

## СОДЕРЖАНИЕ

**Учредитель журнала:**  
ООО Рекламно-издательская  
фирма «Стройматериалы»

**Главный редактор  
издательства**  
РУБЛЕВСКАЯ М.Г.

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

**Главный редактор**  
ЮМАШЕВА Е.И.

**Редакционный совет:**  
РЕСИН В.И.  
(председатель)  
БАРИНОВА Л.С.  
БУТКЕВИЧ Г.Р.  
ВАЙСБЕРГ Л.А.  
ВЕРЕЩАГИН В.И.  
ГОРНОСТАЕВ А.В.  
ГУДКОВ Ю.В.  
ЗАВАДСКИЙ В.Ф.  
КОЗИНА В.Л.  
СИВОКОЗОВ В.С.  
УДАЧКИН И.Б.  
ФЕРРОНСКАЯ А.В.  
ФИЛИППОВ Е.В.  
ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

**Авторы**  
опубликованных материалов  
**несут ответственность**  
за достоверность приведенных  
сведений, точность данных  
по цитируемой литературе  
и за использование 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

**Редакция не несет ответственности**  
за содержание рекламы и объявлений

**Адрес редакции:**  
Россия, 117997, Москва,  
ул. Кржижановского, 13  
Тел./факс: (095) 124-3296  
124-0900  
E-mail: mail@rifsm.ru  
http://www.rifsm.ru

### МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИИ

- Л.С. Барينو́ва. Тенденции развития промышленности  
строительных материалов за рубежом ..... 2
- В.А. Лотов. Перспективные теплоизоляционные материалы  
с жесткой структурой ..... 8
- В.С. Бакунов, В.А. Кочетков, А.В. Надденный, Б.С. Черепанов, Е.М. Шелков.  
Многофункциональный керамический строительный материал – керпен ..... 10
- А.И. Кудяков, Т.Н. Ради́на, М.Ю. Ива́нов. Зернистый  
теплоизоляционный материал на основе модифицированного  
жидкого стекла из микрокремнезема ..... 12
- О.С. Татаринцева, Т.К. Углова, Г.С. Игонин, Т.Н. Игонина, Н.В. Бычин.  
Определение сроков эксплуатации базальтоволокнистых  
теплоизоляционных материалов ..... 14
- Л.В. Моргу́н, А.Ю. Бога́тина. Об эффективности энерго-  
и ресурсосбережения при использовании фибропенобетона  
в строительстве ..... 16
- А.С. Брыков. Многослойное декоративное стекло  
на основе гидрогеля кремнезема ..... 18
- Ю.М. Тихонов, И.В. Коломи́ец. Аэрированные легкие бетоны и растворы  
с высокопористыми заполнителями ..... 20
- В.А. Дубов, В.Г. Щербатов. Совершенствование технологии  
и оборудования для переработки горных пород ..... 23
- М.И. Бруссер. Нормативная база производства и применения  
добавок для бетонов и строительных растворов ..... 26
- Е.В. Астраханцева. Специфика и состав строительной отрасли Украины ..... 28

### Приложение «Строительные материалы: technology» № 4

### КЕРАМЗИТ В СОВРЕМЕННОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

- В.М. Горин, С.А. Токарева, М.К. Кабанова. Керамзит: опыт  
и перспективы развития производства и применения ..... 32
- Н.П. Блещик, М.Г. Лазарашвили. Технология производства изделий  
из крупнопористого легкого бетона ..... 35
- Ю.В. Гудков, А.А. Ахундов, Е.Н. Леонтьев, В.Н. Тяжлова. Трехслойные  
керамзитобетонные панели с утепляющим слоем из пенополистиролбетона ..... 38
- Производители керамзита и керамзитобетона приняли решение объединиться ..... 40
- Создан Технический комитет по стандартизации в строительстве ..... 41
- Крупнейшая выставка оборудования и технологий для керамической  
промышленности «Tespargilla-2004» расширяет тематику ..... 42

### РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

- Л.И. Худякова, К.К. Константи́нова, Б.Л. Нархи́нова.  
Получение термостойких композиционных вяжущих материалов ..... 44
- П.Г. Комохов, Ю.А. Беленцов. Структурная механика  
разрушения кирпичной кладки ..... 46
- Г.В. Марчюкайтис, Б.Б. Йонайтис, Ю.С. Валивонис, И.Я. Гнип.  
Оценка прочности и деформативности каменной кладки при сжатии  
согласно СНиП II-22–81 и Eurocode 6 ..... 48
- А.В. Макаров, К.А. Сухин, И.Г. Довженко. Определение частот  
собственных колебаний систем с помощью суперэлементного  
варианта частотно-динамической конденсации ..... 50
- С.М. Васина, В.В. Абрамова, С.А. Широ́ва. Полимербетонная композиция  
на основе мочевиноформальдегидной смолы ..... 52
- Выставка «Мобильные здания» ..... 55
- И.В. Зверев, М.О. Долгова, М.Я. Якобсон, Л.Х. Аствацатурова.  
Оптические методы в оценке качества бетонных  
и железобетонных изделий ..... 56

А.С. БАРИНОВА, канд. хим. наук, заместитель председателя Комитета ТПП по предпринимательству в сфере строительства и ЖКХ

## Тенденции развития промышленности строительных материалов за рубежом

В промышленно развитых странах структура нового строительства существенно отличается от отечественной, в основном за счет высокой доли малоэтажного жилищного строительства. Преобладание малоэтажного строительства явилось причиной заметных различий и в структуре производимых строительных материалов.

Высокие требования к теплоизоляционной способности ограждающих конструкций, обусловленные оплатой за отопление по фактическому расходу тепла, предполагают расширенное производство теплоизоляционных материалов, причем для различных конструкций производятся специализированные их виды, в частности теплоизоляции конструкций полов, потолков и крыш.

Результаты проведенного обобщения и анализа зарубежных материалов и передового зарубежного опыта могут быть использованы для выработки и обоснования приоритетных направлений устойчивого и экологически безопасного развития промышленности строительных материалов в Российской Федерации на перспективу.

Таблица 1

Показатели	Россия	Финляндия («Partek»)
<b>Вата минеральная</b>		
Модуль кислотности	0,3–2,2	1,9–2,07
Диаметр волокна, мкм	5,1–10	4,7–6,4
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	60–100	
Теплопроводность, Вт/(м·°С) при 25°С	0,035–0,04	0,035–0,038
<b>Минераловатные плиты на синтетическом связующем</b>		
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	37–240	32–209
Теплопроводность, Вт/(м·°С) при 25°С	0,036–0,047	0,035–0,04
Сжимаемость плит П 125, %	2–15	1,04–2,4
Прочность при сжатии плит П 200, МПа	0,04–0,15	0,32–0,77
Содержание связующего, %, для плит:		
П 50	2,8	1,4
П 75	2,7	1,4
П 125	3,6	2,5
П 175	4,3	3,5
П 200 и ППЖ	8,1	3,08
Предел прочности при растяжении, МПа, для плит:		
П 50	0,007	0,011–0,013
П 75	0,0091	0,011–0,013

В качестве утеплителей в промышленно развитых странах (ЕС, США, Канада и др.) преимущественно применяются **волокнистые утеплители и строительные пенопласты**, с использованием которых возводится соответственно около 60% и 20% ограждающих конструкций зданий, причем производство теплоизоляционных материалов на душу населения в 5–6 раз выше, чем в Российской Федерации.

Основным видом утеплителей являются изделия на основе стекловолна, обладающие рядом преимуществ по сравнению с минераловатными изделиями. Их можно производить очень низкой плотности, рулонировать в объём состоянии, при снятии нагрузки они восстанавливают свой первоначальный объём. Производство изделий из минеральной ваты несколько меньше, причем используется минеральная вата, выработанная из горных пород, обладающая лучшими строительно-техническими свойствами (повышенный модуль кислотности), чем применяемая в отечественной практике минеральная вата, вырабатываемая из доменных шлаков.

Синтетическое связующее, используемое в зарубежной практике, обладает повышенной влагостойкостью и меньшей токсичностью, чем отечественное. Сравнительные показатели качества отечественных и лучших зарубежных минераловатных изделий приведены в табл. 1.

За последние годы в зарубежной практике появилась тенденция увеличения единичной мощности плавильных агрегатов и технологических линий. В России эти показатели на 50% ниже.

На высоком техническом уровне на зарубежных предприятиях решены концевые операции – сьем и упаковка готовой продукции.

Основным видом строительного пенопласта, применяемого в промышленно развитых странах, является **пенополистирол**, причем мнение о нем как об экологически вредном и пожароопасном материале в разных странах неоднозначно. Пенополистиролы с добавкой антипирена обладают пониженной горючестью, характеризуются способностью к самозатуханию после удаления внешнего источника огня, и могут применяться в строительстве в композиции с другими материалами, например с гипсокартонными листами. Доля строительного пенопласта в общем объеме применения теплоизоляционных материалов достигает 20–30% и, видимо, более возрастать не будет.

Основными производителями пенополистирола (стиропора) являются США, Франция, Япония (в сумме более 60% мирового производства). Полистирольный пенопласт в основном получают беспрессовым (EPS), экструзионным (XPS) и прессовым способами. В мире широко используется экструзионная технология, позволяющая получать продукцию более высокого качества (практически нулевая открытая пористость), но и более дорогую. По экструзионной технологии производится около 50% пенополистирола строительного назначения. В Российской Федерации экструзионный пенополистирол производится пока на ОАО «КИНЭКС»

(г. Кириши, Ленинградская обл.) и ЗАО «Химический завод» (г. Реж, Свердловская обл.).

Беспредельная технология производства пеностирола преобладает в США и в отечественной практике, где с ее использованием производится практически весь пенополистирол строительного назначения.

За рубежом распространение получили изделия из пенополистирола, облицованного листовыми материалами (гладким стеклопластиком, древесно-волокнистыми плитами, алюминиевыми и фанерными листами). Экструзионный пенополистирол применяется при дорожно-строительных работах в условиях вечной мерзлоты. Практикуется также метод теплоизоляции зданий путем крепления пенополистирольных плит с наружной стороны стен с последующим покрытием их армирующей стеклотканью и нанесением декоративной штукатурки. Одной из ведущих фирм, производящих экструзионный пенополистирол, является фирма «The Dow Chemical Co.» (США).

