, доменные гранулированные шлаки и др. При этом стабилизаторы минерального типа должны не только уменьшать скорость стекания жидкости на границу Плато, но и за счет быстрого схватывания переводить пленку в псевдотвердое состояние.

Для приготовления пены используют центробежные пеногенераторы (героторные насосы) и скоростные пеносбиватели миксерного типа. Стабилизаторы пены в жидком виде в обоих случаях целесообразно вводить в раствор пенообразователя, что позволяет получать устойчивые тонкодисперсные пены, обеспечивающие высокие СТС пенобетона. Кроме того, стабилизатор пены в жидком виде целесообразно дополнительно вводить в бетоносмеситель в оптимальном количестве одновременно с минеральным (цементным, шлаковым) компонентом, что повышает коэффициент использования поробразующей способности пеноконцентрактора, а также устойчивость пены в процессе приготовления пенобетонной смеси за счет утолщения

пленки и их повышенного сродства. Значимое влияние на устойчивость пены и повышение ее дисперсности оказывает также применение стабилизаторов минерального типа за счет повышения поверхностной вязкости и перевода их в псевдотвердое состояние. Однако их использование обеспечивается только при приготовлении пены в пеносбивателях миксерного типа. При этом наиболее эффективными являются скоростные бетоносмесители – пеносбиватели принудительного типа, в которых процессы приготовления пены и пенобетонной смеси совмещены. В этом случае используется более устойчивая «свежая» пена [5], водосодержание пенобетона является более низким относительно технологии с пеногенератором, а его СТС наиболее высокими. Однако такая технология приготовления пенобетонной смеси в соответствии с уравнением (2) не может быть использована для приготовления шлакосиликатного пенобетона ввиду повышенного содержания в его составе поверхностно-активного вещества – силикатного затворителя.

При выборе оптимального вида пенообразователя необходимо учитывать, что некоторые из них могут оказаться несовместимыми с приня-

тыми видами вяжущих, приводящими к различным негативным явлениям, в частности, может произойти гашение пены. Например, пенообразователь окиси амина приводит к коагуляции частиц портландцемента с образованием крупных агрегатов, наблюдаемых визуально, что приводит к значимому снижению прочности и других СТС пенобетона. Поэтому при использовании окиси амина практически не удастся получить пенобетон плотности ниже  $800 \text{ кг/м}^3$ . При использовании же высокоэффективного пенообразователя – пенострома для портландцементных пенобетонов в составе шлакосиликатного бетона наблюдается интенсивное гашение пены, и пенобетон получить не удастся.

Наиболее эффективными пенообразователями для шлакосиликатного пенобетона (ШСПБ) являются окись амина и лаурил сульфат натрия. Однако их высокая водопотребность для приготовления раствора пенообразователя оказывает негативное влияние на деформации усадки и трещиностойкость такого вида пенобетона, которые являются повышенными для шлакощелочных вяжущих, изготавливаемых с использованием низкомолекулярного силикатного затворителя.

Для снижения деформаций усадки и повышения трещиностойкости в ШСПБ вводили щелочестойкое стекловолокно, золу ТЭС, микрокремнезем, а также применяли поверхностное армирование стеклосеткой, а для сохранения тонкодисперсной структуры пор – химические и минеральные ускорители твердения. При этом использование минеральных модификаторов существенно повысило устойчивость пены и соответственно качество структуры пенобетона. В частности, проседание образцов не наблюдалось даже при плотности пенобетона  $150 \text{ кг/м}^3$  и ниже.

Исследования показали, что применение означенных технологических приемов уменьшает деформации усадки ШСПБ в 2 и более раз и соответственно составляет 1,7; 2,3 и 2,9 мм/м для пенобетона средних марок по плотности D500; D350 и D250, то есть удовлетворяет требованиям ГОСТ 25485. При этом оптимальные составы ШСПБ по деформациям усадки характеризуются высокими СТС. В частности, его прочность при сжатии и изгибе превышает требования ГОСТ 25485 (табл. 2), а марка по морозостойкости для марки по плотности D500 и D350 соответственно составляет F35–F50 и F25.

Исследования теплопроводности ШСПБ подтвердили, что шлаковые цементы характеризуются

Таблица 1

Пенообразователь	Характеристики				
	Количество воды на $1 \text{ м}^3$ бетона, л	Расход пенообразователя, $\text{кг/м}^3$	Кратность	Устойчивость, мин	Синерезис, мин
Клееканифольный	25	3,6	32	10	23
Смолосопониновый	40	7,5	21	2	9
Алюмосульфатафтенный	40	9	20	2	6
ГК	35	2	25	5	17
Пеностром	25–30	1,2–1,5	35	12	28
Окись амина	45–50	1–1,2	21	11	25
Пожарный (ПО-6, ПБ-2000)	25	1,4–1,5	37	4	11

Таблица 2

Марка бетона по средней плотности	Прочность после тепловой обработки, МПа			
	при сжатии в возрасте, сут		при изгибе в возрасте, сут	
	1	28	1	28
D500	2,79	3,63	0,73	0,91
D350	1,08	1,39	0,35	0,42
D250	0,48	0,72	0,24	0,28
D150	0,13	0,21	0,13	0,15



более низким (на 10–20%) коэффициентом теплопроводности ( $\lambda$ ) относительно портландцементных (табл. 3), а его зависимость от плотности бетона имеет линейный характер и аппроксимируется уравнением:

$$\lambda = 0,00184 \rho + 0,33, (3)$$

где  $\rho$  – плотность бетона, кг/м<sup>3</sup>.

Точность определения коэффициента теплопроводности по уравнению (3) в диапазоне средней плотности блока 200–300 кг/м<sup>3</sup> составляет 1,2%. При этом следует отметить, что сорбционное увлажнение пенобетона составляет 5–10% для плотности 500–150 кг/м<sup>3</sup> и удовлетворяет требованиям ГОСТ 25485.

Важной характеристикой пенобетона является коэффициент размягчения, который, как показали исследования, является высоким и составляет для пенобетона марки по средней плотности D500 – 97,5%; D350 – 92,8%.

Эффективным направлением применения ШСПБ является его использование в качестве термостойкого материала для огнезащиты и теплоизоляции строительных конструкций, тепловых машин, горячих трубопроводов и др.

Испытания термостойкого ШСПБ марок по средней плотности D200–D450 показали, что он характеризуется температурой применения до 1150°C, а также высокими СТС. Например, для средней плотности 350 кг/м<sup>3</sup> ШСПБ имеет прочность при сжатии 1,39 МПа, коэффициент теплопроводности при 20°C – 0,09 Вт/(м·°C), при 120–821°C – 0,122–0,46 Вт/(м·°C), остаточную прочность 115–214%, огневую усадку при температуре 1150°C – 3,6%, относится к классу К0(45) по пожарной опасности. Снижение усадки, в т. ч. огневой, обеспечивается использованием поверхностного армирования изделий щелочестойкой стеклосеткой.

Испытания термостойкого ШСПБ, выполненные в условиях Московской ТЭС 22 на трубопроводах с температурой 550–600°C, показали, что на поверхности изделий в течение одного года не наблюдается образования трещин, а экономический эффект составляет более 300 р на 1 п. м трубы.

Кроме того, ВНИИжелезобетон совместно с Моспроектстром выполнили проектные работы, предусматривающие использование термостойкого ШСПБ плотностью 300–350 кг/м<sup>3</sup> в печах для обжига кирпича с шириной обжигового канала 2,44 и 4,7 м и длиной 90 и 150 м. Изделия из ШСПБ предусмотрено использовать взамен шамотного ог-

Марка бетона по средней плотности	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>		Влажность, W, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°C)		Влажностный коэффициент $K_B = \lambda_B / \lambda_C$
	во влажном состоянии	в сухом состоянии		во влажном состоянии ( $\lambda_B$ )	в сухом состоянии ( $\lambda_C$ )	
D 500	615	480	28,5	0,288	0,122	0,0037
D 300	386	302	28	0,176	0,091	0,003
D 200	250	217	15,5	0,152	0,0725	0,00512

неупорного кирпича, жаростойкого бетона, а также перлито- и вермикулитоцементных и шлаковермикулитовых плит. Устройство жаростойкого ограждения из ШСПБ обеспечивает снижение трудозатрат в 1,5–2 раза, а также стоимости и ремонта обжиговых печей в 2–2,5 раза и более. Положительным аспектом применения изделий из ШСПБ взамен цементовермикулитовых плит является то, что они не будут подвержены эрозии в процессе эксплуатации.

Экологическая чистота ШСПБ, в т. ч. с содержанием золы ТЭС 22 в количестве 20%, изучена в лаборатории спектроскопии РОСРИАЦ. Установлено, что изделия из такого вида бетона пригодны для неограниченного использования в строительстве.

Таким образом, проведенные исследования показали, что шлако-силикатный пенобетон, приготовленный с использованием эффективных пенообразователей, стабилизаторов пены и модификаторов

(золы ТЭС, микрокремнезема, дисперсного армирования щелочестойкими волокнами и др.) структуры, характеризуется температурой применения до 1150°C и высокими СТС, удовлетворяющими или превышающими требования ГОСТ 25485, предъявляемые к ячеистому бетону автоклавного твердения.

#### Список литературы

1. *Адамсон А.* Физическая химия поверхностей. М., 1979, 568 с.
2. *Batzke E. B.* Amer. S. Botany, 33, 58 (1946).
3. *Ceibbs J. W.*, Collected Works, Vol. J. Longmans, Green, New York, 1931, pp. 287, 301, 307.
4. *Лаукайтис А. А.* Прогнозирование некоторых свойств ячеистого бетона низкой плотности // Строит. материалы, 2001, № 4. С. 27–29.
5. *Rayleigh J. W. S.*, Scientijie Papers, Vol. 2, Cambridge University Press, Cambridge, England, 1943, p. 551.
6. *Ross S., Hoak R. M.*, Phys. Chem., 62, 1260, 1958.

# BASF

#### ■ Требуется специалист

Представительству немецкого концерна BASF требуется менеджер по продажам (с техническим сервисом) сырьевых продуктов для производства строительной химии (клеи, герметики, сухие смеси, лакокрасочные материалы).

#### ■ Требования к кандидату

мужчина 30–40 лет  
химическое образование  
знание английского или немецкого языка (достаточно умения читать техническую литературу)  
опыт работы в строительной или смежных областях

#### ■ Резюме направлять

E-mail: sergey.andreew@basf-rus.ru  
Факс: (095) 231-71-48 (для Андреева)



## Воздухопроницаемость ячеистых бетонов низкой плотности

Ячеистые бетоны низкой плотности (250–350 кг/м<sup>3</sup>) характеризуются хорошими теплозащитными свойствами. Их можно применять и в качестве звукопоглощающих материалов в общественных зданиях, в виде объемных подвесных элементов в шумных производственных цехах. Однако определение коэффициентов теплопроводности и звукопоглощения требует специального оборудования, является дорогостоящим и длительным процессом.

Свойства ячеистых бетонов зависят от их плотности и макроструктуры. Макроструктура в свою очередь зависит от технологических параметров производства: вида ячеистого бетона, то есть способа формирования макроструктуры, состава формовочной смеси. Вышеупомянутые факторы хорошо оценивает воздухопроницаемость ячеистых бетонов, определение которой является несложным. Зная коэффициент воздухопроницаемости, можно прогнозировать теплоизоляционные и звукопоглощающие свойства ячеистых бетонов [1, 2].

Данных о воздухопроницаемости ячеистых бетонов очень мало. В учебниках [3, 4] указано сопротивление воздухопроницаемости, однако не приведена ее зависимость от плотности.

К.Ф. Фокиным исследована воздухопроницаемость пенобетонов плотностью 600–700 кг/м<sup>3</sup> [5]. В работе [6] указывается, что воздухопроницаемость газосиликата плотностью 500 кг/м<sup>3</sup> в 2–2,2 раза выше воздухопроницаемости газосиликата плотностью 650 кг/м<sup>3</sup>.

При исследовании воздухопроницаемости газосиликата плотностью 400 кг/м<sup>3</sup> определено [7], что воздухопроницаемость газосиликата прямо пропорциональна тонкости помола песка и обратно пропорциональна водотвердому соотношению формовочной смеси.

Цель настоящей работы – исследование воздухопроницаемости ячеистых бетонов плотностью 250–490 кг/м<sup>3</sup>.

Ячеистый бетон формовали в формах размерами 340×340×400 и 2000×1400×500 мм. Применяли следующие сырьевые материалы: кварцевый песок Вильнюсского карьера «Панеряй», портландцемент марки СЕМ I 42,5 АО «Акмянес цементас» и известь производства АО «Силикатас» (Вильнюс). Химический состав этих материалов приведен в табл. 1. Песок помоли в шаровой мельнице до удельной поверхности 250–300 м<sup>2</sup>/кг. Тонина помола извести 540 м<sup>2</sup>/кг, ее активность 69–71%, время гашения

16–20 мин, температура гашения 52–54°С. Начало схватывания портландцемента 2 ч, конец – 5 ч 50 мин. Минеральный состав %, C<sub>3</sub>S – 50,38–54,74; C<sub>2</sub>S – 20–24,53; C<sub>3</sub>A – 4,3–4,37; C<sub>4</sub>AF – 14,32–14,77.

Газообразователем служила алюминиевая пудра, гидрофилизированная сульфолом (20 г/кг). Для поризации формовочной смеси использовали газо-, и пенотехнологию. Соотношение компонентов формовочной смеси газобетона песок : портландцемент 1:1, добавка извести для интенсификации вспучивания – 3%. В/Т меняли от 0,5 до 0,7. Расход алюминиевой пудры – 0,1–0,25% от массы сухих материалов. Начальная температура формовочной смеси газобетона – 40°С.

Компоненты формовочной смеси газобетона на смешанном вяжущем рассчитывали так. Исходное соотношение песок : портландцемент приняли 1:1. Далее 20, 40, 60 и 80% портландцемента заменяли эквивалентным количеством извести, который определяли по формуле [2]:

$$И = \frac{45 \cdot Ц}{A_0},$$

где *И* – количество извести, кг, активностью *A*<sub>0</sub>, %, требуемое для замены цемента, *Ц* – количество цемента, кг, подлежащее замене известью.

В/Т формовочной смеси пенобетона меняли в пределах 0,5–0,8, расход пены 1,5–3 л/кг. Режим гидротермальной обработки изделий 1,5+8+1,5 ч, изотермическая выдержка при 0,79 МПа. Воздухопроницаемость определяли аппаратурой, схема которой представлена на рис. 1. Боковые поверхности образца покрывали петролатумом.

Коэффициент воздухопроницаемости определяли по формуле

$$i = \frac{W \cdot \sigma}{\Delta P},$$

где *i* – коэффициент воздухопроницаемости, м<sup>3</sup>/(м·с·Па); *W* – дебит воздуха м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·с); *σ* – толщина образца, м; *ΔP* – разность давления в Па.

В литературе [5, 8] указывается, что воздухопроницаемость ячеистого бетона зависит от количества влаги в его порах. Поэтому образцы перед опытом высушивали при температуре (100±5) °С до постоянной массы.

Таблица 1

Компонент	Содержание оксидов, %							п.п.п.
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	
Песок	87,01–89,77	4–5,35	0,52–0,63	3,1–3,25	0,25–0,77	0,44–0,84	0,46–0,51	1,35–2,64
Известь	3,13–3,21	0,99–1,01	0,16–0,19	80,85–81,83	1,4–1,45	0,5–0,59	1,03–1,05	10,87–11,94
Портландцемент	21,6–22,41	4–4,66	4,71–4,86	60,06–63,12	2,47–2,49	–	1,7–1,72	1,74–1,76

Таблица 2

Коэффициент воздухопроницаемости газобетона на смешанном вяжущем (плотность 350 кг/м<sup>3</sup>)

Количество цемента, заменено известью, %	Коэффициент воздухопроницаемости × 10 <sup>-7</sup> , м <sup>3</sup> /м·с·Па			
	0,52	0,58	0,62	0,65
20	4	5,6	8,5	12,9
40	5,1	6,9	7,9	8,2
60	8,3	8,2	7,4	5,3
80	12,2	8,7	5,9	3,9

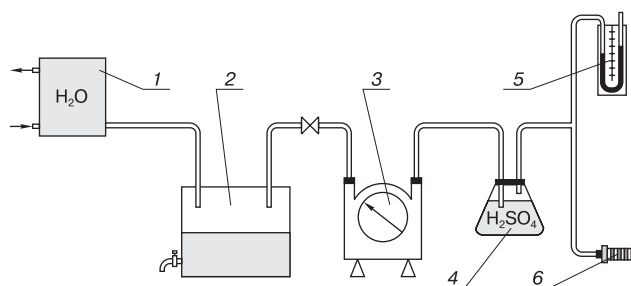


Рис. 1. Схема аппарата для определения воздухопроницаемости: 1 – бак для воды, 2 – сосуд для создания давления, 3 – счетчик, 4 – сосуд с серной кислотой для удаления влаги из воздуха, 5 – манометр, 6 – гильза для образца ячеистого бетона

Зависимость воздухопроницаемости газобетона от плотности представлена на рис. 2.

Как и следовало ожидать, с уменьшением плотности газобетона воздухопроницаемость увеличивается. Например, при В/Т 0,6 с уменьшением изделий с 490 до 310 кг/м<sup>3</sup> коэффициент воздухопроницаемости возрастает с 2,5·10<sup>-7</sup> до 13,1·10<sup>-7</sup> м<sup>3</sup>/м·с·Па. С повышением В/Т воздухопроницаемость газобетона также повышается (рис. 2, кривая 1–5). Так, при плотности 350 кг/м<sup>3</sup> изменение В/Т с 0,5 до 0,7 повышает коэффициент воздухопроницаемости газобетона с 6,6·10<sup>-7</sup> до 12,8·10<sup>-7</sup> м<sup>3</sup>/м·с·Па. Однако изменение В/Т оказывает большее влияние на коэффициент воздухопроницаемости образцов меньшей плотности. Это можно объяснить тем, что при медленной гидратации вяжущего и большей плотности в газобетоне образуются более мелкие и равномерные поры. С повышением В/Т поры становятся более крупными, они деформируются, образуется большее количество сообщающихся пор, что и повышает воздухопроницаемость материала.

Воздухопроницаемость газобетона описывается следующим регрессионным уравнением

$$i = 2,11 \cdot \rho^{-2,33} \cdot (В/Т)^{1,7},$$

где  $i$  – коэффициент воздухопроницаемости, (м<sup>3</sup>/м·с·Па);  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>.

Коэффициент корреляции 0,973, регрессионное уравнение адекватно при вероятности 0,95, среднее квадратическое отклонение 0,47·10<sup>-7</sup> м<sup>3</sup>/м·с·Па.

Эта зависимость через технологические параметры производства выражается уравнением

$$i = 337,6 \cdot 10^{-7} P_{\text{Ал}}^{1,06} \cdot (В/Т)^{3,26},$$

где  $P_{\text{Ал}}$  – расход алюминиевой пудры в % от массы сухих материалов.

Результаты определения воздухопроницаемости газобетона на смешанном вяжущем представлены в табл. 2 и рис. 3.

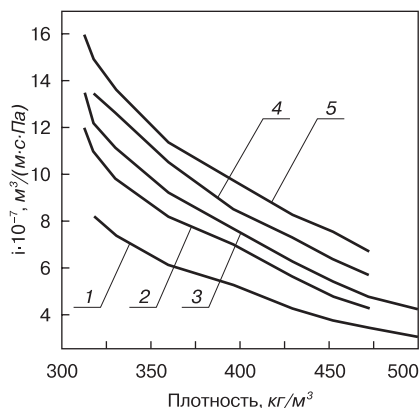


Рис. 2. Зависимость коэффициента воздухопроницаемости газобетона от его плотности при изменении В/Т: 1 – 0,5; 2 – 0,55; 3 – 0,6; 4 – 0,65; 5 – 0,7

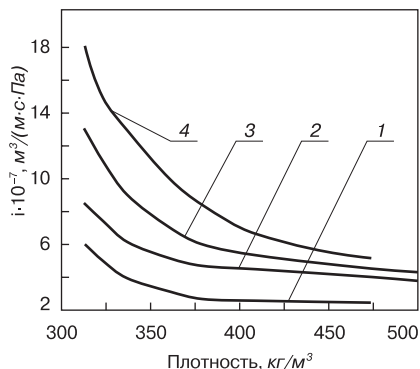


Рис. 3. Влияние плотности газобетона на смешанном вяжущем (20% портландцемента заменено известью) на его коэффициент воздухопроницаемости при изменении В/Т: 1 – 0,52; 2 – 0,58; 3 – 0,62; 4 – 0,65

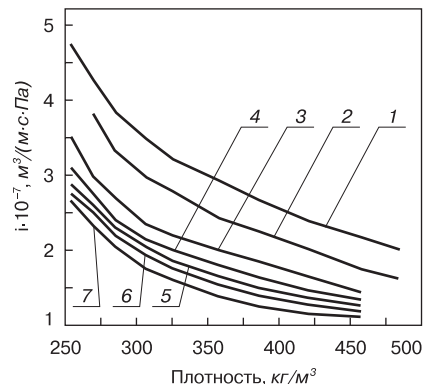


Рис. 4. Зависимость коэффициента воздухопроницаемости пенобетона от плотности при изменении В/Т: 1 – 0,5; 2 – 0,55; 3 – 0,6; 4 – 0,65; 5 – 0,7; 6 – 0,75; 7 – 0,8

При изготовлении газобетона на смешанном вяжущем, когда 20% портландцемента заменено эквивалентным количеством извести, с изменением В/Т от 0,52 до 0,65 коэффициент воздухопроницаемости увеличивается в 3 раза (табл. 2).

С повышением доли извести в вяжущем с 20 до 80% воздухопроницаемость газобетона, изготовленного с использованием В/Т 0,52, повышается более чем в 3 раза. Это говорит о неравномерной макроструктуре, образовавшейся вследствие применения низкого В/Т. С повышением плотности ячеистого бетона влияние В/Т на воздухопроницаемость уменьшается (расстояние между кривыми сужаются) (рис. 3). Это объясняется более равномерной структурой газобетона.

Представленные на рис. 3 графики описываются следующими регрессионными уравнениями

$$i = 28,07 \cdot \rho^{-2,63} \cdot (В/Т)^{3,98}.$$

Коэффициент корреляции 0,977 значим при вероятности 0,95, среднее квадратическое отклонение 0,1·10<sup>-7</sup> м<sup>3</sup>/м·с·Па.

Эта зависимость через технологические параметры выражается уравнением

$$i = 2021 \cdot 10^{-7} P_{\text{Ал}}^{1,51} \cdot (В/Т)^{5,44}.$$

Воздухопроницаемость пенобетона также зависит от В/Т формовочной смеси и плотности. Однако в отличие от газобетонов с увеличением В/Т коэффициент воздухопроницаемости уменьшается (рис. 4). Это зависит от макроструктуры пенобетона. Его поры замкнутые, а с увеличением В/Т они становятся более мелкими и более правильной сферической формы.

Зависимость коэффициента воздухопроницаемости пенобетона от плотности и В/Т описывается следующим регрессионным уравнением:

$$i = 4,68 \cdot 10^{-4} \rho^{-1,393} \cdot (В/Т)^{-1,11}.$$

Коэффициент корреляции 0,976, уравнение, адекватное при вероятности 0,95, среднее квадратическое отклонение  $0,58 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{Па})$ .

Эта зависимость через технологические параметры производства выражается:

$$i = 0,435 \cdot 10^{-7} P_{\text{п}}^{1,332} \cdot (B/T)^{-1,31},$$

где  $P_{\text{п}}$  – расход пены в л/кг.

Воздухопроницаемость пеногазосиликата близка воздухопроницаемости газобетона на смешанном вяжущем и колеблется в пределах  $(8-12) \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/(\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{Па})$ .

Воздухопроницаемость ячеистого бетона той же плотности зависит от вида порообразователя, т. е. от макроструктуры ячеистого бетона. Пенобетоны характеризуются меньшей воздухопроницаемостью по сравнению с газобетонами.

Воздухопроницаемость ячеистых бетонов (тем самым макроструктуру и свойства) можно регулировать и нетрадиционными способами [9]. Например, с использованием доли гидрофилизированной алюминиевой пудры и доли негидрофилизированной можно изменить коэффициент воздухопроницаемости газосиликата в 1,67 раза.

По результатам исследований можно заключить, что воздухопроницаемость ячеистого бетона зависит от плотности и макроструктуры. Коэффициент воздухопроницаемости пенобетонов значительно меньше этих коэффициентов газобетонов. Воздухопроницаемость можно регулировать, меняя способ порообразования, традиционными технологическими параметрами (B/T, составом вяжущего, температурой формовочной смеси), а также некоторыми нетрадиционными способами, например соотношением гидрофилизированной и негидрофилизированной алюминиевой пудры. Автором статьи предложен способ воздухопроницаемостью оценить и прогнозировать теплопроводность и звукопоглощение ячеистых бетонов [1].

## Список литературы

1. *Лаукайтис А.А.* Прогнозирование некоторых свойств ячеистых бетонов низкой плотности // Строит. материалы, 2001, № 4. С. 27.
2. *Laukaitis A.* Influence of technological factors on porous concrete formation mixture and product properties/ Summary of the research report presented for habilitation // Kaunas University of Technology, 1999, 70 p.
3. *Ильинский В.М.* Строительная теплофизика. М.: Высшая школа, 1974, 309 с.
4. *Елагин Б.Т.* Основы теплофизики ограждающих конструкций зданий. Киев. Донецк: Изд. Выща школа, 1977. С. 59–62.
5. *Фокин К.Ф.* Строительная теплофизика ограждающих частей зданий. М.: Стройиздат, 1973. С. 144–158.
6. *Дворядкин А.Т.* Исследование физико-механических и деформативных свойств ячеистых бетонов в зависимости от основных технологических параметров: Автореф. Дисс. канд. техн. наук. М., 1967, 14 с.
7. *Биховскис А.Е.* Исследование технологических факторов формирования теплофизических свойств газосиликата для индустриального термоизоляции труб бесканальных тепловых сетей: Автореф. Дисс. канд. техн. наук. Каунас: КПИ. 1967, 13 с.
8. *G. Bave, N.J. Bright, F.N. Leitch, W. Rottau, G. Svanholm, V.P. Trambovetsky, J.M. Weber.* Автоклавный ячеистый бетон. Пер. с англ. М.: Стройиздат, 1981. С. 9–10.
9. А.С. СССР № 1447801. Способ изготовления ячеистого бетона / А.А. Лаукайтис, А.Е. Биховскис, А.В. Дудик. Заявлено 10.12.85, опубликовано 30.12.88 Б.И. № 48.

19 - 21 сентября 2001 г. РОСТОВ-НА-ДОНУ, Дворец Спорта (Хатунинский 103)

# «ЮЖНАЯ СТОЛИЦА»

АРХИТЕКТУРА. ИНВЕСТИЦИИ. СТРОИТЕЛЬСТВО

**ФОРУМ АРХИТЕКТОРОВ ЮЖНОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА**  
**ДЕСЯТЫЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ СМОТР-КОНКУРС АРХИТЕКТУРНЫХ И ДИЗАЙНЕРСКИХ ПРОЕКТОВ**

- Комплексное решение проблем градостроительства и эксплуатации городских сооружений;
- Строительные технологии и оборудование, коммуникационные системы;
- Энергосберегающие технологии и материалы;
- Системы водоснабжения, канализации, очистные сооружения и сантехническое оборудование;
- Кровельные, тепло- и гидроизоляционные материалы;
- Системы отопления, вентиляции, кондиционирования;
- Отделочные, облицовочные, лакокрасочные материалы, обои;
- Интерьеры. Мебель; Современный парковый ландшафт.

Ростов-на-Дону

РОССТЭКС выставки Юга России 344007, Ростов-на-Дону, Пыжлинская 70. (8632) 69-62-90 69-62-85 Rostex@aaanet.ru

Госстрой Республики Карелия и Выставочное Агентство «Еврофорум» приглашают принять участие в специализированной выставке

# Строительство Деревообработка

27 - 29 сентября 2001 г. Петрозаводск  
Дворец творчества детей и юношества

## Тематика выставки

Современные конструктивные, теплоизоляционные и отделочные материалы.  
Кровельные материалы.  
Оборудование систем отопления, вентиляции, водоснабжения и канализации  
Полы и потолки.  
Окна и двери.  
Электрооборудование зданий.  
Средства малой механизации, инструмент, подъемные средства.  
Противопожарная и охранная сигнализация.  
Интерьер. Услуги по дизайну.  
Мебель и оборудование.  
Недвижимость и страхование имущества.

Оргкомитет: Республика Карелия, Петрозаводск, ул. Анохина, 45, ООО «Еврофорум»  
Тел./факс: (8142) 76-83-00, 76-87-96  
E-mail: euroforum@karelia.ru

 EUROFORUM

## Обследование влажности эковаты в облегченных кирпичных стенах зданий с нормальным тепловлажностным режимом

Облегченные кирпичные стены с утеплителем из эковаты применяются для строительства жилых домов. Актуальным вопросом для таких стен является оценка влажностного состояния утеплителя. В технической литературе соответствующие данные почти отсутствуют.