Крупнейшим производителем комплектного оборудования для производства изделий из пенополистирола является компания «Куртц ГМБХ» (Германия).

В последние годы в России построены крупные предприятия по производству пенополистирола беспрессовым методом, оснащенные современным импортным технологическим оборудованием, в основном фирмы «Визер-Курц» (Австрия). Продукция, произведенная на этих предприятиях, по качеству не отличается от импортной.

За рубежом накоплен значительный опыт производства и применения ограждающих конструкций на основе жесткого пенополиуретана (PU). Наибольшее разнообразие форм и конструктивных решений характерно для ограждающих конструкций из пенополиуретана с металлическими облицовками. Ведущими зарубежными фирмами в области производства таких конструкций являются фирмы «Байер», «Эластогран», «Хеш» (Германия); «Батлер» (США); «Робертсон» (Великобритания); «Метекно» (Италия); «Ондатерм» (Франция) и др.

Особое внимание привлекает опыт производства и применения теплоизоляционных материалов во Франции, где новые нормы теплопотребления и требования к звукоизоляции для жилищного строительства сыграли важную роль в развитии производства тепло- и звукоизоляционных материалов.

Структура потребления строительных пенопластов по областям применения (на примере Франции) в % к итогу приведена в табл. 2.

Одним из главных направлений в развитии технологии производства тепло- и звукоизоляционных материалов можно считать технологические процессы, комплексные системы и решения, адаптированные к каждому типу применяемых материалов, причем предпочтение отдается материалам с глубокой степенью переработки волокна, а потребление сырой стекло- и минеральной ваты и материалов на их основе с малой степенью обработки постоянно снижается.

**Полимерные рулонные покрытия для полов** в Западной Европе и США применяются значительно шире, чем в отечественной практике, причем каждому типу помещений предлагается широкий ассортимент специальных видов покрытий. В структуре применения покрытий пола в Западной Европе 53% приходится на долю текстильных (главным образом тафтинговых) ковровых покрытий, около 18% — рулонных и плиточных полимерных материалов (в основном поливинилхлоридных).

Поливинилхлоридные покрытия полов за рубежом производятся шириной от 2 до 4 м и толщиной лицевого износостойкого слоя от 0,3 до 0,9 мм. Для декоративной отделки все большее распространение находит метод ротационно-шаблонной печати. Декоративные вспененные материалы с основой из стеклохолста в Западной Европе

Виды конструкций	Виды материалов		
	PSE	XPS	PU
Стеновые конструкции	52	20	10
Конструкции потолков	21	30	10
Конструкции полов	13		10
Конструкции крыш	6	20	55
Другие области применения	8	30	15

составляют более половины производства всех ПВХ материалов для полов. Специальные виды ПВХ покрытий с пониженным уровнем вредных выделений, антистатическими свойствами, пониженной горючестью выпускаются для детских и медицинских учреждений.

Безосновные ПВХ покрытия и плитки изготавливают за рубежом вальцево-каландровым способом, ПВХ покрытия на подоснове и вспененные ПВХ материалы с основой из стеклохолста — промазным способом (около 80%). Экологическая чистота ПВХ линолеумов и отделочных материалов в большой мере зависит от качества используемого сырья: поливинилхлорида, пластификаторов и т. д. Покрытия, произведенные с использованием высококачественного сырья, экологически вполне безопасны, но и более дороги.

За рубежом начал проявляться интерес к производству промазного алкидного линолеума (на основе пищевого сырья) ввиду его высокой экологической чистоты.

К числу крупнейших производителей напольных покрытий в Европе принадлежит финская фирма «Уроfloor». Более десяти лет она выпускает покрытия для полов, предназначенные для жилых и общественных помещений: паркет, кварцево-виниловые плитки, каландрированные полимерные покрытия, эластичные ПВХ покрытия на вспененной или текстильной подоснове, токопроводящие и антистатические покрытия, покрытия для спортивных сооружений.

Линолеум на вспененной и текстильной (джутовой или синтетической) подосновах фирмы «Уроfloor» имеет защитную износостойкую ПВХ пленку на лицевой поверхности. При изготовлении некоторых видов линолеума в подложку добавляют керамические шарики, что предотвращает образование вмятин. Для общественных помещений используют гомогенный линолеум, который иногда называют коммерческим. При толщине не менее 2 мм он обладает высокой стойкостью к истиранию за счет повышенной плотности.

Один из ведущих производителей покрытий для полов в мире — шведская фирма «Tarkett AB». Основная продукция фирмы — ПВХ материалы для полов, покрытия из твердых пород древесины, гигиенические настенные покрытия и пленки промышленного назначения.

Такие же тенденции сохраняются и большинством других фирм, производящих напольные покрытия. Выпускают также материалы на вспененной (звукоизолирующей) основе с нижним слоем, армированным стеклохолстом. Получила распространение технология формирования верхнего слоя переработкой цветных гранул.

ПВХ материалы для полов могут быть покрыты слоем полиуретана, нанесенным поверх износостойчивой лицевой ПВХ пленки. Это обеспечивает покрытие устойчивостью против царапин и снижает расходы на его содержание. Фирмы выпускают специальные виды материалов для полов и стен: антистатические, водостойкие для влажных помещений, влагонепроницаемые, покрытия для спортивных сооружений.

Ряд фирм выпускает высоконаполненные (до 50%) кварцевым песком ПВХ плитки. Такое наполнение обуславливает стабильность размеров, прочность и огнестойкость. По сравнению с рулонными материалами для полов они характеризуются более высокой изностостойкостью и технологичностью при укладке. Их можно использовать в промышленных и складских помещениях.

**Кровельные и гидроизоляционные материалы** занимают одно из ведущих мест в строительстве зданий, особенно с плоскими крышами. В мировой практике на современном этапе традиционный рубероид заменяют новыми видами кровельных покрытий, причем в разработке новых материалов можно выделить три основных направления:

- исключение контакта материала с основанием кровли, для чего разработаны специальные виды рубероида с крупнозернистой минеральной посыпкой или гранулами вспененного полистирола на нижнем слое, а также перфорированный рубероид (широкого распространения не получил);
  - исключение применения приклеивающих мастик и высокотемпературных процессов при выполнении кровельных работ и создание наплавливаемых материалов с утяжеленным модифицированным полимерами слоем;
  - разработка комбинированных материалов повышенной заводской готовности, состоящих из нескольких слоев, отличающихся по свойствам и функциональному назначению, а также элементов кровель, содержащих теплоизоляционный слой и являющихся одновременно гидро- и теплоизоляционными материалами.
- Самостоятельную группу образуют самоклеящиеся материалы – битумные, битумно-полимерные, полимерные, комбинированные и др.

Анализ зарубежного опыта показывает, что проблемы технологичности устройства кровли, повышения ее надежности и долговечности могут быть успешно решены при использовании полимеров. Их применение в сочетании с традиционными битумными материалами позволяет создавать новые эффективные материалы.

В качестве модификаторов битума главным образом используют: атактический полипропилен (АПП), бутадиев-стирольный термоэластопласт (СБС) и полиолефины.

В качестве армирующей основы используют стеклоткань, стеклохолст, нетканое или пряденое полиэфирное полотно, комбинированный материал на основе стекло- и полиэфирного волокна.

Битумно-полимерные материалы, армированные стеклотканью, наиболее подходят для ремонта старых и устройства многослойных кровель. Наиболее современной армирующей основой является нетканое полиэфирное полотно, отличающееся высокой прочностью, эластичностью и обеспечивающее формоустойчивость битумно-полимерного покрытия. Комбинированное армирование обеспечивает наибольшую стабильность размеров кровельного покрытия, высокую механическую прочность, устойчивость к воздействию ультрафиолетового излучения, а также устойчивость к возгоранию.

Верхний слой кровельного покрытия защищают окрашенной минеральной посыпкой, алюминиевой или медной фольгой. На нижний слой покрытия наносят специальную полиэтиленовую пленку, которая предотвращает слипание полотна в рулоне и расплавляется при укладке материала с помощью пропановой горелки.

За рубежом произошла смена поколения технологического оборудования для изготовления рулонных битумсодержащих материалов, вызванная развитием производства комбинированных материалов на основе широкого применения различных армирующих полотен. Отличительная особенность такого оборудования – использование различных сочетаний модулей для

производства любых видов рулонных материалов. Крупными производителями оборудования являются фирмы «Нардини», «Боато», «Индекс» (Италия), «Доктор Райзер», «Рюммер» (Германия).

Полимерные кровельные и гидроизоляционные материалы позволяют в полной мере решать проблемы технологичности, надежности и долговечности кровель, создают более разнообразные по цветовой гамме покрытия, способствуют созданию оригинальных конструкций и сооружений, внедрению новых форм покрытий (куполов, оболочек, складок, сфер и т. п.).

В строительстве применяются кровельные материалы на основе эластомеров (полиизобутилена, бутилкаучука, хлоропрена, тройного этиленпропиленового каучука, хлорсульфополиэтилена и др.) и термопластов (поливинилхлорида, поливинилфторида, этилена, его сополимеров и др.).

Выпускаются листовые и пленочные кровельные материалы (толщиной 0,8–2 мм), изготавливаемые на заводах резинотехнических изделий, а также жидкие составы (дисперсии, мастичные композиции), зачастую состоящие из нескольких компонентов, которые смешиваются перед нанесением на кровлю в построчных условиях.

Материалы на основе бутилкаучука, хлоропренового каучука и хлорсульфополиэтилена (ХСПЭ) выпускаются вулканизированными, подвулканизированными и невулканизированными с упрочнением различными основами.

Опыт применения этих материалов в строительстве в течение 35 лет подтвердил их превосходные качества по сравнению с другими эластомерами: стойкость к озону, ультрафиолетовому излучению, химической агрессии, а также светостойкость.

Перспективным материалом для устройства кровель является тройной этиленпропиленовый каучук с диеновым мономером (СКЭПТ). Вулканизаты на его основе, выполненные в виде рулонных материалов, обладают комплексом свойств, соответствующих современным требованиям к кровельным материалам. По экспертным оценкам СКЭПТ – один из дешевых и доступных каучуков. Более чем двадцатилетний опыт эксплуатации однослойных кровель из СКЭПТ в Японии, США, Италии подтвердил их высокую надежность и долговечность.