Институтом «Термоизоляция» в 1999–2001 гг. выполнены обследования\* влажности эковаты в облегченных кирпичных стенах одноэтажных и двухэтажных жилых домов, построенных в г. Каунасе (4 здания) и г. Кедайняй (2 здания) Литовской Республики. Стены домов состояли из внутреннего и наружного слоев, соединяемых перевязкой (кирпичным рядом), и напыленной между ними эковаты толщиной 5, 6, 7, 9, 12 см и плотностью 65–75 кг/м<sup>3</sup> (рис. 1). Тонковолокнистая структура эковаты обуславливает ее превосходную проникающую способность, материал эффективно заполняет труднодоступные зазоры и углубления.

Внутренняя поверхность стен оштукатурена, а фасадная поверхность выполнена без наружного отделочного слоя — под расшивку. Технические показатели использованных материалов приведены в табл. 1.

Исследование влажности эковаты проводили на образцах, отобранных из стен зданий в октябре (в начале периода влагонакопления) и апреле (после влагонакопления в зимний период). На каждом объекте как по глади стены, так и из подоконной и надоконной частей отбирали несколько образцов утеплителя толщиной от 5 до 12 см. Образцы делили по толщине на 3 части, из которых эковату помещали в отдельные боксы, что позволяло определить влажность по толщине утеплителя.

Влажность проб эковаты определяли в лаборатории согласно [4]. При этом эковату высушивали при температуре не выше 65°C, чтобы предотвратить выделение кристаллической воды и деструкцию кристаллической борной кислоты.

Результаты исследований обрабатывали статистическими методами [5–7] исходя из следующих предпосылок:

- влажность слоя эковаты в наружном ограждении зависит от воздействия технологических, эксплуатационных и климатических факторов, учесть влияние которых теоретически невозможно;
- влажность отдельной пробы — величина случайная и может принимать значения в некоторых пределах;
- при большом количестве определений средний результат перестает быть случайным и может быть предсказан с заданной степенью определенности.

Начальная влажность эковаты определяется ее составом, характером связи влаги с капиллярно-пористым материалом и технологическими параметрами изготовления. В дальнейшем она зависит от конструкции наружного ограждения и условий эксплуатации. В общей слож-

Таблица 1

Части стен	Индекс обозначения слоя	Плотность материала, кг/м <sup>3</sup>	Толщина слоя d, см	Расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя $\lambda_{ds}$ , $W/(m \cdot K)$	Расчетное значение термического сопротивления слоя R, $\frac{m^2 \cdot K}{W}$	Относительный фактор паропроницаемости материала $\mu$	Толщина слоя воздуха, эквивалентная сопротивлению паропроницаемости слоя материала S <sub>d</sub> , м
Внутренняя поверхность	si	—	—	—	0,13	—	—
Штукатурка из цементно-песчаного раствора	1	1800	1,5	0,96	0,02	6,7	0,1
Кладка из керамического пустотного кирпича на цементно-песчаном растворе	2	1350 (брутто)	25	0,61	0,41	4	1
Теплоизоляция из эковаты	3	65–75	5	0,051*	0,98	1,1*	0,06
			6	1,18	0,07		
			7	1,37	0,08		
			9	1,76	0,1		
12	2,35	0,14					
Кладка из силикатного сплошного кирпича на цементно-песчаном растворе	4	1800	12	1,03	0,12	5,5	0,7
Наружная поверхность	se	—	—	—	0,04	—	—

\* Рассчитаны по [1, 2] с использованием данных [3].

\* В проведении работ техническую помощь оказал коллектив строителей ЗАО «ЕКОРЕМА»

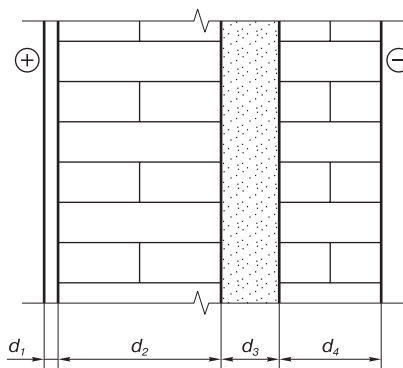


Рис. 1. Конструкция обследованных облегченных кирпичных стен жилых домов

ности в течение 1999–2001 гг. произведено 204 определения влажности эковаты. Статистическая обработка данных представлена в табл. 2. Гипотеза о нормальном распределении влажности эковаты подтверждается по критериям согласия [5]. Графически это наглядно иллюстрируется хорошей сходимостью гистограммы эмпирического распределения относительных частот влажности эковаты и кривой нормальной плотности вероятности (рис. 2).

Средние значения влажности эковаты во всех случаях, независимо от года наблюдений и толщины ее слоя, колебалась от 8,9 до 14,7 мас. % (табл. 2). С наружной стороны слоя эковаты во всех случаях влажность больше в среднем на 15%, что указывает на достаточную однородность

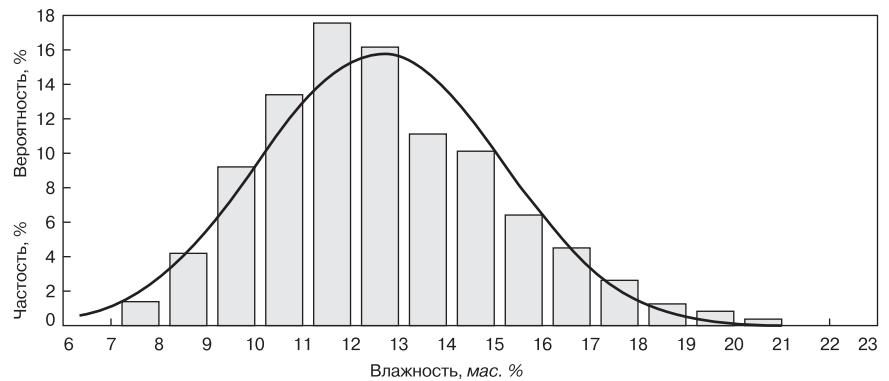


Рис. 2. Гистограмма эмпирического распределения относительных частот влажности эковаты в стенах, совмещенная с кривой нормального распределения ( $\bar{W}=12,4$  мас. %,  $S_w=2,3$ )

признака, его небольшую изменчивость. Было выявлено также отсутствие существенного различия между местной влажностью эковаты по глади стены и ее подоконной и надоконной частями. Поэтому статистический анализ выполнен по полученным индивидуальным значениям влажности эковаты независимо от выше названных факторов.

Сравнение по годам дисперсий выборок, каждая из которых представляет данные о влажности эковаты в стенах обследованных зданий №№ 1–4 и №№ 5, 6, показало, что они являются оценками общей генеральной совокупности за весь период наблюдения на уровне значимости  $\alpha = 0,025$  (при 5 степенях свободы и уровне значимости  $\alpha = 0,025$ ,  $\chi^2_{0,975}=12,8$ , что больше значения критерия Бартлетта

$B=11,6$ ). Поэтому в качестве оценки для дисперсии воспроизводимости можно взять средневзвешенную дисперсию  $S_w^2$  с числом степеней свободы равным 198 [6].

Допустимость различия между выборочными средними значениями влажности эковаты в стенах проверена с помощью критерия Р. Фишера. Метод состоит в сравнении оценок между выборочной дисперсии  $S_b^2=14,9$  и средней дисперсии выборок  $S^2=5,4$  [7]. Рассеивание выборочных средних местной влажности эковаты является допустимым, так как  $F=S_b^2/S^2=2,76$  меньше  $F_{\text{верх}} = 3,02$  при уровне значимости  $\alpha = 0,01$ .

В течение 1,5 лет средние значения влажности эковаты в обследованных стенах изменялись по годам незначительно (см. табл. 2, от 11,5

Таблица 2

Местонахождение, №№ обследованных домов*	Продолжительность эксплуатации, годы	Средняя толщина слоя эковаты, см	Год проведения обследования											
			1999 X			2000 IV			2000 X			2001 IV		
			$n^{**}$	$\bar{W}$	$S_w$	$n$	$\bar{W}$	$S_w$	$n$	$\bar{W}$	$S_w$	$n$	$\bar{W}$	$S_w$
г. Каунас														
1	4	6	5	10,1	0,58	5	8,9	1,19	6	8,9	0,5	6	10,6	1,08
2	2	7; 5	6	14,7	2,01	6	14,3	1,76	6	15,3	2,55	6	14,4	1,96
3	2,5	5	11	12,1	1,12	12	11,1	1,64	9	11,5	0,7	9	11,6	0,59
4	5	9; 6	12	13,8	2,96	12	12,9	2,01	6	12,4	3,96	9	13,9	2,1
		Итого по годам обследований:	34	12,8	2,49	35	11,9	2,39	27	12	3,06	30	12,6	2,12
г. Кедайняй														
5	5,5	12	27	12,6	1,41	24	11,8	1,73						
6	5,5	9	15	14,3	2,98	12	11,1	1,61						
		Итого по годам обследований:	42	13,2	2,23	36	11,5	1,69						

**Примечания.** \* Для утепления стен применена эковата, производимая в Литве (дома №№ 1, 3, 5, 6) и Эстонии (дома №№ 2, 4) по технологии и на оборудовании финского концерна «МАКРОН» [8, 9]; \*\*  $n$  – количество определений влажности;  $\bar{W}$  – среднее значение влажности по данным обследования каждого дома и всех домов, мас. %;  $S_w$  – соответствующие средние квадратические отклонения влажности.



до 13,2%), что характеризует устойчивость влажностного состояния утеплителя во времени.

Данные настоящих исследований показывают, что в слое эковаты влага не накапливается, а выходит наружу. Наружный слой кирпичной кладки в свою очередь пропускает влагу и способствует высыханию утеплителя. Это подтверждается и практикой применения облегченных кирпичных стен с утеплителем из эковаты в Финляндии, Швеции, где воздушная прослойка между наружным слоем из кирпича и утеплителем не предусматривается [10].

На основании статистической обработки большого количества измерений влажность эковаты в облегченных кирпичных стенах жилых домов может быть оценена средним значением генеральной совокупности, за весь период наблюдения равным  $\bar{W} = 12,4$  мас. % со средним квадратическим отклонением воспроизводимости  $S_w = 2,3$ . При нормировании влажности эковаты в таких стенах по ее наибольшему значению  $W_{max}$ , мас. % [11], будем иметь

$$W_{max} = \bar{W} + k_2 \cdot S_w = 12,4 + 1,28 \cdot 2,3 \approx 15,$$

где  $k_2$  – толерантный (допускаемый) множитель для верхней односторонней доверительной границы кванти-

ли  $\rho = 0,9$  с вероятностью  $(1-\alpha) = 0,9$ , определяемый по объему генеральной совокупности  $\Sigma n = 204$  согласно [1], табл. С. 1.

В результате исследования установлено, что в слое эковаты обследованных облегченных кирпичных стен влага не накапливается, а через утеплитель и наружный слой кирпичной кладки выходит наружу. Нормируя величину влажности эковаты в облегченных кирпичных стенах зданий с нормальным тепловлажностным режимом по ее наибольшему значению, определена величина верхней односторонней доверительной границы квантили  $\rho = 0,9$  с вероятностью  $(1-\alpha) = 0,9$  равная 15 мас. %.

#### Список литературы

1. ISO 10456:1997. Thermal insulation – Building materials and products – Determination of declared and design thermal values. (Тепловая изоляция. Строительные материалы и изделия. Определение декларируемых и проектных тепловых величин). 16 р.
2. РЕГЛАМЕНТ STR 2.01.03:1999. Декларируемые и проектные величины теплотехнических показателей строительных материалов и изделий. Первое издание (на лит. яз.), Вильнюс. 1999. 26 с.
3. Гнип И.Я., Кершулис В.И., Веялис С.А. Теплофизические свойства эковаты // Строит. материалы. 2000. № 11. С. 25–27.
4. ГОСТ 17177–94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Методы испытаний. М.: МНТКС. 1996. 60 с.
5. Закс Л. Статистическое оценивание. Пер. с нем. В.Н. Варыгина. Под ред. Ю.П. Адлера, В.Г. Горского. М.: Статистика, 1976. 598 с.
6. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. М.: Высш. школа, 1978. 319 с.
7. Рабинович С.Г. Погрешности измерений. Л.: Энергия, 1978. 262 с.
8. ИСТ 3487003-1. ЭКОВАТА. Термоизоляционный материал из целлюлозного волокна. Технические требования. ЗАО «Экорема», Литва, 2001. 11 с.
9. Технический сертификат ЕЕ Walsekto TS 1:96. Целлюлозная вата. Эстония, 1996, 4 с.
10. M-T-A03 isofloc Planungs – Handbuch. Stand.:4.94, Kassel. 105 s.
11. Колотилкин Б.М. Надежность функционирования жилых зданий. М.: Стройиздат, 1989. 376 с.



## СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО СКБ СТРОЙПРИБОР

Россия, 454084, Челябинск, а/я 17544    Тел./факс (3512) **93-66-13, 93-66-85**  
Представительства: в Москве – тел.: (095) **174-78-01**, в Санкт-Петербурге – тел.: (812) **430-20-65**

---

 <p><b>ИПС-МГ4+</b> измеритель прочности бетона методом ударного импульса</p>	 <p><b>ПОС-МГ4</b> измеритель прочности бетона методом отрыва со скалыванием</p>
 <p><b>ИПА-МГ4</b> измеритель защитного слоя</p>	 <p><b>ИПЦ-МГ4</b> измеритель активности цемента</p>
 <p><b>ПСО-МГ4</b> измеритель адгезии методом отрыва дисков</p>	 <p><b>ВЛАГОМЕР-МГ4</b> универсальный измеритель влажности строительных материалов</p>
 <p><b>ИТП-МГ4</b> измеритель теплопроводности</p>	 <p><b>ВИБРОТЕСТ</b> измеритель параметров вибрации</p>
 <p><b>RAYNGER</b> семейство бесконтактных ИК-термометров с широким набором сервисных функций</p>	 <p><b>BOSCH</b> семейство строительных лазеров: даль- номеры, нивелиры, уклономеры, уровни</p>
<p><b>Термометры, термогидрометры, угломеры, обнаружители электропроводки и многое другое</b></p>	

## Использование пеносиликата из золошлаковых отходов для производства безобжигового кирпича

При сжигании бурых углей на ГРЭС, ТЭЦ, котельных образуется огромное количество золошлаковых отходов. При рациональной переработке они могли бы заменить часть сырья, используемого в строительном комплексе.

Причины, препятствующие решению этой проблемы, заключаются в нестабильности фазового состава зол, высоком содержании в них свободного оксида кальция и несгоревшего угля.