Среди термопластичных полимерных материалов наибольшее распространение получили листы и пленки на основе поливинилхлорида (ПВХ). В мировой практике им отдается предпочтение в сравнении с эластомерными материалами из-за высокой прочности и огнестойкости. Важным технологическим преимуществом их является способность свариваться с образованием прочного водонепроницаемого шва.

В последние годы на рынке появились прозрачные и полупрозрачные светопропускающие кровельные волнистые листы и пластины на основе ПВХ, в частности марок «Ондуклер» (фирмы «Onduline», Франция) и «Валовойма» (фирмы «Icoral», Финляндия).

К новому поколению следует отнести также рулонные кровельные материалы на основе полиолефинов, в частности мембрану «GenFlex OBI» фирмы «GenFlex Roofing Systems». Основу мембраны составляет композиция этиленпропиленового каучука (70%) и полипропилена (30%), а также армирующий слой стеклоткани. Швы мембран свариваются при помощи горячего воздуха, что повышает их прочность, а также скорость и безопасность проведения кровельных работ. Мембрана характеризуется высокой прочностью, деформативностью и эластичностью при отрицательных температурах (до –55°C), низким водопоглощением и высокой порозолирующей способностью. Она рекомендуется для устройства однослойных кровель (плоских и с уклоном) в различных климатических зонах (температуроустой-

Таблица 3

Производство	США	Япония	Германия	Россия
Бетон	40	21	47	23
Железобетон	60	79	53	77
В составе железобетона:				
сборный	16	19	20	62
монолитный	78	80	79	25
преднапряженный	6	1	1	13

чивость от  $-55$  до  $+100^{\circ}\text{C}$ ). Работы по ее укладке можно производить круглогодично без потери качества.

Перспективным классом гидроизоляционных материалов являются самоклеящиеся пленочные материалы, состоящие из несущего и приклеивающего слоев. Наружным слоем служат полимерные пленки, металлическая фольга, синтетические ткани, основы из стеклянных и базальтовых волокон и др. Важным преимуществом самоклеящихся материалов является повышенная технологичность: при их применении исключаются горячие процессы и сезонное выполнение гидроизоляционных работ, упрощается технология укладки.

Рулонные эластомерные и термопластичные материалы производят по технологии изготовления резинотехнических изделий. Некоторые крупные зарубежные компании — производители резинотехнических изделий создают дочерние фирмы, специализирующиеся на производстве полимерных кровельных материалов.

Примером тому служит компания «Фаерстоун» (США) — крупнейшей в мире производитель автопокрышек, дочерняя фирма которой построила завод по производству кровельных материалов на основе этиленпропиленового каучука мощностью 37 млн  $\text{m}^2$  в год.

Одним из прогрессивных направлений при устройстве кровельных, гидро- и пароизоляционных покрытий является использование жидких составов, отличающихся повышенной технологичностью. Жидкие составы изготавливаются на основе пленкообразующего полимера, могут быть одно-, двух- и трехкомпонентными и подразделяются на дисперсии и мастики.

К дисперсиям относятся латексные материалы. В США и Японии наибольшее распространение получили безрулонные латексные кровли из хлоропренового каучука, в Великобритании — из бутилкаучука и этиленпропиленового каучука, обладающих повышенной атмосферостойкостью и не требующих защитных слоев. Оптимальным вариантом является использование латексных составов в заводских условиях. По комплексу технологических, экологических и эксплуатационных свойств эти составы могут конкурировать с рулонными и листовыми покрытиями. Важнейший их недостаток — невозможность использования в условиях строительной площадки круглогодично.

В зарубежной практике строительства (в США, Великобритании, Канаде и др. странах) широкое применение получили мастичные составы на основе хлорсульфополиэтилена (хайпалона), неопрена. По данным фирмы «Дюпон де Немур» (США), их долговечность составляет более 50 лет. Полиуретановые мастичные покрытия по свойствам аналогичны хайпалоновым: прочны, эластичны, атмосферо-, морозо- и химически стойкие.

Важным преимуществом рулонных полимерных материалов является возможность реализовать прогрессивное решение кровель — кровли полной заводской готовности и сборные кровельные ковры заводской готовности, которые эффективны в северных районах, а также районах с повышенной влажностью. Сборные ковры могут укладываться по влажному основанию, независимо от погодных условий, при температуре до  $-5^{\circ}\text{C}$ . Эти покрытия в условиях сборного строительства наиболее соответствуют современным требованиям индустриализации. Они являются свободно укладываемыми и сохраняют высокие эластические свойства в диапазоне температур от  $-55$  до  $+100^{\circ}\text{C}$ , что обуславливает их высокую надежность и долговечность в эксплуатации.

Зарубежные фирмы для реализации готовой продукции создают дочерние строительно-монтажные организации, которые осуществляют устройство полимерных кровельных и гидроизоляционных покрытий. Фирмы-производители обеспечивают свои строительные фили-

алы полным набором комплектующих материалов и совместно с ними проводят опытные работы по усовершенствованию технологии устройства однослойных кровель и гидроизоляции.

Структура производства бетона и железобетона в промышленно развитых странах значительно отличается от отечественной (табл. 3), показатели в % к итогу.

Во всех странах мира основную долю составляют тяжелые бетоны. В последнее время в строительной индустрии промышленно развитых стран видное место стали занимать конструкции из высокопрочных бетонов.

В зарубежной строительной практике очень широко применяется монолитный железобетон. Так, в США удельный вес применения монолитного железобетона составляет около 85% (без бетонных блоков), в Великобритании — 70%, в Японии — более 80%. В многоэтажном строительстве монолитный железобетон вытесняет стальной каркас. Строятся здания с монолитным каркасом, выполненным методом переставной опалубки; здания с монолитными стволами жесткости, внутри которых размещаются лестнично-лифтовые узлы и т. п. Для бетонирования каркасов обычным в зарубежной практике является применение бетонов прочностью 60 МПа и выше (известны случаи применения бетонов прочностью до 133 МПа). В России прочность бетона для монолитного строительства выше 40 МПа СНиПами не предусматривается.

Легкие бетоны, то есть бетоны с использованием различных видов пористых заполнителей по объемам производства занимают как в России, так и за рубежом второе место после тяжелых. За рубежом основная доля легких бетонов расходуется на изготовление небольших стеновых блоков и сборных несущих конструкций. Ограждающие панели, являющиеся основным видом продукции из легких бетонов в отечественной практике, за рубежом производятся в очень небольших объемах.

Применение несущих конструкций из легких бетонов обеспечивает снижение массы самих конструкций и снижение расхода стали и бетона в нижележащих конструкциях и особенно в фундаментах. В Германии удельный вес применения сборных конструкций из легких бетонов составляет около 40%.

В большинстве стран для поризации растворной части используют золу-унос и алюминиевую пудру. Плотность такого бетона 1200  $\text{kg}/\text{m}^3$ , прочность 15–25 МПа.

В зарубежной практике из заводских способов производства железобетонных изделий значительное распространение получило безопалубное формование преднапряженных плитных конструкций на длинных стендах — фирмы «Спайрол», «Спанкрит», «Спандек», «Макс Рот», «Партек» и др. На стендах длиной до 250 м изготавливается плита со скоростью до 4 м/мин. По высоте пакета может бетонироваться до 5 плит.

Весьма перспективно безопалубное формование наружных стеновых панелей. Фирма «Партек» (Финляндия) производит трехслойные панели длиной 12 м с несущим

слоем толщиной 150 мм, полистирольным утеплителем и защитным наружным слоем из преднапряженного железобетона, соединенными между собой.

Наружные стеновые панели изготавливаются также фирмой «Спанкрит» (США): соединение наружного и внутреннего слоев бетона через слой утеплителя осуществляется на гибких связях. Подобные трехслойные панели на гибких связях производятся также в Швеции, Дании, Великобритании, Германии, Франции и других странах.

Фирмой «Парк индастриз» (США) разработана система автоматического управления процессом дозирования материалов в производстве бетона. Система управляет работой четырех весов и оперирует с 240 видами сыпучих и 16 видами жидких материалов.

Фирма «Брит-Бэтч» (Великобритания) разработала бетоносмесительные установки в комплекте с компьютерным пультом управления мощностью 20–270 м<sup>3</sup>/ч.

На заводах товарного бетона фирмы «Такбетон» (Германия) применяется полностью автоматизированная установка с микропроцессором, обеспечивающая возможность выдачи бетонной смеси 100 различных составов.

Наряду с производством традиционного бетона и железобетона повышенное внимание уделяется так называемым бетонам высоких рабочих характеристик: ВНР (без дисперсного армирования) и ВТНР (с дисперсным армированием), которые являются предметом постоянных исследований.

Эти бетоны имеют очень высокие рабочие характеристики, в частности повышенную механическую прочность (особенно предел прочности при сжатии и растяжении), высокий модуль упругости и повышенную стойкость к химической агрессии, что обусловлено использованием в составе раствора реактивных микродисперсных добавок (кремнеземистая пыль, являющаяся попутным продуктом производства кремния) и пониженным водоцементным отношением, являющимся следствием использования суперпластификаторов. Использование дисперсного армирования металлическими волокнами вместо обычно применяемой сварной сетчатой арматуры позволяет использовать бетононасосы при производстве изделий из такого бетона, при ремонте поврежденных конструкций, устройстве фундаментов, для предварительно напряженных балок и сборных ультратонких фасадных панелей.

Благодаря применению добавок с новыми свойствами появляется возможность добиваться многообразия качеств и легкости укладки бетона.

Добавки также эффективны для улучшения характеристик бетона на ранних сроках твердения (2 дня) для ускорения смены опалубки. Применение добавок позволяет перекачивать бетоны с помощью бетононасосов на большие расстояния, например при строительстве моста Васко да Гама в Лиссабоне на 700 м. Появляются и другие возможности при использовании пластификаторов — производство текучих бетонов, так называемых автоуплотняемых (литьевая технология без применения вибрирования). Одним из преимуществ этого типа бетона является возможность производить отливки в узких опалубках или с густым армированием. Кроме того, достигается очень высокое качество внешней поверхности бетона и его водонепроницаемость.

Бетоны с дисперсным армированием стекловолокном (композиты цемент-стекло) не получили широкого распространения, хотя проведенные исследования позволили улучшить их параметры и долговечность. Композиты могут применяться в покровных слоях (исключение усадочных трещин) и покрывать до 25 м<sup>2</sup> поверхности фасадов слоем толщиной 2 см, а также для создания звукоизолирующих экранов.