Связать свободный оксид кальция и снизить содержание несгоревшего угля можно, используя способ термоактивирования золы посредством расплава с последующим охлаждением в режиме термоудара [1, 2]. При охлаждении расплава в режиме термоудара в зависимости от среды охлаждения образуется два различных типа материалов. При выливании в воду получается пористый, аморфный материал бело-серого цвета, иногда с фиолетовым оттенком. Этот материал обладает следующими характеристиками:

средняя плотность, кг/м<sup>3</sup>,  
не более .....300  
прочность при сжатии, МПа,  
не более, .....0,15  
пористость, % .....30–80

При охлаждении на воздухе образуется стекловидный рентгено-аморфный материал (пеносиликат), который может быть успешно использован в качестве исходного сырья для производства керамических материалов и изделий, в частности кирпича.

Нами разработана технология получения как обжигового, так и безобжигового строительного кирпича на основе термоактивированной золы, полученной при охлаждении расплава в воде. В статье изложены результаты исследований по получению безобжигового кирпича на основе пеносиликата и связующих добавок.

Для исследований использован пеносиликат, в качестве связующих добавок – портландцемент марки 400 и алюминатные добавки (табл. 1). Исследования проводились на

образцах длиной 250 мм, шириной 120 мм, толщиной 65 мм и плотностью 1500 кг/м<sup>3</sup>.

Установлено, что независимо от состава шихты влажность ее с учетом первоначальной прочности кирпича не должна превышать 15% (табл. 2). При повышении влажности свыше 20% при прессовании шихты отмечается водоотделение и расслоение кирпича.

Согласно ГОСТ 379–79 «Кирпич и камни керамические» толщина кирпича должна составлять 65±2 мм. Давление прессования, которое обеспечивает получение кирпича стандартных размеров, находится в пределах 250–300 кг/см<sup>2</sup> и в среднем составляет 275 кг/см<sup>2</sup> (табл. 3).

При этом первоначальная прочность при сжатии кирпича будет находиться на уровне 4 МПа. При повышении давления прессования свыше 300 кг/см<sup>2</sup> кирпич начинает расслаиваться с водоотделением.

Безобжиговый кирпич, полученный прессованием шихты на основе одного пеносиликата, после

Таблица 1

Материалы	Содержание, %										
	п.п.п.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	C
Термоактивная зола	0,77	49,91	7,55	0,11	32,81	7,25	0,15	0,35	0,65	0	0,34
Алюминатная добавка № 1	0,4	41,46	19,98	1,78	29,83	5,14	0,87	0,49	0,35	0,11	0
Алюминатная добавка № 2	0,24	44,72	18,03	0,89	29,93	5,04	0,43	0,51	0,33	0,11	0
Алюминатная добавка № 3	0,5	49,22	12,5	0,39	30,28	4,61	0,98	0,28	0,43	0,44	0

Таблица 2

Состав шихты, %			Предел прочности при сжатии, МПа
Термоактивная зола	Цемент	Вода (сверх 100%)	
100	0	5	1
100	0	10	1,6
100	0	15	1,9
100	0	20	1,7
80	20	5	2,8
80	20	10	3,2
80	20	15	3,6
80	20	20	3

Таблица 3

Давление прессования, кг/см <sup>2</sup>	Влажность шихты, %	Толщина кирпича, мм
200	15	68
250	15	65
300	15	63
350*	15	61
400*	15	59

\* Расслоение кирпича

Таблица 4

Состав шихты, %		Предел прочности при сжатии, МПа
Пеносиликат	Цемент	
100	0	1,9
95	5	2
90	10	2,5
85	15	3
80	20	3,6
75	25	4,4
70	30	4,6



Таблица 5

Состав шихты, %					Предел прочности при сжатии МПа
Пеносиликат	Цемент	Алюминатная добавка			
		№ 1	№ 2	№ 3	
100	0	0	0	0	1,9
80	20	0	0	0	3,6
80	15	5	0	0	3,9
80	10	10	0	0	4
80	5	15	0	0	4,2
80	0	20	0	0	3,5
80	15	0	5	0	3,8
80	10	0	10	0	3,9
80	5	0	15	0	4,1
80	0	0	20	0	3,1
80	15	0	0	5	5
80	10	0	0	10	5,3
80	5	0	0	15	4,5
80	0	0	0	20	3,7

\* Влажность шихты 15%

естественного высыхания имеет недостаточную прочность при сжатии. Поэтому для повышения прочности кирпича целесообразно введение в его состав цемента в количестве до 20%, что приводит к повышению первоначальной прочности в 1,9 раза (табл. 4) и обеспечивает получение кирпича марки 300 после 20 сут хранения (см. рисунок).

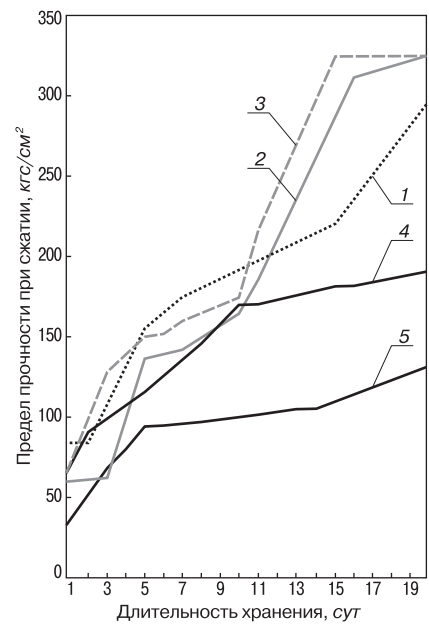
Снизить расход цемента без ухудшения прочностных показателей кирпича возможно путем использования различных добавок-активизаторов гидравлического твердения, в частности алюминатной добавки, содержащей смесь аморфного алюмината кальция ( $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $11\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{CaF}_2$ ;  $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) с неорганическим сульфатом (гипс, ангидрид, сульфат натрия), взятых в соотношении 1:0,5 – 1:1,5 (по массе).

Результаты физико-механических испытаний (табл. 5) показывают, что алюминатная добавка независимо от своего состава способствует повышению первоначальной прочности кирпича как на основе смеси пеносиликата и цемента, так и на основе одного пеносиликата. При этом наибольший прирост прочности обеспечивает алюминатная добавка № 3. В целом же применение алюминатной добавки в оптимальном количестве (5–15 мас. % в зависимости от состава добавки) обеспечивает получение безобжигового кирпича с прочностью 19–32 МПа. Кроме того, следует отметить, что действие добавки,

полученной в кристаллическом состоянии, менее эффективно по сравнению с добавкой, полученной в аморфном состоянии.

Как известно, цемент твердеет во времени, поэтому при получении безобжигового кирпича действие цемента на первоначальную прочность последнего будет определяться его сроками схватывания. Экспериментом доказано, что для шихты, содержащей 20% цемента, оптимальным временем выдерживания является 6–7 ч; при этом первоначальная прочность кирпича возрастает на 0,9 МПа, для шихты с 10% алюминатной добавки № 3 – на 1 ч, прочность кирпича при этом увеличивается на 2,2 МПа. Следовательно, для шихты определенного состава необходимо подобрать время вылеживания, что позволит максимально повысить первоначальную прочность кирпича.

Можно увеличить прочность кирпича путем использования добавок активизаторов твердения цемента типа хлористого кальция, углекислого натрия, азотнокислого кальция и триэтанолamina. Использование вышеупомянутых добавок способствует повышению прочности кирпича во все сроки твердения. Наибольший прирост прочности отмечается в возрасте до 3 сут (в 2–9 раз), после этого скорость роста прочности снижается. В возрасте до 3 сут с увеличением ввода цемента действие добавок по-



**Влияние алюминатной добавки на рост прочности кирпича во времени:** 1 – вспененная зола 80% + цемент 20%; 2 – вспененная зола 80% + цемент 10% + алюминатная добавка №1 10%; 3 – вспененная зола 80% + цемент 5% + алюминатная добавка №1 15%; 4 – вспененная зола 80% + цемент 5% + алюминатная добавка №2 15%; 5 – вспененная зола 80% + цемент 10% + алюминатная добавка №3 10%

вышается. В более поздние сроки твердения эффективность добавок в меньшей степени зависит от количества цемента в составе кирпича. Наиболее эффективными добавками в данном случае являются хлористый кальций и триэтанолamin.

Кроме того, для повышения прочности кирпича целесообразно его подвергать тепловлажностной обработке или автоклавированию, что повышает прочность кирпича через сутки после изготовления в 2–6 раз.

Кирпичи, изготовленные на основе пеносиликата и цемента и подвергнутые автоклавированию, имеют водопоглощение в пределах 10–26% и характеризуются морозостойкостью свыше 50.

Использование пеносиликата в производстве строительных материалов позволит расширить сырьевую базу отрасли и снизить затраты.

#### Список литературы

1. Павлов В.Ф., Тропин Ю.Д., Мардосевич Г.А. Термографические исследования высококальциевых зол. Тезисы конференции «Проблемы утилизации промышленных отходов в строительстве и промышленности строительных материалов». Красноярск, 1989. С. 85–86.
2. Павлов В.Ф., Анишин А.Г., Байкин С.Г., Шабанов В.Ф. Технология переработки зол углей КАТЭКа. Красноярск, СО АН СССР. 1991.

## Получение листового бумажно-волоконистого отделочного материала из отходов

Современные требования к комфортности жилых и общественных помещений и энергосбережение обуславливают повышенный интерес к строительным отделочным материалам с повышенными акустическими и теплоизоляционными свойствами.

Тепло- и звукоизоляционные отделочные материалы объединяет одно основное свойство – пористость. Наиболее распространенными являются материалы войлочной и ячеистой структуры. Из отделочных материалов войлочной структуры можно выделить древесноволокнистые и бумажно-слоистые плиты [1, 2]. Однако они в большинстве своем являются сравнительно плотными, то есть низкопористыми и не могут быть отнесены непосредственно к теплозвукоизоляционным.

Наиболее эффективными являются ячеистые неорганические (типа пеностекла, пенобетона, пеногипса) и органические (пенопласты) материалы [3, 4]. Не рассматривая достоинства и недостатки упомянутых выше отделочных материалов, можно отметить их относительно высокую стоимость по сравнению с отделочными материалами, полученными с использованием отходов производства.

Ниже излагаются результаты исследований возможности получения

листового отделочного материала типа теплозвукоизоляционного из бумажных отходов (макулатуры) и отходов производства линолеума на ворсовой основе. Бумажная макулатура, обработанная соответствующим образом, выполняет в данном случае роль матрицы-связующего, а измельченные отходы линолеума на ворсовой подложке придают получаемому материалу необходимую пористость.

Предварительная подготовка бумажной макулатуры включает измельчение и последующее замачивание с перемешиванием до образования однородной пульпы. Отходы производства линолеума преимущественно в виде лент боковых обрезов, содержащие 90–95% ворсовой подложки и 5–10% поливинилхлоридной пленки, также подвергаются измельчению. Измельченные отходы представляют распушенную массу с равномерно распределенными в ней вкраплениями крошки поливинилхлорида.

Смесь приготавливалась путем добавления в водно-бумажную пульпу измельченных отходов линолеума в количестве 5–20 мас. % сухой бумажной макулатуры при относительно интенсивном перемешивании.

Бумажная масса должна полностью обволакивать распушенные

отходы линолеума, выполняющие роль упругого каркаса. В качестве наполнителя использовалась также древесная пыль, являющаяся отходом деревообработки.

Полученная жидкая смесь процеживалась или отжималась от излишков воды до пастообразного состояния. Формование образцов материала в виде пластин осуществлялось в прессе путем нанесения равномерного слоя пастообразной массы между обогреваемыми плитами и последующего прессования при давлении 5–10 МПа и температуре 130°C в течение 30 мин.

Выбор режимов формования обуславливался следующими обстоятельствами: так как исходная смесь не обладает текучестью, то давление призвано придать смеси необходимую плотность с одновременным отжимом остаточной влаги; температура прессования должна быть достаточной для плавления поливинилхлоридной крошки (больше 130°C) и сушки; время прессования подбирается экспериментально из условия полного высушивания материала. При этом целлюлозные волокна бумаги, а также лавсановые или шерстяные волокна линолеумной подложки при выбранной температуре не плавятся. ПВХ-включения в виде

Ингредиенты, показатели	Шифр композиций									
	Б-1	Б-2	Б-3	Б-4	Б-5	Б-6	Б-7	Б-8	Б-9	Б-10
Бумажная макулатура, %	100	80	70	70	70	70	65	70	70	65
Отходы линолеума, %	–	10	10	20	20	20	25	20	20	20
Древесная пыль, %	–	10	20	10	5	–	–	5	–	–
Цемент, %	–	–	–	–	5	10	15	–	–	–
Гипс, %	–	–	–	–	–	–	–	5	10	15
<b>Режим прессования</b>										
Температура, °С / Давление, МПа / Время, мин	130 / 8 / 30									
<b>Физико-механические показатели</b>										
Прочность при изгибе, МПа	0,41	0,72	0,71	0,93	1,15	1,23	1,31	1,13	1,2	1,23
Условная прочность при растяжении, МПа	3,16	2,51	2,72	2,95	3,2	3,35	3,7	3,15	3,31	3,68
Влагопоглощение, %	72	63,6	57	49	54	55,5	77	62	61	60
Кажущаяся плотность, кг/м <sup>3</sup>	0,542	0,465	0,49	0,46	0,433	0,531	0,564	0,477	0,522	0,545
Твердость по Бринеллю, кг/мм <sup>2</sup>	7,2	5,97	7,96	7,02	6,3	7,02	7,7	7,46	9,2	9,95
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,115	0,085	0,097	0,074	0,088	0,102	0,118	0,096	0,115	0,127
Коэффициент звукопоглощения	0,17	0,24	0,21	0,28	0,22	0,16	0,12	0,19	0,15	0,13

крошки расплавляются при этой температуре, образуя сравнительно редкие узлы, скрепляющие волокна.

Сформированная структура материала обеспечивает необходимую пористость, которая может в определенных пределах регулироваться составом смеси и давлением прессования. Состав исследованных композиций, режим прессования и некоторые физико-механические свойства приведены в таблице.

Разрушающее напряжение при изгибе определялось согласно ГОСТ 4648–71, прочность при растяжении – по ГОСТ 11262–80, влагопоглощение – по ГОСТ 4650–80. Коэффициент теплопроводности определялся по методике измерения теплопроводности пенопластов [5]. Коэффициент звукопоглощения – согласно методике [6].

Введение добавок цемента и гипса в исследуемые составы обусловлено необходимостью увеличения твердости изделий.