В большинстве промышленно развитых стран наблюдается рост производства и потребления **нерудных**

**строительных материалов**, прерываемый спадами различной длительности.

В США до 90% карьеров, разрабатывающих песчано-гравийные месторождения, и около 50% — месторождения скальных пород, в том числе малых, применяют технологию переработки с промывкой. Для доставки продукции используется в основном автотранспорт при расстоянии перевозки в несколько десятков километров. Преобладают, по отечественным меркам, мелкие карьеры.

В зарубежной практике разработка месторождений нерудных строительных материалов ведется, как правило, комплексно. Для отрасли характерна высокая степень автоматизации технологических процессов с применением микропроцессоров и компьютеров, в том числе бортовых. Ассортимент продукции достаточно широк — до 10 и более видов на одном предприятии.

Огромное внимание за рубежом уделяется переработке отходов, в частности производству заполнителя из вторичного бетона и асфальтобетона. Подобной практике способствует продуманная система налога на землю. Так, в 1992 г. в Канаде принят закон о повышении налога на землю, занятую даже экологически безопасными отходами.

Десятки миллионов тонн щебня в промышленно развитых странах получают при переработке строительного мусора, для этих целей изготавливаются специальные передвижные установки, обеспечивающие, кроме того, извлечение металла.

Во Франции и Великобритании получила распространение схема добычи пород гидравлическим экскаватором с созданием искусственных подступов.

За рубежом стала распространяться безвзрывная система разработки. Усилиями машиностроителей разных стран создано оборудование, способное разрабатывать цельные скальные породы различной прочности. Нередко непосредственно в карьере эксплуатируются передвижные дробильно-сортировочные установки. Обычно применяются трехстадийные (реже двухстадийные) схемы дробления.

Рассмотренные материалы дают краткий обзор опыта промышленно развитых стран в производстве и применении отдельных видов строительных материалов и изделий, который может быть использован при разработке программы структурной перестройки промышленности строительных материалов и стройиндустрии в России.

Основное внимание в промышленно развитых странах уделяется экологической безопасности строительного процесса и переходу к так называемому устойчивому развитию, что обуславливает расширение ассортимента строительных материалов, специализированных по областям применения. Приоритетной является экологическая чистота, причем как в производстве, так и в процессе строительства, дальнейшей эксплуатации здания и его последующей утилизации.

Технологические процессы производства строительных материалов за рубежом отличаются высокой энергоэкономичностью, незначительным количеством отходов, которые полностью перерабатываются. Широко применяются отходы и попутные продукты других отраслей, рециклированные материалы. Возможность рециклирования стала закладываться уже на стадии разработки новых видов продукции. Большое внимание уделяется упаковке и удобной расфасовке, как правило, материал поставляется потребителю с полным набором комплектующих и крепежных элементов.

Возродить производство отечественного оборудования для промышленности строительных материалов возможно, только определив приоритеты в этой области, для чего необходимо всестороннее и систематическое изучение не только отечественного, но и зарубежного опыта в этой области.

## Перспективные теплоизоляционные материалы с жесткой структурой

Все теплоизоляционные материалы по характеру структуры можно разделить на три группы: материалы с жесткой, ячеистой структурой, материалы с зернистой, несвязанной структурой и материалы с волокнистой структурой. Выбор материалов для проведения теплоизоляционных работ предопределяется прежде всего характером объекта тепловой защиты, целесообразностью способа его защиты, наличием материалов и удобством их использования при проведении работ. Основным принципом при выборе утеплителя должен быть принцип соответствия долговечности утеплителя и основного строительного материала.

Комплексом эксплуатационных свойств, отвечающих самым высоким нормативным требованиям обладает пеностекло – жесткий, высокопористый теплоизоляционный материал с замкнутой ячеистой структурой, представляющий собой застывшую стеклянную пену с размером полиэдрических и округлых ячеек 0,5–3 мм. Пеностекло получают при термическом нагреве до температур 750–850°C тонкомолотой шихты, состоящей из стекла и газообразователя. Необходимо напомнить, что технология пеностекла разработана в России И.И. Китайгородским в 1932 г. и достаточно подробно представлена в научно-технической литературе [1–5].

Основные свойства пеностекла следующие:

- плотность 120–220 кг/м<sup>3</sup> и выше;
- коэффициент теплопроводности 0,05–0,09 Вт/(м·К);
- прочность при сжатии 0,5–2 МПа;
- водопоглощение 5–10 об. %.

Особенности структуры и удачное сочетание различных свойств пеностекла позволяет использовать его в следующих случаях:

- для тепловой изоляции жилых и промышленных зданий, энергетических установок, тепломагистралей и другого трубопроводного транспорта;
- в качестве звукоизоляционного материала с шумопоглощением до 56 децибел;
- в качестве конструкционно-теплоизоляционного материала, который легко обрабатывается, пилится, сверлится обычным инструментом;
- как плавучий и водостойкий материал;
- как биостойкий материал, не подверженный гниению, и для защиты складских помещений от грызунов;
- как абсолютно негорючий материал, являющийся продуктом высокотемпературной обработки тонкоизмельченного стекла;
- как химически стойкий, долговечный и экологически чистый материал;
- как материал, способный сохранять свои основные свойства и форму в интервале температур от –190 до +450°C и в условиях с относительной влажностью среды до 97%.

Сопоставительный анализ функциональных свойств и технических характеристик теплоизоляционных материалов в виде жестких плит [6–7] показывает, что наиболее перспективным материалом является пеностекло.

Другим весьма перспективным теплоизоляционным материалом с достаточно жесткой структурой следует назвать пеносиликатный материал, получаемый на основе жидкого стекла [8]. Он также представляет собой твердую неорганическую пену, которая в процессе поризации жидкостекольной смеси при термическом

или СВЧ-нагреве ( $t = 350–450^{\circ}\text{C}$ ) приобретает заданные размеры и форму. Целенаправленно изменяя содержание твердой фазы в жидкостекольной смеси путем введения различных тонкодисперсных минеральных наполнителей, можно получить пеносиликатные изделия с плотностью 50–200 кг/м<sup>3</sup>, коэффициентом теплопроводности 0,032–0,065 Вт/(м·К) и прочностью при сжатии 0,08–1,5 МПа. Функциональные свойства пеносиликата аналогичны свойствам пеностекла. Этот материал сохраняет форму и свойства при нагреве до 450°C, биостоек, экологически чистый. Единственным его недостатком является довольно высокое водопоглощение (до 25%), обусловленное значительной долей сквозной пористости в структуре. Этот недостаток устраняется при нанесении на поверхность плит защитных полимерных или неорганических водостойких покрытий в виде сплошной пленки толщиной 0,1–0,5 мм. Покрытие надежно блокирует проникновение влаги в материал и переводит его в категорию долговечных.

Особо легкие виды пеносиликата с плотностью 50–75 кг/м<sup>3</sup> обладают теплопроводностью, которую имеют пенопласты, получаемые на основе органических веществ, однако главное преимущество пеносиликата заключается в том, что он является негорючим материалом, сохраняющим свои свойства до высоких температур, так как в качестве исходного материала при его получении используются различные композиции на основе жидкого стекла и минеральных веществ.

Известно, что на основе жидкого стекла получают вспененный материал в виде легких гранул – стеклопор, из которого с помощью различных связующих материалов изготавливают изделия в виде блоков и плит. Однако в этом случае значительно снижаются теплофизические характеристики изделий по сравнению с гранулами.

Вспенивание при термическом или СВЧ-нагреве гранулированных жидкостекольных композиций или жидкостекольного бисера в замкнутом объеме [9] позволяет получать теплоизоляционные изделия с заданной геометрической формой и размерами. При таком способе получения формируется достаточно однородная мелкопористая структура внутри изделий, ограниченная более плотным поверхностным слоем, толщину которого можно изменять с помощью различных технологических приемов.

Достаточно высокая стоимость жидкого стекла, получаемого из силикат-глыбы, предопределяет и стоимость пеносиликатных изделий. Поэтому в технологии их получения целесообразно использовать жидкое стекло, получаемое методом прямого растворения измельченного кварцевого песка в щелочи [10]. В этом случае стоимость жидкого стекла снижается в 3–4 раза и появляется возможность для организации производства недорогого и высококачественного теплоизоляционного материала в различных регионах России.

К числу материалов, обладающих жесткой пористой структурой, относятся пено- и газобетоны автоклавного и неавтоклавного твердения. Из них наименее энергоемким является производство неавтоклавных бетонов со значительным содержанием цемента в поризуемой смеси, что обеспечивает ее твердение при температурах 40–80°C, обусловленное высоким химическим потенциалом системы цемент – вода. Существенным пре-

Наименование изделий	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	Расчетная толщина слоя изоляции*, м	Отпускная цена производителя, р/м <sup>3</sup>	Стоимость изоляции, р/м <sup>2</sup>	Долговечность
Экструзионный пенополистирол (пеноплекс)	40	0,041	0,143	4500	643,5	Ограничена
Плиты минераловатные ППЖ-200	200	0,045	0,157	2200	345,4	Ограничена
Фиброгазобетон	300	0,076	0,266	1500	399	Необходима защита от влаги
Пеностекло	175	0,067	0,234	6000	1404	Не ограничена
Пеносиликат на основе жидкого стекла из силикат-глыбы	100	0,042	0,147	2200	323,4	Необходима защита от влаги

\*Расчетная толщина необходимого слоя теплоизоляции получена исходя из значения термического сопротивления слоя R = 3,5 м<sup>2</sup>·К/Вт, соответствующего 6000 градусо-суткам отопительного периода для условий Западной Сибири.

имуществом неавтоклавной технологии является возможность организации производства ячеистого бетона при отсутствии автоклавов и насыщенного пара высокого давления. Основным недостатком неавтоклавных ячеистых бетонов – усадка в процессе эксплуатации (2–3 мм/м), объясняется слабой закристаллизованностью продуктов гидратации цемента и ее можно преодолеть при увеличении степени гидратации цемента за счет использования ускорителей гидратации и твердения, активных минеральных добавок и снижения начального водотвердого отношения (ПАВ). Названные технологические воздействия при приготовлении пористой смеси способствуют уплотнению и упрочнению межпоровых перегородок, что положительно сказывается на интегральной прочности готовых изделий, не уступающей прочности автоклавных изделий.