Представленные данные свидетельствуют о том, что кажущаяся плотность существенно не изменяется в пределах вариации составов. Добавление отходов линолеума довольно резко снижает кажущуюся плотность композитов, очевидно, вследствие увеличения пористости, в то время как прочностные показатели в значительной степени зависят от их состава. При этом изменение состава композита в большей мере сказывалось на прочности при изгибе, чем при растяжении.

Добавление в исходный материал измельченных отходов линолеума значительно увеличивает прочность при изгибе, что весьма существенно с точки зрения уменьшения ломкости листов при монтаже и объясняется волокнистой природой отходов линолеума. Прочность при растяжении, наоборот, снижается и затем возрастает при добавлении в состав композита древесной пыли.

Снижение разрывной прочности обусловлено уменьшением кажущейся

плотности материала. Твердость колеблется в пределах 5,9–10 кг/мм<sup>2</sup> (по Бринеллю), и эти колебания хорошо согласуются также с изменениями кажущейся плотности.

Из таблицы видно, что исходный материал, т. е. состоящий только из бумажной макулатуры, обладает сравнительно высоким влагопоглощением. Введение в него гидрофобных отходов линолеума примерно на 20–25% снижает влагопоглощение, что объясняется уменьшением в композите доли гидрофильного материала. В свою очередь добавление в композит цемента приводит к возрастанию величины этого показателя.

Коэффициент теплопроводности исследованных композитов примерно в три раза меньше таковых для сплошных полимерных материалов [7] и в три раза больше коэффициентов теплопроводности пенопластов [8, 9]. Коэффициент звукопоглощения при этом незначительно изменяется в пределах изученных рецептурных составов и по величине лежит в области коэффициентов звукоизоляции обычно применяемых для этих целей материалов [10].

Таким образом, по основным физико-механическим показателям разработанные материалы вписываются в рамки традиционных теплозвукоизоляционных материалов и могут быть использованы для этих целей.

Для получения материалов на основе бумажной макулатуры и отходов производства линолеума в виде листов толщиной 4–10 мм может быть применена технологическая схема, представленная на рисунке.

Согласно этой схеме бумажная макулатура подвергается измельчению в измельчителе типа дисмембратора или дезинтегратора и поступает в емкость для приготовления водной пульпы. Длинномерные обрезные отходы линолеума предварительно измельчаются на любом режущем оборудовании или дробильных вальцах и затем подвергаются окончательному измельчению – распушке

в измельчителе роторного типа (дисмембраторе или дезинтеграторе). Полученная масса дозируется в смесительную емкость с водной бумажной пульпой. Сюда же поступают необходимые целевые добавки (древесная пыль, цемент, гипс и пр.). Полученная смесь распределяется слоем необходимой толщины на перфорированном поддоне, где происходит слив воды. Затем полученный слой смеси отжимается от излишков воды и размещается в межплитном пространстве многоэтажного обогреваемого пресса. Плиты пресса должны быть снабжены дренажным слоем в виде мелкоячеистой металлической сетки для удаления остатков влаги в процессе прессования. Прессование осуществляется при температуре 130–140°C и давлении 10–15 МПа в течение 30–40 мин. Полученные листы выгружаются из пресса, кромки листов обрезаются, и они поступают на завершающие операции.

В заключение следует отметить, что производство листового теплозвукоизоляционного материала целесообразно организовывать непосредственно на предприятиях по изготовлению линолеума.

#### Список литературы

1. Белоусов Е.Д. Облицовка синтетическими материалами. М.: Высшая школа, 1975. 271 с.
2. Голант Ш.Н. Применение эффективных материалов при ремонте жилых и общественных помещений. М.: Стройиздат, 1979. 136 с.
3. Научные исследования в области повышения качества ограждающих строительных конструкций / Под ред. К.В. Панферова. М.: Стройиздат, 1982. 228 с.
4. Базганова Н.С., Шамов И.В., Турецкий Л.В. // Пластические массы. 1977. № 5 С. 48–49
5. Романенков И.Г. Физико-механические свойства пенных пластмасс. М.: Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР. 1970.
6. Шамов И.В., Селиверстов П.И. / В кн. Методы физико-механических испытаний пенопластов. М.: НИИТЭХИМ, 1976. С. 4.
7. Промышленные полимерные композиционные материалы / Под ред. М. Ричардсона / Пер. с англ. М.: Химия, 1980. 472 с.
8. Дутьнев Г.Н., Заричняк Ю.П. Теплопроводность смесей и композитных материалов. Л.: Энергия, 1974. 264 с.
9. Дементьев А.Г., Тараканов О.Г. Структура и свойства пенопластов. М.: Химия, 1983. 171 с.
10. Справочник строителя-отделочника / П.Н. Швеиц и др. Киев.: Будівельник. 1974



Технологическая схема изготовления листового бумажно-волоконистого материала

## Жаростойкий газобетон на основе щелочного алюмосиликатного связующего

Современный уровень технологии требует увеличения интенсивности процессов, проходящих в высокотемпературном промышленном оборудовании наряду с увеличением энерго- и ресурсоэффективности производства. Продление срока службы основных агрегатов, сокращение ремонтного цикла и увеличение межремонтного периода работы такого оборудования при этом неизбежно вызывают ужесточение требований к жаростойким материалам.

Жаростойкие теплоизоляционные материалы используются в качестве конструкционно-теплоизоляционных материалов при строительстве и реконструкции высокотемпературных агрегатов, что способствует снижению потерь тепла и, следовательно, его аккумуляции. Благодаря этому достигается не только экономия энергии, но и повышается качество продукции за счет обеспечения устойчивой равномерности внутривспечной температуры, увеличивается выход кондиционной продукции и улучшаются условия труда, что делает возможным значительное повышение производительности.

Вместе с тем традиционные жаростойкие конструкционно-теплоизоляционные материалы (перлитоглиноземистые, керамомермикулитовые, облепеченные шамотные, пенокорундовые, пенодинасовые и др.) требуют использования как дефицитного сырья, так и сложной энергоемкой технологии изготовления, включающей неоднократное нагревание сырья и полуфабрикатов до высокой температуры.

Перспективным путем решения указанной проблемы является использование ячеистого бетона – наиболее эффективного конструкционно-теплоизоляционного материала. Однако обычный ячеистый бетон характеризуется низкой жаростойкостью, обусловленной деструктивным характером дегидратации цементного камня на основе традиционных вяжущих. В связи с этим был сделан вывод о целесообразности использования для производства жаростойкого ячеистого бетона эффективного жаростойкого вяжущего – щелочного алюмосиликатного связующего.

Щелочное алюмосиликатное связующее – новый вид гидравлических вяжущих веществ, разработанный в Государственном научно-исследовательском институте вяжущих веществ и материалов им. В.Д. Глуховского (Киев, Украина) [1]. Особенностью этого связующего является преобладание в составе новообразований неорганических полимерных структур – аналогов природных цеолитов [2], что предопределяет как высокую долговечность [3], так и высокие эксплуатационные свойства материалов на его основе – прочность, жаростойкость [4] и др. Кроме того, данное связующее характеризуется экологической чистотой и высокой технологичностью, то есть свойства материалов на его основе можно регулировать в широких пределах.

Для получения жаростойкого газобетона использованы:

– щелочное алюмосиликатное связующее на основе метакеолина,

жидкого стекла и в случае необходимости добавок (NaOH, KOH, микрокремнезема, клинкера);

– наполнители – молотый кварцевый песок и низкокальциевые золы-уноса Бурштынской и Трипольской ГРЭС; газообразователь – алюминиевая пудра.

Изучение свойств материала проводили по традиционным для данного класса материалов методикам. В качестве комплексной характеристики газобетона был принят коэффициент конструктивного качества (ККК).

Известно, что условием получения газобетона является синхронизация процессов газовыделения и схватывания ячеистобетонной смеси. Однако в условиях высокой щелочности дисперсионной среды алюминиевая пудра бурно реагирует со щелочью, и газовыделение практически заканчивается через 15–30 мин после затворения, то есть до набора достаточной структурной прочности для фиксации ячеистой структуры материала, что вызывает оседание газобетона.

В связи с этим возникла необходимость ускорения сроков схватывания связующего. В ходе проведенных исследований была обоснована целесообразность управления сроками схватывания и соответственно процессом структурообразования следующими способами [6]: введением в состав связующего наряду с  $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$ ; подбором оптимальной текучести исходной смеси; введением добавки – регулятора процессов структуро-

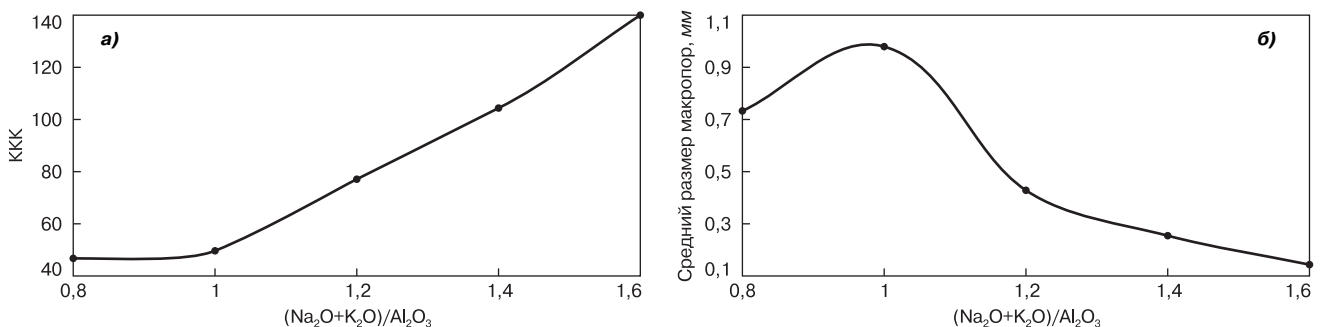


Рис. 1. Влияние содержания щелочей в составе связующего на ККК (а) и средний размер макропор (б) газобетона

### Физико-механические свойства газобетона

образования — порглицментного клинкера; выдерживания смеси в формах при определенной температуре для моделирования условий, создающихся при схватывании в ячеистобетонной массе.

После набора достаточной пластической прочности образцы газобетона направляли на пропаривание или автоклавирование. В ходе исследований был получен газобетон средней плотностью 400–1000 кг/м<sup>3</sup> и ККК до 140 (то есть при средней плотности, например, 600 кг/м<sup>3</sup> прочность достигает 5 МПа).

При этом было отмечено, что состав связующего влияет на прочностные свойства и характер пористости материала (рис. 1). В частности, при увеличении содержания в составе смеси щелочных оксидов увеличивается ККК газобетона, а средний размер пор резко уменьшается, причем поверхность пор приобретает глянцевый блеск, свидетельствующий о высокой прочности межпоровых перегородок [5].

Таким образом, была показана возможность управления свойствами материала путем изменения состава связующего [6]. В частности, при использовании связующего с низким содержанием щелочных оксидов (рис. 2 а) в структуре газобетона преобладают крупные сообщающиеся поры, что открывает возможность его использования в качестве звукоизоляционного материала. В то же время при повышении содержания щелочных оксидов наблюдается тенденция к образованию системы мелких замкнутых пор (рис. 2 б, в, г), обуславливающих, в частности, высокую прочность и малую проницаемость материала.

Для дальнейших исследований был выбран базовый состав связующего, характеризующийся соотношением оксидов (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=1,2. На основе выбранного состава связующего была проведена оптимизация состава и технологических параметров получения газобетона [6, 7]. Было установлено, что для получения газобетона средней плотностью

Характеристика состава		Физико-механические свойства		
Наполнитель	Условия ТВО	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа	ККК
Молотый кварцевый песок	пропаривание	484	2,86	122
	автоклавирование		3,14	134
Зола-унос Бурштынской ГРЭС	пропаривание	453	1,99	97
	автоклавирование		2,24	109
Зола-унос Трипольской ГРЭС	пропаривание	415	1,81	105
	автоклавирование		1,96	114

400–500 кг/м<sup>3</sup> с использованием в качестве наполнителя как молотого песка, так и золы; оптимальное количество наполнителя составляет 1:1 к связующему по массе сухих компонентов; оптимальным количеством клинкера является 13 % от массы сухих компонентов связующего. Оптимальная температура предварительного выдерживания 70°С.

Кроме того, было отмечено, что газобетон на основе щелочного алюмосиликатного связующего и золы-уноса как наполнителя характеризуется высокой жаростойкостью: остаточная прочность газобетона после обжига при температуре 800°С достигала 107%. Таким образом, была установлена возможность использования такого газобетона в качестве жаростойкого конструкционно-теплоизоляционного материала.

Формирование структуры жаростойкого газобетона на основе щелочного алюмосиликатного связующего проходит в две стадии. На первой стадии при использовании низкотемпературной тепловой обработки (пропаривания, автоклавирования) создается ячеистая макроструктура материала и прочная первичная микроструктура, основу которой составляют гидратные неорганические полимерные структуры — аналоги природных цеолитов.

Вторая стадия структурообразования может быть проведена в процессе эксплуатации материала при первом нагревании изделий до рабо-

чей температуры. На этой стадии макроструктура материала практически не изменяется, а основа микроструктуры — гидратные новообразования перекристаллизуются в безводные без значительного изменения объема и соответственно без разрушения каркаса. Это позволяет получать жаростойкий газобетон без применения высокотемпературной тепловой обработки (ТВО), характерной для традиционных жаростойких материалов, что позволяет резко снизить стоимость материала по сравнению с аналогами.

Для исследования влияния вида наполнителя и ТВО на свойства материала были изготовлены шесть составов газобетона на основе базового, которые отличались видом наполнителя и видом примененной ТВО. Результаты исследований представлены в таблице.

Как видно из таблицы, средняя плотность и прочность газобетона в зависимости от вида наполнителя уменьшается в ряду: молотый кварцевый песок > зола-унос Бурштынской ГРЭС > зола-унос Трипольской ГРЭС. Автоклавированные образцы по своим характеристикам превосходят пропаренные. Образцы газобетона характеризуются водостойкостью в пределах 80–95%.

Для проведения исследований жаростойкости газобетона полученные образцы были обожжены при температуре 400–1000°С. Результаты исследований приведены на рис. 3.

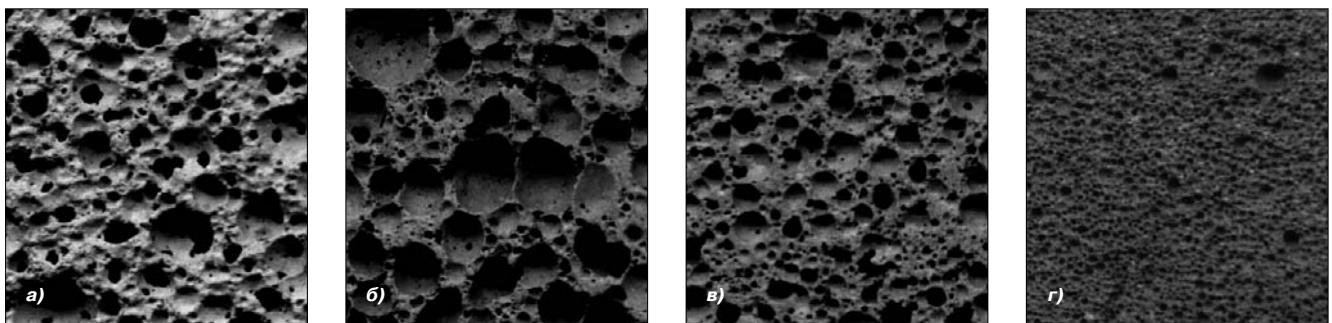
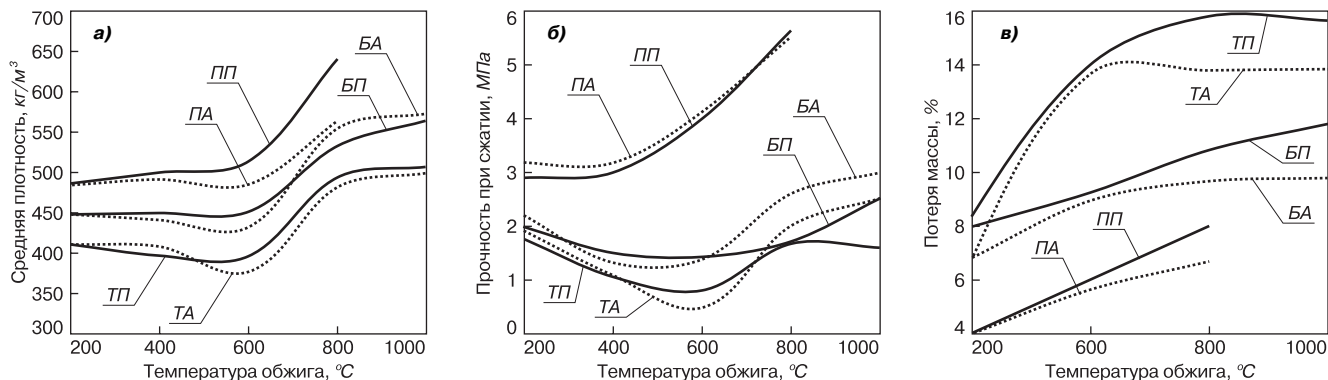


Рис. 2. Пористая структура газобетона на основе щелочного алюмосиликатного связующего с (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,8 (а); 1 (б); 1,2 (в); 1,8 (г). Увеличение в 7,5 раз





**Рис. 3.** Влияние вида наполнителя (П – молотого песка, Б – золы-уноса Бурштынской и Т – Трипольской ГРЭС), вида ТВО (П – пропаривания, А – автоклавирования) и температуры обжига на свойства газобетона: среднюю плотность (а), прочность при сжатии (б) и потерю массы (в)

Нагревание газобетона на основе молотого кварцевого песка сопровождается увеличением прочности конгломерата, но вместе с тем и трещинообразованием вследствие полиморфных превращений кварца, исключающих использование такого материала при температурах выше 400°C. При нагревании такого материала до 1000°C происходит оплавление и полное разрушение структуры.

При нагревании газобетона на основе золы-уноса до 600°C средняя плотность образцов медленно снижается, что вызвано в первую очередь удалением связанной воды. Это согласуется с результатами ранее проведенных исследований [2, 8], по которым в таких системах инициируется образование цеолитоподобных соединений типа анальцима, характеризующихся удалением связанной воды без разрушения каркаса до температуры около 600–700°C, после чего происходит перекристаллизация.

Дегидратация газобетона при температуре до 600°C не сопровождается перестройкой или разрушением каркаса (средняя плотность не возрастает, трещинообразование практически отсутствует), но способствует возникновению структурных напряжений, приводящих к некоторому снижению прочности. Усадка пропаренных образцов при температуре 400–600°C медленно возрастает, а автоклавированных стабилизируется в пределах 2%.

При нагревании до 600°C материал теряет большую часть связанной воды. Выгорание остатков угля в составе золы приводит к большим потерям массы, особенно для образцов на основе высокоуглеродистой Трипольской золы, что тем не менее не сопровождается резким увеличением усадки. Поэтому основной причиной усадки является дегидратация и последующая перекристаллизация новообразований, выгорание же остатков угля здесь играет второстепенную роль.

При нагревании материала в диапазоне 600–800°C происходит перекристаллизация дегидратированных новообразований в стабильные при такой температуре щелочные алюмосиликаты, а также начинается спекание материала. Эти процессы сопровождаются уплотнением структуры, приводящей к увеличению средней плотности материала и росту прочности.

При температуре 800°C также практически заканчивается выгорание остатков угля в составе золы.

При увеличении температуры до 1000°C происходит стабилизация потери массы материала, средняя плотность и прочность при этом медленно возрастают вследствие конструктивного характера протекания процесса спекания конгломерата. При этом прочность автоклавированных композиций выше, а усадка и потеря массы меньше аналогичных показателей пропаренных.

Согласно данным рентгенофазового анализа состав новообразований жаростойкого газобетона после нагревания до 1000°C представлен безводными щелочными и щелочноземельными алюмосиликатами – аналогами фельдшпатоидов нефелина и лейцита, а также плагиоклаза, близкого по составу к природному лабрадору. Образование аналогов природных минералов свидетельствует о стабильности синтезируемого камня [3].

Таким образом, предложена технология получения жаростойкого (до 1000°C) газобетона на основе щелочного алюмосиликатного связующего и золы-уноса, не требующая применения дефицитного сырья и высокой температуры, характерных для традиционных материалов такого класса, что значительно снижает стоимость материала в сравнении с аналогами. Разработанный материал по своим свойствам не уступает традиционным ячеистым бетонам, превосходит их по жаростойкости и имеет намного меньшую стоимость, чем легковесные огнеупоры.

### Список литературы

1. Krivenko P. Alkaline cements: Terminology, classification, aspects of durability // Proc. 10th Intern. Congress on the Chemistry of Cement. Goteborg, Sweden, 1997. P. 4iv046.
2. Кривенко П.В., Петропавловский О.Н., Мохорт Н.А., Попель Г.Н. Физико-химические основы получения композиционных материалов на основе геоцементов для реставрационных работ // Материалы международного симпозиума. RUR '98 «Реставрация, реконструкция и урбоэкология». Одесса, 1998. С. 260–268.
3. Krivenko P.V. Alkaline cements and concretes: Problems of durability // Proc. Second Intern. Conf. «Alkaline Cements and Concretes». Kyiv, Ukraine, 1999. P. 3–43.
4. Кривенко П.В., Бродко О.А., Мохорт Н.А. Теплоизоляционные огнеупорные материалы на основе муллитокремнеземистого волокна и щелочного алюмосиликатного связующего // Будівництво України. 1996. № 6. С. 31–34.
5. Основы технологии отделочных, тепло- и гидроизоляционных материалов / В.Д. Глуховский, Р.Ф. Рунова, Л.А. Шейнич, А.Г. Гелевера. К.: Вища школа, 1986. 303 с.
6. Kovalchuk, G. An alkaline aluminosilicate gas concrete // Proc. Second Intern. Conf. «Alkaline Cements and Concretes». Kyiv, Ukraine, 1999. P. 279–290.
7. Ковальчук Г.Ю. Дослідження жаростійкості газобетону на основі лужного алюмосилікатного зв'язуючого // Будівництво України. 2000. № 4. С. 21–24.
8. Гидратационно-дегидратационный процесс получения искусственного камня на основе щелочных алюмосиликатных связок / П.В. Кривенко, Ж.В. Скурчинская, Л.Е. Демьянова, Е.Г. Бобунова // Цемент. 1993. № 3. С. 39–40.

В.Н. БУРМИСТРОВ, Ю.А. ЛАПИН (ВНИИСтром им. П.П. Будникова)

## **К вопросу строительства заводов керамического кирпича малой мощности**

Создание новых высокоэффективных и малозатратных технологических процессов получения традиционного керамического кирпича в настоящее время весьма актуально. Отдача от такой работы при правильном выборе направления и высоком уровне выполнения может быть значительной.

В современных условиях рациональная область применения керамического кирпича меняется — вместо стенового теплозащитного материала он все чаще используется как один из элементов слоистых конструкций и комбинированных кладок, выполняющих ограждающие и несущие функции. Отсюда следует, что одним из обоснованных направлений дальнейшего развития кирпичной подотрасли является увеличение выпуска лицевого кирпича и расширение его цветового ассортимента.

Конкурентная борьба на отечественном строительном рынке побуждает действующие кирпичные заводы к выпуску лицевой продукции с высокими эстетическими характеристиками и низкими издержками производства.

Что касается выпуска местных эффективных стеновых материалов, то их дефицит возможно удовлетворять в основном за счет строительства заводов по производству неавтоклавных пенобетонных блоков мощностью до 20 тыс. м<sup>3</sup> в год. Коэффициент теплопроводности пенобетонных блоков в 4,5–5,5 раза ниже по сравнению с показателем керамического кирпича, а отпускная цена значительно меньше, что делает их доступными для населения с низким уровнем дохода.

С учетом изложенного и следует рассматривать строительство заводов керамического кирпича, в том числе и малой мощности.

В последнее время на страницах журнала, в том числе [1], опубликован ряд статей ООО «Инта» (г. Омск) по организации производства кирпича на заводах малой мощности с использованием созданного кирпично-делательного комплекса ШЛ.

В основу разработки комплекса взят способ подготовки пресс-порошка в едином сушильно-помольном агрегате, компрессионного прессования сырца и метод тепловой обработ-

ки (сушки и обжига) его под постоянным давлением в шахтной печи. В публикациях отмечается, что головной образец комплекса испытан в пос. Серебряные Пруды Московской области. К освоению этого производства были привлечены и специалисты нашего института. Результаты испытания сушильно-помольного агрегата для глины и шахтной печи по определению их производительности, эффективности работы, режимов, обеспечивающих получение качественной продукции, привели к необходимости исправления конструктивных недостатков и просчетов.

Рассмотрим некоторые основополагающие положения разработчиков проекта.

Еще 10–12 лет назад во ВНИИСтроме был разработан и успешно внедрен на ряде заводов модернизированный способ формования сырца. Способ предусматривает предварительную грануляцию рыхлого глинистого сырья перед сушильным барабаном (для обеспечения повышения однородности по размерам и влажности кусков, снижения потерь с выносами), механическую активацию массы в стержневом смесителе конструкции ВНИИСтрома (в целях гомогенизации, уплотнения и частичной грануляции порошковых масс), формование сырца со сквозными пустотами (для улучшения структуры и повышения морозостойкости кирпича).

Авторам нового проекта необходимо было объективно оценить работу альтернативного технического решения с целью выявления слабых мест и внесения усовершенствований при обработке сырья и подготовке пресс-порошка. К сожалению, предложенная схема не учитывает положительный опыт современных отечественных заводов полусухого прессования кирпича, что вызывает сомнение в возможности получения кирпича, отвечающего требованиям отечественного рынка. Более того, предусматривается применение агрегатов для приготовления пресс-порошка, работоспособность которых, как показал опыт освоения комплекса в пос. Серебряные Пруды, вызывает большие сомнения.

В опубликованных работах не приведены даже технологические ас-

пекты рекомендуемого оборудования для приготовления пресс-порошка. Не меньшее значение для жизнеспособности конструкции созданных агрегатов имеют их эксплуатационные характеристики.

Вызывает удивление утверждение автора об экономической целесообразности выпуска полнотелого кирпича, что подтверждается практикой работы действующих производств. Во-первых, полнотелый кирпич полусухого прессования имеет пониженные показатели по морозостойкости. Именно это обстоятельство и послужило основанием для усовершенствования линии приготовления пресс-порошка и формования сырца со сквозными отверстиями. Во-вторых, расход топлива на обжиг полнотелого кирпича выше по сравнению с пустотелым. Каждые 10% пустотности снижают расход топлива в среднем на 7%.

Утверждение автора о предпочтительности полнотелого кирпича, очевидно, предопределено особенностями принятой схемы транспортно-укладочного и разгрузочного оборудования и обжигом сырца в шахтной печи, диктующих необходимость повышения сырьевой прочности кирпича.

Без достаточных теоретических обоснований автор предлагает осуществлять регулируемый режим термической обработки сформованного сырца в шахтной печи. Если бы автор четко доказал, что этот тип теплового агрегата обеспечивает получение качественной продукции при минимальных затратах тепла, многие вопросы были бы сняты.

К сожалению, в статье отсутствуют рекомендации по осуществлению управляемого технологического процесса обжига сырца.

Окончательную оценку работе можно будет дать, когда хотя бы один из построенных заводов освоит свою мощность и достигнет заявленных технико-экономических показателей.

### **Литература**

1. Шлегель И.В. Комплекс ШЛ-300 — кирпичный завод третьего поколения // Строит. материалы. 2001. № 2. С. 8–9.



## О развитии жилищной реформы

В мае 2001 г. в Москве, в Государственном Кремлевском дворце прошло Всероссийское совещание «Десятилетие жилищных реформ как основа дальнейших преобразований в жилищной сфере Российской Федерации».

Десять лет — срок немалый даже в историческом аспекте кардинальных преобразований в политике, экономике, социальной жизни. К началу жилищных реформ в стране был накоплен большой комплекс сложных проблем в области жилищного строительства и жилищной политики, тесно связанных с развитием преобразований в обществе.

Потребовалось разрабатывать и апробировать новые подходы к решению этих проблем на территории огромной страны, отдельные регионы которой имеют свои особенности и трудности.

Федеральная целевая программа «Жилище» на 2002–2010 годы является продолжением и развитием программных мероприятий по преобразованиям в жилищной сфере Российской Федерации, начатым в рамках реализации государственной целевой программы «Жилище» и Основных направлений нового этапа реализации государственной целевой программы «Жилище».

В ходе реализации жилищной реформы в стране Государством России совместно с другими федеральными органами исполнительной власти и органами исполнительной власти субъектов Российской Федерации были созданы правовые и организационные основы государственной жилищной политики, определены приоритетные направления и отработаны механизмы ее реализации.

Было принято и действует более 230 законодательных и иных нормативных правовых актов, связанных с обеспечением прав собственности в жилищной сфере, жилищным строительством, жилищно-коммунальным хозяйством и сделками в жилищной сфере в условиях развивающихся рыночных отношений.