Сравнительные технико-экономические характеристики теплоизоляционных материалов с жесткой структурой представлены в таблице.

Сопоставляя уровень цен на различные изделия, можно сделать вывод о достаточно высокой стоимости 1 м<sup>2</sup> теплоизоляционного слоя из пеностекла, с помощью несложных расчетов можно прийти к совершенно противоположному выводу. Согласно зарубежному (Германия) опыту применения теплоизоляционных плит из пенопластов и минваты нормативный срок их службы составляет 10 лет, после чего производится полная замена теплозащитного слоя. Таким образом, в течение, например, 50 лет эксплуатации здания необходимо дополнительно еще четыре раза производить замену теплозащитного слоя, и даже при условии постоянства цен в течение этого периода стоимость 1 м<sup>2</sup> теплоизоляции из пенопласта возрастает до 3217 р, а из минплиты – до 1727 р. Необходимость проведения дополнительных строительно-монтажных работ по замене слоя теплоизоляции существенно увеличит стоимость 1 м<sup>2</sup> теплоизоляции. При использовании пеностекла работы по замене теплоизоляции полностью исключаются на весь срок эксплуатации здания.

Анализ вышеизложенного позволяет сделать парадоксальный вывод: применение сравнительно дешевых, но недолговечных теплоизоляционных материалов в строительной индустрии крайне неэффективно и опасно.

Реально оценивая теплофизические характеристики и функциональные свойства теплоизоляционных материалов с жесткой структурой, со всей определенностью можно утверждать, что только пеностекло обладает уникальным сочетанием целого комплекса полезных свойств и превосходит по ним все известные утеплители, производимые в России либо ввозимые из-за рубежа (как правило, минватные и пенопластовые) в виде готовых изделий или технологических линий по их производству. Рано или поздно пеностекло станет основным видом отечественного утеплителя, который можно широко использовать в суровых

климатических условиях России и особенно в районах Урала, Сибири, Крайнего Севера и Дальнего Востока.

Организация производства теплоизоляционных материалов должна быть объектом заботы не только государственных структур, но и региональных органов власти, и в частности областных комиссий по энергосбережению, в программах которых обязательно должны присутствовать разделы, направленные на организацию производства высококачественных теплоизоляционных материалов в местных условиях, так как транспортировка этих материалов на большие расстояния крайне неэффективна.

В заключение необходимо отметить, что производство пеностекла является в настоящее время наиболее выгодной сферой вложения капиталов. Только при условии объединения усилий промышленников, финансистов, проектных организаций, специализированных фирм по производству и комплектации оборудования, научных работников возможно создание широкой сети пеностекольных производств. Применение этого негорючего, долговечного, теплого, легкого и прочного материала – залог выполнения самых жестких требований в строительстве не только при возведении новых зданий, но и при осуществлении проектов по санации устаревшего жилья.

#### Список литературы

1. *Китайгородский И.И., Качалов Н.Н. и др.* Технология стекла. М.: Госстройиздат. 1951. 767 с.
2. *Китайгородский И.И., Кешишян Т.Н.* Пеностекло. М.: Промстройиздат. 1953. 77 с.
3. *Шилл Ф.* Пеностекло. М.: Стройиздат. 1965. 307 с.
4. *Демидович Б.К.* Производство и применение пеностекла. Минск: Наука и техника. 1972. 304 с.
5. *Демидович Б.К.* Пеностекло. Минск: Наука и техника. 1975. 245 с.
6. *Орлов Д.Л.* Пеностекло – эффективный фигурный теплоизоляционный материал // Стекло мира. 1999. № 4. С. 66–68.
7. *Демидович Б.К., Садченко Н.П.* Пеностекло – технология и применение // Пром. строит. материалов. Сер. Стекольная промышленность / ВНИИЭСМ. М.: 1990. Вып. 9. 45 с.
8. Патент RU № 2060238. Способ изготовления вспученного силикатного материала / В.Е. Козлов, И.В. Пасечник, А.В. Горемыкин, В.М. Пискунов // БИ № 16. 1996.
9. Патент RU № 2173674. Состав и способ получения вспученного силикатного материала / Лотов В.А., Верещагин В.И., Стальмаков Ю.А. // БИ № 26. 2001.
10. Патент RU № 2132871. Способ получения жидкого стекла гидротермальным методом / Лотов В.А., Верещагин В.И., Косинцев В.И., Пасечников Ю.В. // БИ № 19. 1999.

В.С. БАКУНОВ, д-р хим. наук, В.А. КОЧЕТКОВ, канд. техн. наук, А.В. НАДДЕННЫЙ, инженер, Б.С. ЧЕРЕПАНОВ, д-р техн. наук, Е.М. ШЕЛКОВ, д-р техн. наук, НИЦ «Экология и промышленная энерготехнология», Институт высоких температур РАН (Москва)

## Многофункциональный керамический строительный материал – керпен

Строительству требуются разнообразные материалы для ограждающих конструкций. Большой практический интерес может представить дешевый многофункциональный и достаточно простой в изготовлении материал на основе местного сырья, получивший название «керпен» (керамическая пена). Он был разработан для сооружения объектов в различных климатических зонах.

Керпен представляет собой пеноматериал, изготавливаемый по разработанной и опробованной энерго- и ресурсосберегающей технологии производства пористых изделий на основе метода вспенивания в обжиге, позволяющего получить ячеистую структуру изделия. Использование дешевого местного сырья (легкоплавкие глины, перлиты, цеолиты, базальты и др.) и отходов промышленности (стеклобой, вскрышные породы, отходы обогательных производств, шлаки и т. д.) делает этот материал перспективным для строительства.

Высокопористая керамика характеризуется ценным комплексом физико-технических свойств, в частности малой теплопроводностью, огнестойкостью, малой плотностью в сочетании с достаточной конструкционной прочностью при широкой возможности направленного регулирования характеристик путем изменения состава и строения.

Особенно перспективна пенокерамика, обладающая матричной структурой со сплошным каркасом, так как последний придает изделиям высокие несущие характеристики. При этом первичным звеном пространственной структуры является газоструктурный элемент [1], состоящий из ячейки-поры, ее стенок и ребер, то есть тот элементарный объем газовой и твердой фазы, который повторяется с определенной периодичностью и высокой степенью упорядоченности и создает микроструктуру.

Рассматриваемые структуры технически можно организовать двумя методами – вспениванием в водных суспензиях твердых частиц или вспениванием жидкой стеклокристаллической массы в обжиге, причем строение таких материалов будет практически одинаково. И в

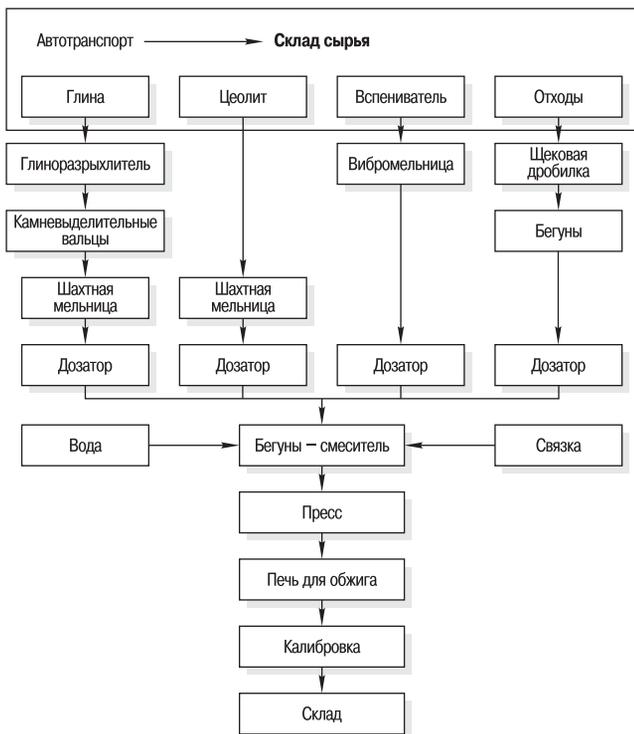
том и в другом случае пеномассу можно представить как систему, состоящую из дисперсной газовой среды и дисперсионной отвержденной или жидкой среды. Дисперсионная среда, в свою очередь, представлена двумя основными компонентами. В первом случае она состоит из отвержденной суспензии, в которую входит вода, пенообразователь, стабилизатор структуры и твердый наполнитель. Во втором – из расплава, в котором равномерно распределена кристаллическая фаза.

Исследования [2] показали, что формированием поровой структуры, то есть скоростью роста и стабилизации газового пузырька можно управлять, регулируя вязкость системы различными приемами: изменением температурного режима вспенивания массы, стабилизацией желаемой макроструктуры путем резкого охлаждения, введением соответствующих добавок. Процессы получения высокопористой керамики пенометодом в первую очередь определяются выбором пенообразователей и стабилизаторов структуры.

Предлагаемые технологические решения прошли экспериментальную проверку на опытно-промышленной линии гибкого автоматизированного производства, построенной на Кучинском опытно-керамическом заводе. На рисунке в качестве примера приведена возможная схема реализации технологии получения кирпича (блоков) из керпена методом полусухого прессования. Технология не требует перевода массы на основе природных сырьевых материалов в стеклообразное состояние. Достаточно провести тепловую обработку смеси с целью удаления кристаллизационной воды, разложения карбонатов и образования небольшого количества расплава, необходимого для спекания и вспенивания стеклокристаллической массы. Показана возможность совмещения указанных процессов в едином цикле.