Реализация федеральной целевой программы «Жилище» на 2002–2010 годы предусмотрена в два этапа. 1-й этап 2002–2005 годы, 2-й этап — 2006–2010 годы.

В ней поставлен ряд основных задач: обеспечение устойчивого и эффективного функционирования и развития жилищно-коммунального комплекса, усиление адресной социальной поддержки населения в оплате жилья и коммунальных услуг; развитие эффективного рынка жилья и финансовых механизмов, обеспечивающих доступность приобретения жилья для различных категорий граждан, создание эффективных экономиче-

ских механизмов притока частных инвестиций в жилищное строительство; обеспечение жильем за счет средств федерального бюджета отдельных категорий граждан в наиболее эффективной форме в соответствии с объемом государственных обязательств.

Основным направлением реализации жилищной программы и отдельных ее этапов был выбор технической политики, связанной с удешевлением квадратного метра жилья, с тем чтобы население могло удовлетворять свои потребности.

В течение ряда лет реализовывалась федеральная программа «Свой дом». Концепция федеральной программы содержала разделы анализа, перспективы инвестиционной политики, вопросы градостроительства, законодательной и нормативной базы, различные аспекты архитектурно-строительных систем, базы домостроения.

Ожидалось, что внедрение новых технологий позволит уменьшить энергоемкость, материалоемкость и трудовые затраты на выпускаемую продукцию на 25–30%, сократить сроки строительства и снизить эксплуатационные расходы на 20%, то есть сократить инвестиционные затраты в 1,5 раза.

В системе финансирования жилищного строительства за истекшие годы произошли радикальные изменения. Основную роль инвесторов стали играть частные и индивидуальные застройщики. Доля жилья, вводимого государственными и муниципальными предприятиями и организациями, сократилась с 80% в 1990 г. до 19% в 2000 г., в том числе доля предприятий федеральной собственности — до 7,5%. При этом доля предприятий и организаций частной формы собственности и индивидуальных застройщиков в общем объеме строительства составляет уже более 60%, в том числе доля жилья, вводимого индивидуальными застройщиками, увеличилась с 1999 по 2000 г. более чем в 4 раза и достигла почти 43%.

Изменилась форма участия бюджетов в жилищном финансировании. Приоритетной формой участия федерального бюджета была признана поддержка отдельных категорий граждан, перед которыми государство несет определенные обязательства в решении их жилищных проблем, через предоставление им субсидий на приобретение жилья.



Практика показала, что наиболее эффективной формой реализации государственных обязательств перед гражданами является предоставление бюджетных субсидий на приобретение жилья через механизм государственных жилищных сертификатов. В наиболее последовательном виде этот подход реализован в федеральной целевой программе «Государственные жилищные сертификаты», которой присвоен статус Президентской.

Вместе с тем по-прежнему существует проблема недостаточных объемов жилищного строительства и его несоответствие платежеспособному спросу населения.

Развитие строительного комплекса и жилищного строительства, в частности, теснейшим образом связано с наличием экономичных, технологичных строительных материалов, обеспечивающих реализацию современных конструктивных решений домов и формирующих оптимальную цену 1 м<sup>2</sup> жилья различных категорий.

Объем нового жилищного строительства в последние годы составляет 30–32 млн. м<sup>2</sup> ежегодно, или 41–44% от объемов ввода 1987 г. Основной причиной этого являются ограниченные возможности привлечения прямых государственных, муниципальных и частных инвестиций и недоступность кредитных ресурсов. Медленно внедряется система кредитования жилищного строительства.

Не решена задача, поставленная в федеральной целевой программе «Свой дом», по которой за счет использования более эффективных строительных технологий и материалов стоимость 1 м<sup>2</sup> общей площади жилья не должна превышать 2-месячного среднего денежного дохода на душу населения. В среднем по России стоимость 1 м<sup>2</sup> жилья на первичном рынке в 2–3 раза выше установленного целевого показателя.

Жилищное строительство, эксплуатация и реконструкция жилого фонда теснейшим образом связаны с жилищно-коммунальным хозяйством.

На совещании обсуждались конкретные задачи повышения устойчивости и надежности функционирования жилищно-коммунальных систем жизнеобеспечения населения, привлечения инвестиций в жилищно-коммунальный комплекс. Уделялось внимание адресной социальной защите населения в оплате жилищно-коммунальных услуг.

В течение многих лет в стране не было достаточного финансирования капитального ремонта и реконструкции жилого фонда и коммунальной инфраструктуры. В результате износ коммунальной инфраструктуры составляет более 60%, около четверти основных фондов отслужили свой срок. Число аварий выросло за 10 лет примерно в 5 раз. Объем ветхого и аварийного жилищного фонда составляет около 50 млн. м<sup>2</sup>, оценка потребности средств для его ликвидации около 160 млрд р.

Огромный объем задолженности в жилищно-коммунальном хозяйстве обусловлен в основном невыполнением своих обязательств бюджетами всех уровней. Задолженности в ЖКХ являются началом цепочки неплатежей, которая охватывает практически все отрасли экономики. Проблема переросла местные, региональные и отраслевые рамки и требует участия федерального центра с использованием программно-целевого подхода.

В перспективе в состав федеральной целевой программы «Жилище» войдет федеральная целевая программа «Реформирование и модернизация жилищно-коммунального комплекса Российской Федерации».

Обеспечение финансовой стабильности предприятий жилищно-коммунального комплекса предусматривает решение основных задач: реструктуризацию и ликвидацию задолженности предприятий и ликвидацию дотационности ЖКХ, обеспечение стабильности и достаточности текущего финансирования предоставляемых жилищно-коммунальных услуг.



## **«ВэйстТэк-2001» 2-я Международная выставка и Конгресс по управлению отходами**

5–8 июня 2001 г. в Мэрии Москвы состоялись 2-я Международная выставка и Конгресс по управлению отходами. Организаторами форума выступили Министерство природных ресурсов, Министерство промышленности, науки и технологий, Госстрой, Правительство Москвы и «Фирма СИБИКО Интернэшнл» при официальной поддержке Международной ассоциации по твердым отходам (ISWA), Комитета по экологии Государственной Думы Федерального Собрания России, Московской городской Думы.

Сокращенное название Конгресса и выставки по управлению отходами ВэйстТэк (WasteTech) образовано от английских слов waste (отходы) и technology (технология).

Впервые форум «ВэйстТэк» состоялся в Москве в сентябре 1999 г. На 2-м Конгрессе около 300 специалистов из 20 зарубежных стран обсуждали вопросы сбора и утилизации различных видов отходов.

Активное участие в подготовке и проведении конгресса по управлению отходами принимает Правительство Москвы (управление жилищно-коммунального хозяйства, департамент окружающей среды, департамент промышленности и науки, управление транспорта и связи). Предприятия и организации Московского региона являются постоянными участниками конгресса и выставки: ГУП «Экотехпром», ГП «Промотходы», ГУП «Мосэкопром», ФПК «Сатори» и др. Это не удивительно, ведь Москва является не только самым большим городом России, но и одним из крупнейших мегаполисов мира.

Московский регион стал своеобразным полигоном по отработке различных технологий использования и

утилизации отходов, которые представляют большой интерес и для других городов. В связи с этим в рамках конгресса прошло заседание секции «Экология города» Союза российских городов.

Вопросы сбора и утилизации различных отходов волнуют не только специалистов-экологов, муниципальных власти и работников жилищно-коммунального хозяйства. Эта проблема касается практически всех жителей страны, ведь от решения проблемы отходов зависит, превратятся через 30–40 лет пригороды в свалки мусора или наши города по-прежнему будут окружать сады, поля и леса.

В России накоплено более 80 млрд т отходов различного типа, в том числе экологически опасных. В то же время стремительно сокращаются невозобновляемые природные ресурсы. При этом значительная часть отходов может быть превращена во вторичное сырье и материалы. Поэтому эффективное использование отходов производства и потребления решает не только экологические, но и ресурсные задачи.

Во всем мире проблемы отходов давно глубоко и всесторонне изучаются, разрабатываются и внедряются новые технологии, которые не только предотвращают загрязнение окружающей среды, но и становятся привлекательными для бизнеса. Однако только общественной сознательностью и доброй волей эти вопросы не решаются нигде. Основой реализации экологической стратегии любой страны становится законодательная и правовая база. Государство цивилизованно вынуждает организации и предприятия заниматься «мусорными» проблемами.

Российская законодательная база в сфере обращения отходов развита явно недостаточно. Отсутствуют работоспособные правовые механизмы, которые бы сделали сбор и утилизацию отходов более выгодным, чем накопление и безответственное складирование, нет стимула внедрять малоотходные технологии производства и использовать отходы в качестве вторичного сырья. Производственные предприятия часто сталкиваются с ситуацией, когда при проявлении малейшего интереса к отходам другого предприятия последние немедленно из отходов превращаются в «концентрат» с соответствующей ценой. Трудно развиваться в этом секторе экономики среднему и малому бизнесу.

В нашей стране к настоящему времени накоплен значительный потенциал ресурсосбережения. Только в энергопотреблении можно экономить 40–45%. Треть этих ресурсов сосредоточена в энергетике и теплоснабжении, еще треть возможной экономии — в промышленности, порядка 20% — в коммунально-бытовом секторе и 10% — на транспорте. Аналогичная ситуация сложилась и с другими природными ресурсами. Особенности обращения отходов и ресурсосбережения рассматривались на секциях «Твердые бытовые отходы», «Промышленные отходы», специализированных круглых столах и семинарах. При содействии Международной ассоциации по твердым отходам состоялись учебные курсы по полигонам.

Огромным ресурсом являются отходы строительной отрасли. По данным Европейской ассоциации по сносу зданий, созданной в 1976 г., ежегодно на планете образуется около 2,5 млрд т строительных отходов, в том числе в Европе — 180 млн т. Решить экологические и экономические проблемы, возникающие с образованием такого количества отходов, возможно только путем организации масштабной отрасли переработки.

В числе пионеров отрасли переработки строительных отходов в России — московская фирма «Сатори». В своем докладе на Конгрессе заместитель директора ООО «ФПК Сатори» В.З.Суханова отметила, что образование строительных отходов в Москве начало стремительно увеличиваться в 1994–1995 гг. в связи с подъемом строительства.

В настоящее время в Москве ежегодно образуется около 900 тыс. т строительных отходов. В основном это отходы, образующиеся при сносе пятиэтажного и ветхого жилья в рамках программы Правительства Москвы. В 2000 г. было снесено 169 таких домов, в 2001 г. будет снесено 256 домов. Большое количество отходов образуется в результате вывода промышленных предприятий из исторического центра и при строительстве третьего транспортного кольца.

В 1995 г. фирма «Сатори» установила в г. Долгопрудном первую дробильно-сортировочную установку «Parker plant». Было начато производство бетонного и кирпичного щебня различных фракций. Это стало выгодным направлением бизнеса, так как спрос на вторичный щебень достаточно высок, а его стоимость примерно на 40% ниже стоимости первичного гранитного щебня. Таким образом, фирме «Сатори» удалось замкнуть цепочку «снос строений — вывоз строительного мусора — переработка строительных отходов».



На производственной площадке фирмы «Сатори» (Москва) отходы превращаются в доходы

В 2001 г. фирма «Сатори» стала первой российской фирмой — членом Европейской ассоциации по сносу зданий, которая объединяет более 50 фирм из 17 стран мира. Обмениваясь опытом с западными коллегами, специалисты фирмы «Сатори» убедились, что совершенствование технологии и законодательства позволит достигнуть высокого уровня переработки строительных отходов. Например, Дания, Нидерланды, Швеция в настоящее время перерабатывают более 90% таких отходов. Своими производственными достижениями фирма «Сатори» подтверждает, что, развивая отрасль переработки строительных отходов, можно существенно улучшить экологическую ситуацию в городе и повысить эффективность работ по реконструкции городской застройки.

В рамках Конгресса проводилась специализированная выставка, на которой были представлены современные технологии сбора, сортировки, переработки и захоронения отходов, различное контрольно-измерительное и технологическое оборудование и др. Свои разработки и продукцию продемонстрировали 150 компаний, в том числе 15 инофирм.

Херсонская фирма «Биолог» (Украина) демонстрировала новый жесткий кровельный материал «Биолайн». Его производят с использованием отходов полиэтилена и сельскохозяйственного производства (шелухи проса, риса и др.). Германская фирма «Ромекс» предложила вниманию посетителей ряд специальных геотекстильных и гидроизоляционных материалов для строительства полигонов бытовых и специальных отходов.

Среди трех тысяч посетителей выставки — представители органов управления различного уровня, специалисты компаний, занимающихся переработкой отходов, сотрудники научно-исследовательских и проектных институтов, российские и зарубежные предприниматели.

Тема Конгресса и выставки «ВэйстТэк» актуальна не только для специалистов, но и для всех граждан, кому не безразлично экологическое будущее нашей страны. Это обусловило высокий интерес СМИ к мероприятию. Около 40 изданий, включая зарубежные, участвовали в информационной поддержке и освещении работы «ВэйстТэк-2001».

Участники Конгресса отметили, что наиболее правильные решения в области управления отходами могут быть выработаны только объединением усилий отраслевой науки, производителей и потребителей природоохранных услуг и при условии открытого обсуждения имеющихся в отрасли проблем. Международный Конгресс и техническая выставка «ВэйстТэк» дают возможность представить наиболее прогрессивные решения существующих проблем в области окружающей среды и обеспечить международный обмен технологиями. Следующий Конгресс и выставка «ВэйстТэк-2003» состоится 3–6 июня 2003 г. в Москве.

*Е.И. Юмашева*

## Ассоциация «СИНТЭС» подводит итоги «первой пятилетки»

В январе 1997 г. в Переславле-Залесском на базе ОАО «Переславльстрой» и СП «Радослав» при поддержке Госстроя России, администраций Переславля-Залесского и Ярославской области, ОАО «Россевзапстрой», ТСО «Ярославльстрой» и Ярославского отделения Союза строителей России была создана некоммерческая ассоциация «СИНТЭС» (Строительство. Новые технологии. Энергосбережение), учредителями которой выступили строительные организации Переславля, Ярославля, Костромы, Московской области и других регионов. За прошедший период заметно расширилась география членов ассоциации. К ним присоединились фирмы из Санкт-Петербурга, Рязани, Нижнего Новгорода, Тулы, Сыктывкара, Владимира, Казани, Ивановы, Череповца, Тюмени, Владивостока, Радфорда (США), Одессы (Украина), Астаны (Казахстан). Заявила о своем намерении вступить в члены ассоциации фирма из германского города Некарбишофсхайма, которая намерена в перспективе создать у себя производство термоструктурных панелей.