Таким методом возможно получение даже суперлегковесной пенокерамики с пористостью до 96% и плотностью 120 кг/м<sup>3</sup>. Это обеспечивается выбором состава

Материал	Показатели свойств					
	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Морозостойкость, циклы	Размеры, мм	Масса изделия, кг
Керпен	300	3–4	0,15–0,2	25	750×360×65	3,51
	500	10–12	0,2–0,3	40–50	750×360×65	6,44
Кирпич марки 75 150	1700	7,5	0,81	15	250×120×65	3,3
	1900	15	0,81	25		3,7
Пеностекло	200–400	2–6	0,015–0,13	Более 25 циклов	–	–
Ячеистый бетон	до 500	до 2,5	0,1–0,2		–	–
	до 800	2,5–7,5	0,1–0,2		–	–
Пемзобетон	600	0,35–1,5	0,15–0,18	–	–	–



Пример технологической схемы производства керапена методом прессования

вов, например в алюмоборосиликатных системах с температурой вспенивания до 1000°C путем введения кроме карбид-кремниевых газообразователей добавок поверхностно-активных веществ ( $\text{C}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MoO}_3$ ) и окислителя ( $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ) в количестве 2–3% для более полного окисления частиц введенного в состав газообразователя.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили разработать способ получения керамических легковесных изделий (см. таблицу) и технологию изготовления, например, пористого строительного материала на основе легкоплавких глин или промышленных отходов. В таблице также приведены для сравнения сопоставительные характеристики и других теплоизоляционных и теплоизоляционно-конструкционных материалов. Эта новая нетрадиционная технология одновременно включает в себя последние достижения промышленности строительных материалов в производстве кирпича, плитки, черепицы.

Доступность и дешевизна используемого местного природного или техногенного сырья, а также простота технологического процесса и его аппаратного оформления, а также возможность применения поточно-конвейерных линий делают такие материалы весьма привлекательными для стройиндустрии. Их multifunctionality должна быть максимальным образом использована в проектах строящихся зданий и сооружений.

Применение стеклокристаллических пеноматериалов multifunctional назначения упрощает технологию строительного производства. Использование керамических блоков позволяет снизить вес стеновых конструкций в 3–4 раза при одновременном увеличении их теплопроводности.

#### Список литературы

1. Бермин А.А., Шутков Ф.А. Химия и технология газонаполненных полимеров. Наука: 1988. 504 с.
2. Черепанов Б.С., Сутормин В.В., Давидович Д.И. Кинетика развития газовых пузырей в стеклокристаллических расплавах // Труды института НИИСтрой-керамика. М., 1982. С. 63–75.



## СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО ССБ СТРОЙПРИБОР

ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ  
Лицензия Госстандарта РФ на изготовление средств измерений №000110-ИР

### Измерители прочности бетона

**ИПС-МГ4.01** Метод ударного импульса по ГОСТ 22690. Оснащен функциями ввода коэффициента совпадения  $K_s$ , типа контролируемого изделия и вычисления класса бетона В.

**ИПС-МГ4.03** Расширенный режим измерений с возможностью выбора вида заполнителя, возраста и условий твердения бетона. Диапазон 3...100 МПа.

**ПОС-50МГ4** Метод отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.

**ПОС-50МГ4 «Сколь»** Метод скалывания ребра и отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690. Электронный силовой измеритель, индикация цифровая, время подготовки к работе не более 5 мин. Оснащен электронным силовым измерителем. Индикация скорости нагружения, автоматическая обработка измерений. Диапазон 5...100 МПа.

### Измерители адгезии

Предназначены для контроля прочности сцепления керамической плитки, штукатурки, защитных и др. покрытий с основанием методом нормального отрыва по ГОСТ 28089, 28574. Максимальное усилие отрыва:

<b>ПСО-2,5МГ4</b> .....	2,45 кН (250кгс)
<b>ПСО-5МГ4</b> .....	4,90 кН (500кгс)
<b>ПСО-10МГ4</b> .....	9,80 кН (1000кгс)

### Измерители параметров армирования

**ИПА-МГ4** Измеритель защитного слоя бетона, расположения и диаметра арматуры железобетонных конструкций магнитным методом по ГОСТ 22904. Диапазон измерения защитного слоя 3...100 мм при диаметре арматуры 3...40 мм

**ЭИН-МГ4** Измеритель напряжений в арматуре ж/б изделий частотным методом по ГОСТ 22362.

**ДО-40МГ4** Измеритель силы натяжения арматуры методом поперечной оттяжки по ГОСТ 22362.

### Приборы для теплофизических измерений

**ИТП-МГ4 «100/250»** Измеритель теплопроводности и термического сопротивления материалов при стационарном режиме по ГОСТ 7076 и методом теплового зонда по ГОСТ 30256.

**ИТП-МГ4.03 «Поток»** Обеспечивается определение плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции зданий и теплоизоляцию энергообъектов. Имеет режим самосписца (до 15 суток). Диапазон.....2...500 Вт/м<sup>2</sup>; -30...+100°C.

### Измерители параметров вибрации

**Вибротест-МГ4** Измеритель виброскорости, виброускорения, амплитуды и частоты колебаний виброустановки и др. объектов.

**Вибротест-МГ4+** Имеет режим самосписца (до 25 часов).

### Измерители влажности и температуры

**Влагомер-МГ4** Измерители влажности стройматериалов по ГОСТ 16588, 21718.

**МГ4Д** Измеритель влажности древесины.

**МГ4Б** Измеритель влажности бетона, кирпича, древесины.

**МГ4У** Универсальный измеритель влажности стройматериалов, включая сыпучие.

**ТГЦ-МГ4.01** Измеритель влажности и температуры воздуха с режимом самосписца (до 5 суток). Диапазон 0...100%, -20...+85°C.

**ТЗЦ-МГ4.01** Термометр цифровой зондовый. Одно- и двухканальный, с режимом самосписца (до 15 суток). Диапазон -30...+250°C.

**Анемометр ИПС-МГ4** Измеритель скорости воздушных потоков и их температуры в вентиляционных системах, средней скорости ветра с режимом самосписца (до 24 часов). Диапазон 0,4...30 м/с, -20...+100°C.

Приборы сертифицированы, имеют энергонезависимую память, режим связи с ПК.

454084, г. Челябинск, а/я 8538, ул. Калинина, 11г,  
Тел./факс (3512) 90-16-85, 90-16-13,  
г. Москва, тел. (095) 174-78-01, 174-72-05  
E-mail: stroypribor@chel.surnet.ru http://www.stroypribor.ru

А.И. КУДЯКОВ, д-р техн. наук, акад. МАНВШ, Томский государственный архитектурно-строительный университет, Т.Н. РАДИНА, канд. техн. наук, М.Ю. ИВАНОВ, магистр техн. и технол., ГОУВПО «Братский государственный технический университет»

## **Зернистый теплоизоляционный материал на основе модифицированного жидкого стекла из микрокремнезема**

Расширение номенклатуры и повышение конкурентоспособности отечественных теплоизоляционных материалов являются одним из приоритетных направлений развития в строительстве. Особую значимость приобретает разработка современных эффективных теплоизоляционных материалов на основе местных сырьевых ресурсов (в том числе и техногенных) по малоэнергоемким технологиям.

Работами [1], проведенными на базе кафедры строительного материаловедения и технологии ГОУВПО «Братский государственный технический университет», установлена возможность получения зернистого теплоизоляционного материала на основе высокомолекулярного жидкого стекла из микрокремнезема – отхода производства кристаллического кремния на ОАО «Братский алюминиевый завод».

Целью настоящих исследований является повышение механической прочности, водо- и морозостойкости зернистого теплоизоляционного материала на основе высокомолекулярного жидкого стекла из микрокремнезема путем введения тонкодисперсных минеральных добавок – природной (глиеж Богучанского месторождения) и техногенной (зола-унос II-поля Иркутской ТЭЦ-7) в состав сырьевой смеси для получения материала. Далее по тексту – «глиеж» и «зола-унос».

Исследования, выполненные с привлечением методов математического моделирования и обработки данных на ЭВМ, позволили определить оптимальные дозировки модифицирующих добавок, при которых зернистый теплоизоляционный материал на основе высокомолекулярного жидкого стекла из микрокремнезема обладает наиболее эффективным комплексом физических и теплофизических свойств. В таблице представлены сравнительные результаты испытаний зернистого теплоизоляционного материала, изготовленного с использованием тонкодисперсных минеральных добавок и без них. Эти данные характеризуют более высокие общую пористость и механическую прочность, более низкие

объемное водопоглощение, теплопроводность и потерю массы при испытании на морозостойкость.

Химический состав указанных модифицирующих добавок представлен в основном оксидами кремния и алюминия. Эти добавки химически взаимодействуют с щелочным компонентом ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), содержащимся в составе сырьевой смеси при получении зернистого теплоизоляционного материала.

Механизм взаимодействия высокомолекулярного жидкого стекла из микрокремнезема с модифицирующими добавками был изучен методами рентгеноструктурного анализа (РСА) и ИК-спектроскопии. Анализ полученных рентгенограмм показал, что введение глиежа и золы-уноса приводит к увеличению интенсивности рефлексов кварца и соединений типа  $\text{Al}_n\text{SiO}_m$ . Это можно интерпретировать как увеличение содержания  $\text{SiO}_2$  в системе  $\text{Na}_2\text{O}-n\text{SiO}_2$  и формирование нерастворимых алюмосиликатных новообразований. Введение указанных добавок способствует увеличению количества связей  $\text{Si}-\text{O}-\text{Si}$  в структуре высокомолекулярного жидкого стекла из микрокремнезема, а также появлению связей типа  $\text{Si}-\text{O}-\text{Al}-\text{O}$  вследствие замещения иона кремния ионом алюминия. РСА также позволил отметить и изменение фазового состава зернистого теплоизоляционного материала на основе высокомолекулярного жидкого стекла из микрокремнезема, модифицированного добавками глиежа и золы-уноса. Установлено формирование кристаллических фаз, представленных  $\alpha$ -кристаллитом, кварцем, муллитом и цеолитом.

Технология получения зернистого теплоизоляционного материала включает приготовление суспензии из микрокремнезема, модифицирующей добавки и раствора гидроксида натрия  $\text{NaOH}$  и воды; гидротермальную обработку суспензии в течение 10–15 мин при температуре 80–90°C и атмосферном давлении (получение высокомолекулярного – модуль 5 – стекла); грануляцию и термообработку сырьевых гранул в течение 10 мин при температуре 350–400°C [2, 3].

Для практического использования зернистого теплоизоляционного материала на основе высокомолекулярного жидкого стекла из микрокремнезема по полученным результатам разработаны и зарегистрированы в Госстандарте России технические условия [4].

### **Список литературы**

1. Патент РФ № 2177921, 10.01.2002. Способ получения гранулированного теплоизоляционного материала.
2. Патент РФ № 2220927, 10.01.2004. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала.
3. Патент РФ № 2220928, 10.01.2004. Сырьевая смесь и способ получения гранулированного теплоизоляционного материала.
4. ТУ 5712-18-02069295–2003. Материалы теплоизоляционные зернистые на основе жидкого стекла из микрокремнезема. Технические условия.