Основная идея ассоциации была отражена в ее названии. Совместными усилиями члены ассоциации решают следующие задачи:

- участие в федеральных, региональных, муниципальных и других программах по энергосбере-

жению, строительству жилья нового поколения, реконструкции базы стройиндустрии и жилищно-коммунальной реформе;

- освоение новых технологий, оборудования;
- строительство экспериментальных объектов;
- проведение симпозиумов, конференций, семинаров по проблемам энергосбережения, экологии;
- непрерывное образование строительных кадров;
- содействие информационному обмену, обеспечению информационной поддержки фирм, входящих в ассоциацию;
- проведение совместных рекламных-маркетинговых мероприятий;
- привлечение инвестиционных ресурсов на приоритетных направлениях;
- разработка и реализация совместных проектов по строительству современных домов с применением новых эффективных материалов и технологий;
- организация обучения и повышения квалификации сотрудников фирм – членов ассоциации;
- создание выставочного учебно-консультационного маркетингового центра ассоциации.

За годы существования ассоциации отработана система проведения ежеквартальных конференций, вы-

ставок, симпозиумов, где собираются члены ассоциации и заинтересованные гости, обмениваются своими достижениями, технологиями, заключают договоры и т. д. Традиционным местом проведения таких встреч стал санаторий им. Ивана Сусанина в Костроме.

В сентябре 2000 г. научно-практический симпозиум проходил в г. Лыткарино Московской области, где успешно внедряется мансардное строительство и реконструкция старого жилого фонда без выселения жильцов. В 2001 г. проведены две конференции: в январе в Переславле на тему «Энерго-эколого-экономические и архитектурные проблемы XXI века» (рис. 1), в мае в Костроме на тему «Современное жилье как комфортная среда обитания человека».

Переславль-Залесский в настоящее время стал своеобразным полигоном отработки новых строительных технологий. Началом развития переславского строительного комплекса стало создание в 1968 г. треста «Переславльстрой», который за эти годы не только построил градообразующее предприятие «Славич», но и стал основой новой отрасли экономики города – производства энергоэффективных строительных материалов.

В 1993 г. трест «Переславльстрой» совместно с компанией «Славич» и американской фирмой «Радва», ставшей в дальнейшем активным членом нашей ассоциации, создали совместное советско-американское предприятие «Радослав» по производству термоструктурных панелей мощностью 250 тыс. м<sup>2</sup>. До сих пор это единственный в России и Европе завод, выпускающий такие панели.

В результате объединения усилий треста «Переславльстрой», СП «Радослав», завода «ЛИТ», Компании «Славич», ООО «Контракт», «ЗОМЗ» (завод объемно-модульных зданий), при постоянной помощи и поддержке администрации Ярославской области и Переславля-Залесского созданы производства эффективных строительных материалов:

- термоструктурных пенополистирольных панелей «Радослав»;
- отражающей изоляции Пенофол, Армофол, изоляции труб и «теплого пола» на заводе «ЛИТ»;





- навесных панелей Полиаплан на «Славиче»;
- объемно-модульных зданий на «ЗОМЗ».

С использованием этих материалов внедрены несколько новых энергосберегающих технологий:

- наружное утепление зданий панелями «Радослав» с дальнейшим торкретированием (ноу-хау «Переславльстрой» и «Радослава»);
- наружное утепление и отделка зданий панелями «Полиаплан»;
- утепление зданий изнутри (ноу-хау «СИНТЭС-ХХI», треста «Переславльстрой», НИИСФ, Ярпромстройпроект, завода «ЛИТ» и СП «Радослав»), позволяющее не только эффективно утеплять новые здания, но и здания старой постройки с привлечением средств жителей;
- производство объемно-модульных теплых домов полной заводской готовности.

Все новые строительные материалы и технологии осваиваются на высоком техническом уровне в сотрудничестве с научно-исследовательскими институтами, контролирующими организациями и Госстроем России, имеют все необходимые нормативные и разрешительные документы.

Из панелей «Радослав» возведены сотни жилых домов коттеджного и блокированного типа, гостиницы и офисы, культовые здания и торговые павильоны, очистные сооружения и складские ангары, промышленные холодильные камеры и пункты автосервиса, автомобильные гаражи и другие объекты во многих регионах России, странах СНГ, Словакии и Турции. Из этих панелей ведется строительство надстроек и мансардных этажей. Имеется опыт строительства гостиницы в г. Ханты-Мансийске площадью 460 м<sup>2</sup> «под ключ» за два зимних месяца (январь–фев-

раль 2000 г.) при температуре наружного воздуха –35°С (рис. 2, 3).

В настоящее время ассоциация готовит проведение очередной конференции-выставки по теме «Быстровозводимые и мобильные энергоэффективные здания. Утепление эксплуатируемых зданий и сооружений», которая пройдет в Переславле 3–4 августа 2001 г. Цель конференции – привлечь внимание Правительства, Госстроя России, МЧС, Министерства обороны к разработкам членов ассоциации «СИНТЭС», которые помогут решить вопрос своевременного обеспечения нормальных жилищно-бытовых условий при чрезвычайных ситуациях. Например, мобильные дома «Радослав» можно эффективно применить для ликвидации последствий наводнения в г. Ленске.

Такие малогабаритные здания «под ключ» собирают в пакеты. В их комплектацию входят: самая необходимая мебель, газовая плита, биотуалет, нетрадиционные источники обогрева – инфракрасные обогреватели, запас продовольствия. При чрезвычайных ситуациях эти пакеты железнодорожным транспортом или авиацией могут быть доставлены к любому, даже малодоступному месту происшествия. Важно, что собрать такой дом могут вручную даже сами пострадавшие с помощью инструкторов. Люди уже через несколько часов могут жить в нормальных условиях.

Мобильные малогабаритные дома могут быть выполнены в различной комплектации. Практически все их элементы производятся членами ассоциации «СИНТЭС».

Активную работу по внедрению новых энергосберегающих материалов и технологий проводят ОАО «Россевзапстрой», ГУП ТСО «Ярославльстрой», ООО ИСПО «Костромагорстрой», ОАО «Аван-

гид-Кнауф» (г. Дзержинск Нижегородской области), ООО «Комистройинвест» (г. Сыктывкар), ОАО АК «Ярославлягропромстрой», ЗАО «Гента-Мастер» (Москва), ОСПАО (г. Обнинск, Калужской обл.), Югра-Тепло-Инжиниринг (Тюмень), ПСК «ЭВЕРЕСТ» (Ярославль), АОЗТ «Реальность» (Москва), ОАО «Ярпромстройпроект», НИИСФ, ГАСИС (Москва), журнал «Строительные материалы» и др.

В планах ассоциации – создание в г. Переславле-Залесском демонстрационного жилого квартала из энергоэффективных материалов с использованием новейших технологий, Учебно-выставочного консультационного и маркетингового ЭнергоЭкоЦентра, ежеквартального российского каталога лучших строительных материалов и технологий – «Дом XXI века» на компакт-диске.

Для осуществления коммерческой деятельности создано ОАО «СИНТЭС-ХХI», учредителями которого стали партнеры по некоммерческой ассоциации. Таким образом, появилась возможность перейти от обменов мнениями к конкретной совместной деятельности по реализации своих разработок и ноу-хау, которые ассоциация аккумулировала в течение 5 лет.

«СИНТЭС» сегодня – это:

- мощная информационная база;
- разработка и реализация совместных проектов;
- синтез лучших технологий в одном доме;
- объединенная маркетинговая и рекламная система;
- формирование современного строителя с новым мышлением.

22 января 2002 г. состоится торжественное собрание членов ассоциации «СИНТЭС», посвященное пятилетнему юбилею. Первая «пятилетка» подготовила почву для широкомасштабной практической работы.



## «Уют. Интерьер. Коттедж. Строительные и отделочные материалы»

**Красноярск**

**15—18 мая 2001 г.**

Красноярский край — уникальная территория, на которой сконцентрированы многие уникальные природные и промышленные ресурсы страны. Регион расположен в центре Сибири вдоль Енисея и окружен густой тайгой.

В начале третьего тысячелетия промышленный комплекс сибирского региона переживает второе рождение, выходят из кризиса предприятия-банкроты, начинается активное инвестирование важнейших отраслей экономики. За короткий срок почти все крупнейшие предприятия были акционированы и перешли из федеральной в краевую собственность.

Проходившая в мае 2001 г. выставка «Уют. Интерьер. Коттедж. Строительные и отделочные материалы» собрала на выставочных площадях Дворца спорта им. И. Ярыгина поставщиков и потребителей строительных материалов и конструкций. Более 180 фирм представляли Сибирь (Красноярский край, Новосибирская область и др.), Москву, Санкт-Петербург, Урал, Поволжье, государства ближнего зарубежья. Строительные материалы различного назначения — отечественные и зарубежные были представлены производителями, коммерческими фирмами, посредниками и российскими представительствами зарубежных компаний.

Гидроизоляция и кровля, стеновые конструкционные и облицовочные материалы, инженерное оборудование, окна и двери, отделочные материалы, изделия для обустройства прилегающей территории и многое другое составляли экспозицию. Значительный раздел занимали материалы и оборудование для строительства и обустройства малоэтажного жилья, что привлекло на выставку большое число частных застройщиков.

Наличие в регионе предприятий по производству цветных металлов отразилось на структуре экспозиции. Собственные облицовочные системы представила **красноярская компания «Метрико»**. Система включает алюминиевые и стальные панели для внутренней и наружной отделки (окрашенные и неокрашенные), элементы крепления, доборные элементы и др. Для удобства клиентов на предприятии действует проектно-конструкторское бюро, разрабатывающее проектные решения с применением систем.

Другое направление деятельности фирмы «Метрико» — проектирование и изготовление прокатно-гибочных и деревообрабатывающих станков по техническим условиям заказчиков.

**ЗАО «Профнастил» (Иркутск)** специализируется на производстве кровельных и отделочных металлических профилированных листов,

металлочерепицы, сэндвич-панелей, фасадных панелей, водосливных систем. Изделия окрашены полимерными красками по каталогу RAL.

Декоративные плиты «Краспан» для навесных вентилируемых фасадов представило **ООО «Профис»**. Основой материала являются волокнисто-цементные плиты, на которые нанесена каменная крошка («КраспанСтоун») или краска («КраспанКолор»). Компаунд на основе высококачественной синтетической смолы и красящих пигментов удерживает крошку на поверхности плит. Посыпка крошкой серпентина или гранита различных цветов придает особую выразительность фасадам зданий и сооружений. Обратная сторона плит для предотвращения проникновения влаги обрабатывается специальным составом. Крепление облицовки производится по металлической или деревянной обрешетке.

Использование теплоизоляционных материалов в строительстве особенно актуально в сибирском регионе. Собственную продукцию на выставке представил **новосибирский завод теплоизоляционных изделий «Термиз» (ОАО «Сибтеплоизоляция»)**. В ассортименте продукции предприятия минераловатные прошивные маты. Изделия выпускаются без обкладки и в обкладке из металлической сетки, стеклоткани, стеклохолста, стеклоткани, бумаги и др.



Дворец спорта им. И. Ярыгина, расположенный в центре Красноярска на о. Отдых, принимал участников и посетителей выставки «Уют. Интерьер. Коттедж. Строительные и отделочные материалы»



Тротуары, выложенные фигурными элементами мощения, становятся в последнее время визитной карточкой Красноярска. Выполненные из разноцветных элементов, они подчеркивают колорит центра города

### Технические характеристики

<b>минераловатных прошивных матов</b>	
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup> .....	85–110
Теплопроводность, Вт/(м·К).....	0,04
Сжимаемость, %.....	24
Упругость, %.....	75
Влажность, %.....	2
Содержание органических веществ, %.....	2

Основные области применения материалов – жилое, промышленное, гражданское строительство, изоляция трубопроводов.

Утилизация продуктов сгорания углей многие годы является насущной проблемой энергетиков и экологов. Этой проблеме посвящено большое число работ российских и зарубежных ученых. Определенных успехов в этой области добились красноярские разработчики. **Обособленное подразделение «Красноярскэнергоспецремонт»** представило на выставке теплоизоляционные блоки, получившие название газозолобетон. Материал представляет собой искусственный камень с равномерно распределенными порами, полностью изготовленный из местного сырья.

Газозолобетон можно производить в стационарных условиях в виде блоков и плит или непосредственно на объекте, заливая исходную жидкую смесь в специально приготовленные полости.

### Технические характеристики газозолобетона

Теплопроводность, Вт/(м·К).....	0,074–0,076
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup> .....	300
Рабочий диапазон температуры, °С.....	–50 – +400
Прочность при сжатии, не менее, МПа.....	0,5
Коэффициент паропроницаемости, мг/м·ч·Па.....	0, 24

Технические характеристики материала обуславливают возможность его использования для теплоизоляции стен, крыш, трубопроводов и др.

Оконная тематика была представлена деревянными и пластиковыми конструкциями. **Группа предприятий «Профиль»** из Новосибирска специализируется на производстве широкого спектра оконной продукции: ПВХ-профиля для производства окон серии «ПЛУС-ТЕК», подоконников, уплотнителей; кашировании профилей; производстве стеклопакетов, нанесении энергоэффективных и декоративных покрытий на стекла. Подразделения фирмы в различных городах Сибири изготавливают окна из ПВХ, алюминиевых профилей, дерева.

**Деревообрабатывающая компания «Листвен»** из г. Железногорск Красноярского края специализируется на изготовлении деревянных оконных блоков модели ВНИИДМАШ с двойным остеклением, однокамерным стеклопакетом и стеклом, двухкамерным стеклопакетом.

Отличительной приметой исторического центра Красноярска становятся тротуары, вымощенные фигурной бетонной плиткой. Разнообразно окрашенные элементы мощения традиционного серого, желтого, красного, черного, коричневого, зеленого, вишневого, розового цветов на выставке представила фирма «Викмарк». Окрашивание поверхностного слоя производится красителями фирмы «BAYER».

Импортные материалы для отделки (лакокрасочная продукция, обои, подвесные потолки и др.), специализированные материалы для устройства гидроизоляции, реставрации памятников архитектуры и др. выставляли торгово-посреднические компании и представители фирм.

На выставке можно было получить квалифицированную консультацию технических специалистов, заключить договора на выполнение работ.



Красноярский завод по производству жалюзи «VLANTA» уже семь лет обеспечивает регион продукцией, собранной из импортных комплектующих



Металлические панели фирмы «Метрико» применяются на различных объектах как для внутренней, так и для наружной отделки



Фотографии зданий, отделанных фасадными плитами «Краспан», представило на своем стенде ООО «Профис»



Работу выставки широко освещали региональные средства массовой информации