Свойства зернистого теплоизоляционного материала	Модифицирующая добавка		
	без добавки	техногенная (зола-унос)	природная (глиеж)
Плотность насыпная, кг/м <sup>3</sup>	85–120	125–140	130–150
Пористость общая, %	83–90	85–91	87–92
Водопоглощение, об. %	6–8	5,2–5,7	5–5,5
Теплопроводность, Вт/(м·°C)	0,07–0,067	0,065–0,063	0,062–0,06
Потеря массы, %, после 15 циклов попеременного замораживания-оттаивания	5,5–6,5	2,5–3	2–2,5
Прочность единичной гранулы при сжатии, МПа	0,5–1	1–1,5	1,5–2

О.С. ТАТАРИНЦЕВА, канд. техн. наук, Т.К. УГЛОВА, инженер, ИПХЭТ СО РАН,  
Г.С. ИГОНИН, д-р техн. наук, Т.Н. ИГОНИНА, Н.В. БЫЧИН, инженеры,  
ФГУП «ФНПЦ «Алтай» (г. Бийск Алтайского края)

## Определение сроков эксплуатации базальтоволоконистых теплоизоляционных материалов

При выборе теплоизоляционных материалов для различных отраслей промышленности в первую очередь необходимо учитывать долговечность утеплителей, то есть способность их противостоять воздействию внешних факторов в течение длительного срока эксплуатации.

В настоящее время благодаря удачному сочетанию уникальных свойств наиболее перспективными считаются теплоизоляционные материалы, изготовленные из природного камня. Объекты проводимых авторами исследований: минеральная (базальтовая) вата из супертонкого волокна марки ВМСТ (ГОСТ 4640–93) и плиты на ее основе с использованием комплексного связующего, содержащего жидкое натриевое стекло, поливинилацетатную дисперсию и технологические добавки.

Среди неорганических волокон базальтовое — один из самых стабильных, устойчивых к внешним воздействиям материалов. Вместе с тем поверхность его неоднородна: на ней имеются участки в виде вершин кристаллов, их смежных границ, точечных дефектов, выходов дислокаций, сочетаний атомов примесей с основными атомами базальтового сырья. Эти неоднородности являются активными центрами донорно-акцепторной природы, на которых может осуществляться адсорбция молекул или ионов из внешней среды, происходить ионный обмен или процессы диссоциации, приводящие к структурно-механическим изменениям поверхности волокна. Кроме того, для базальтового волокна характерно наличие на поверхности гидратной оболочки молекулярной воды с координационной и водородной связями, а присутствие в базальте растворимых в воде или легко гидролизующихся соединений — оксидов щелочных и щелочно-земельных металлов — усиливает адсорбцию молекул воды. Состояние поверхности базальтовых волокон, так же как и их физико-химические свойства, во многом зависит от протекания процесса волокнообразования, обуславливающего появление микродефектов и микротрещин на их поверхности. Вследст-

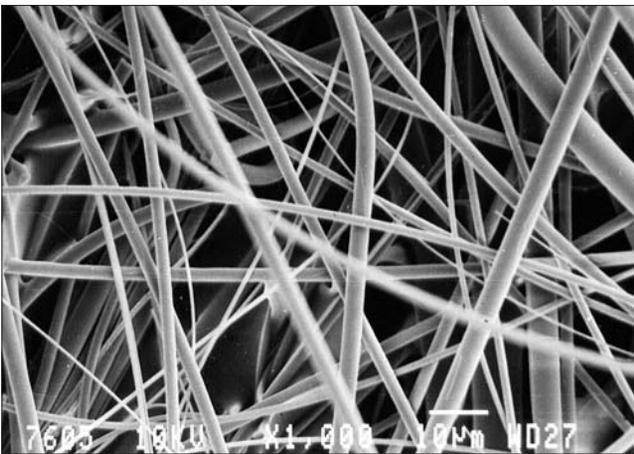


Рис. 1. Электронная фотография минеральной ваты из супертонкого волокна

вие этого на качество получаемой продукции существенное влияние оказывают конструкционные особенности узлов по переработке расплава базальта в волокно. Минеральная вата, использовавшаяся для исследований, получена способом индукционного плавления горных пород токами высокой частоты с последующим вертикальным раздувом расплава сжатым воздухом в дутьевой головке вихревого типа [1], обеспечивающим достаточно высокое качество волокон с минимальным количеством поверхностных дефектов (рис. 1).

На изменение состояния поверхности волокон и возникновение внутренних напряжений как в самих волокнах, так и на границе волокно — контактирующие материалы будут влиять колебания температуры, переменная влажность, давление, агрессивность среды, что может привести к изменению прочности и других свойств минераловатных изделий.

Зависимость состояния поверхности базальтового волокна от многочисленных приведенных выше факторов делает необходимой оценку влияния условий эксплуатации на гарантийные сроки хранения волокон или изделий из них. Поскольку единый подход к решению проблемы прогнозирования долговечности теплоизоляционных материалов в условиях эксплуатации на открытом воздухе отсутствует, ее обычно определяют экспериментальными методами с помощью ускоренных испытаний при различных режимах, имитирующих реальные условия эксплуатации [2, 3].

В естественных условиях влияние внешней среды на эксплуатационные свойства изделий проявляется в основном в виде колебаний температуры и влажности, носящими циклический характер. Поэтому в настоящей работе использована методика прогнозирования долговечности, в основу которой положены циклические испытания образцов теплоизоляционных материалов в ненапряженном состоянии в течение заданного периода времени с последующим изучением их свойств. Влияние температуры имитировали числом циклов воздействия в каждый год эксплуатации, которое определяли расчетами по статистическим метеоданным числа переходов через  $0^{\circ}\text{C}$  в процессе суточных изменений температуры (один цикл эквивалентен двум переходам). При одногодичной повсеместной эксплуатации на территории страны число циклов условно усредненно принималось равным 47. Для имитации зоны умеренно холодного климата ограничили температурным интервалом от  $-25$  до  $+25^{\circ}\text{C}$ , относительную влажность изменяли от 40 до 98%. Эксперименты проводили в камере «GRONLAND». Максимальное количество циклов составило 2360.

В качестве главных эксплуатационных показателей (ГЭП) приняты плотность ( $\rho$ ) под удельной нагрузкой 98 Па и коэффициент теплопроводности при  $25^{\circ}\text{C}$  ( $\lambda$ ), а для плит дополнительно — прочность при сжатии при 10%-ной линейной деформации ( $\sigma_{сж}$ ) и водопоглощение в мас. % за 24 ч ( $W$ , мас. %). Выбор контролируемых

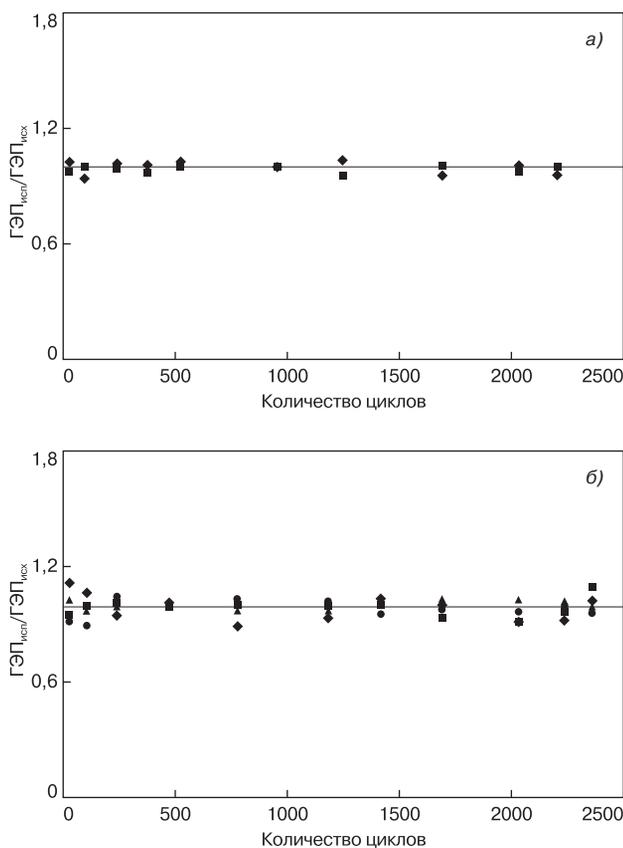


Рис. 2. Зависимость относительных изменений ГЭП от количества циклов термостатирования: а – минеральной ваты:  $\blacklozenge$  –  $\rho$ ,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\blacksquare$  –  $\lambda$ ,  $\text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ; б – теплоизоляционных плит:  $\blacklozenge$  –  $\sigma_{\text{скт}}$ , МПа;  $\blacksquare$  –  $\rho$ ;  $\blacktriangle$  –  $\lambda$ ;  $\bullet$  –  $W$ , мас. %

параметров обусловлен не только уровнем их функциональной значимости, но и возможностью их контроля неразрушающими методами при проведении испытаний (за исключением прочности на сжатие), что позволило оптимизировать количество образцов и надежность статистических оценок.

Микроструктуру теплоизоляционных материалов изучали с помощью электронного микроскопа JSM-840.

На рис. 2 представлены данные относительных изменений ГЭП минеральной ваты и плит в процессе циклического термостатирования, которые свидетельствуют о том, что после длительного воздействия на теплоизоляционные материалы температуры и влажности характеристики их остаются на прежнем уровне.

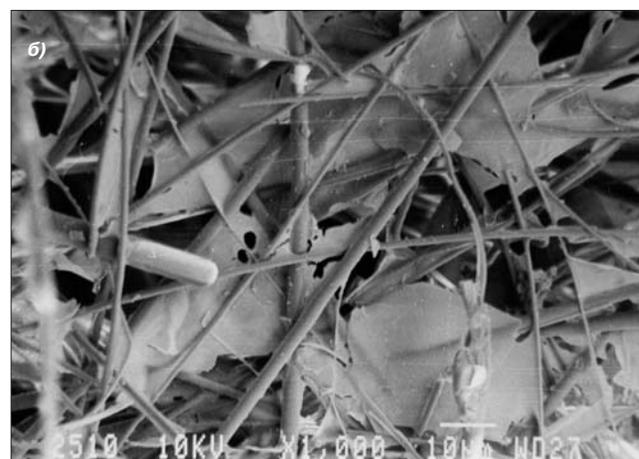
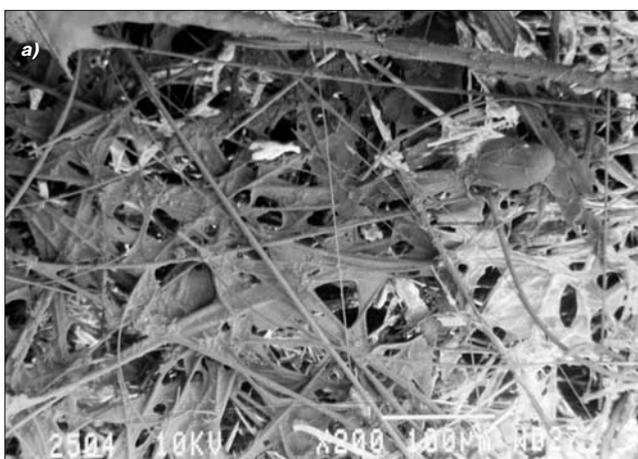


Рис. 3. Макроструктура теплоизоляционной плиты: в исходном состоянии (а); после циклического термостатирования (б)

Незначительные расхождения в значениях параметров для исходных образцов и образцов, прошедших испытания, находятся в пределах допустимых погрешностей при экспериментах.

Согласно кинетической (термофлуктуационной) теории прочности [4] под действием тепловых флуктуаций атомов в макромолекуле полимера происходит разрыв структурных связей и образование вакансий и дефектов, что в конечном счете приводит к их суммированию и образованию повреждений полимера уже на надмолекулярном уровне. Это характерно для пенополистирольных [5] и пенополиуретановых утеплителей, а также для теплоизоляционных минераловатных материалов, в которых в качестве структурообразующего элемента используются полимерные смолы, в частности фенолоформальдегидные. Как показали исследования, наиболее эффективно применение при изготовлении теплоизоляционных волокнистых материалов комплексного связующего, состоящего из органических и неорганических компонентов, обладающего хорошей адгезией к базальтовым волокнам и не разрушающегося длительное время в среде с переменными влажностью и температурой. Электронно-микроскопические исследования подтвердили сохранение целостности структуры комплексного связующего и волокон после циклических испытаний (рис. 3).

Таким образом, стабильность основных технических характеристик минеральной ваты из горных пород и плит на ее основе за время проведения экспериментов (2360 циклов), а также сохранение структуры волокон и адгезии связующего к ним позволяют прогнозировать 50-летний срок их эксплуатации в зоне умеренно холодного климата.

#### Список литературы

1. Свидетельство № 3127. Зарег. в Гос. реестре полезных моделей 16.11.96. Дутьева головка / О.С. Татаринцева, Б.И. Ворожцов, Е.Г. Толкачев, Н.Н. Ходакова, Г.Б. Лапутина.
2. Бобров Ю.Л. Долговечность теплоизоляционных минераловатных материалов. М.: Стройиздат. 1987. 165 с.
3. Свидерский В. А., Яценко О.М. Долговечность гидрофобизованных глинисто-волокнистых композиций // Композиционные материалы на основе базальтовых волокон. Киев. 1989. С. 86–91.
4. Журков С.Н., Куксенко В.С., Слущер А.И. Микромеханика разрушения полимеров // Проблемы прочности. 1971. № 2. С. 45–50.
5. Ясин Ю.Д., Ясин В.Ю., Ли А.В. Пенополистирол. Ресурс и старение материала. Долговечность конструкций // Строит. материалы. 2002. № 5. С. 33–35.

Л.В. МОРГУН, канд. техн. наук, А.Ю. БОГАТИНА, инженер,  
Ростовский-на-Дону государственный строительный университет

## Об эффективности энерго- и ресурсосбережения при использовании фибропенобетона в строительстве

Безавтоклавные пенобетоны относительно малоэнергоёмки при изготовлении, однако высокая усадка и низкая прочность сужают области эффективного применения.

Дисперсное армирование синтетическими волокнами позволяет исключить традиционные недостатки пенобетонов [1, 2]. Дисперсное армирование придает пенобетонам безавтоклавного твердения ряд дополнительных положительных свойств (см. таблицу), к числу которых относятся высокая морозостойкость [3] и пониженная теплопроводность.

Опыт применения фибропенобетона и изделий из него передовыми строительными организациями Ростовской области показывает, что грамотное использование научных достижений на практике позволяет эффективно расходовать материальные ресурсы, снижать материало- и трудоемкость строительного производства. Например, строительная фирма «МИС», выполнив из фибропенобетона монолитную изоляцию железобетонного перекрытия, отделяющего подземный гараж от жилых помещений, достигла не только снижения на 37% величины постоянно действующей нагрузки на перекрытие, но и комплексного улучшения эксплуатационных свойств основания пола. Такое основание не требует укладки выравнивающей стяжки, поскольку фибропенобетонные смеси в момент укладки

имеют сметанообразную консистенцию. После отвердевания поверхность основания пола отличается повышенной ударной вязкостью, обеспечивающей увеличение продолжительности межремонтных периодов. Применение галтелей полной заводской готовности уменьшило трудо- и материалоемкость отделки фасада здания в микрорайоне «Миллениум» за счет исключения оштукатуривания откосов из обязательного набора строительных работ (рис. 1). В настоящее время строительная компания применяет галтели на вновь возводимых объектах.

Фирмы «Вант», «Генстрой», «РотЯг» и др. возводят теплоэффективные стеновые конструкции домов каркасного типа (рис. 2) из сплошных фибропенобетонных блоков. Блоки изготавливает ЗАО «ФИПЕБ» (рис. 3).

Стены из фибропенобетонных блоков плотностью 500 кг/м<sup>3</sup> в сочетании с кладкой в полкирпича при толщине 380 мм обеспечивают сопротивление теплопередаче 3,05 м<sup>2</sup>·°C/Вт. Производительность труда при выполнении кладочных работ возросла в 2–2,5 раза. Причиной столь резкого снижения трудоемкости возведения стен стала высокая точность размеров и пазошпоночная конструкция стеновых блоков [4]. Поскольку отклонения линейных размеров при изготовлении изделий из фибропенобетона не превышают

± 1 мм, то становится возможным и исключение штукатурных из обязательного набора строительных работ, что имеет следующие преимущества:

- снижается материалоемкость строительных конструкций;
- устраняется зависимость от мокрых процессов на объекте;
- улучшаются теплотехнические свойства ограждающих конструкций;
- понижается уровень квалификационных требований к рабочим;
- повышается производительность труда.

Высокие потери тепла при отоплении зданий, построенных по нормативам XX века, требуют дополнительной теплоизоляции фасадов. Работы по теплоизоляции фасадов в России начались в конце 90-х годов. Самое широкое распространение получили:

- вентилируемые или навесные;
- многослойные мокрые штукатурные.

Обе системы способны понижать уровень энергопотребления, улучшать степень шумоизоляции и придавать зданиям современный архитектурный облик. Однако не свободны от недостатков. Вентилируемые фасады дороги, имеют многочисленные ограничения по видам крепежных материалов и элементов подконструкций, как правило, импортного производства. Штукатурные фасадные системы дешевле навесных, однако наличие мокрых процессов создает ряд неудобств, связанных с сезонностью работ и применением ручного труда.

Использование фибропенобетона для изготовления изделий утепления фасадов способно существенно снизить стоимость фасадных систем при одновременном улучшении эксплуатационных и эстетических показателей. Универсальные формообразующие свойства, высокая прочность при растяжении и изгибе в сочетании с низкой плотностью позволяют изготавливать из фибропенобетона плитные изделия для утепления фасадов: рядовые, карнизные, угловые и т. д. Такие изделия способны обеспечить повышение герметичности утепляемых конструкций при сохранении требу-

Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, МПа	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Морозостойкость, циклы	Теплопроводность, Вт/(м·°C)
200	до 0,5	0,2–0,5	не нормируется	0,05
300	0,7–1,2	0,3–0,8	25	0,07
400	1–1,7	0,5–1,3	25–35	0,09
500	1,5–2,3	0,7–1,8	30–50	0,12
600	2–3,5	1–2,5	50–80	0,14
700	2–4,5	1,1–3	80–120	0,16
800	3,5–6	1,8–3,5	более 150	0,18
900	4–7,5	2–4	более 150	0,21
1000	5–12,5	2,5–5	более 150	0,25



Рис. 1. Жилой дом с галтелями в Ростове-на-Дону



Рис. 2. Строящийся жилой дом со стенами из фибропенобетонных блоков

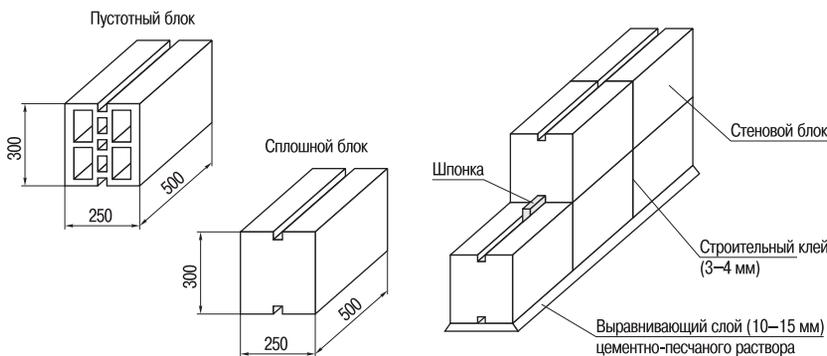


Рис. 3. Конструктивные особенности фибропенобетонных блоков

емого уровня паропроницаемости [5]. Возможность регулирования геометрических параметров и плотности плитных изделий в сочетании с высокой морозостойкостью фибропенобетона (см. таблицу) позволяет использовать такие изделия практически во всех температурных и климатических зонах страны. Фасадные системы из фибропенобетона годятся как для строительства новых зданий со сложным архитектурным обликом, так и для реконструкции или ремонта устаревших зданий. Фактура поверхности плит из фибропенобетона может иметь любую сложность: от орнаментальной до имитации каменной кладки.

Варианты утепления фасадов зданий фибропенобетонными изделиями разработаны в Ростовском госу-

дарственном строительном университете и отвечают требованиям, предъявляемым к фасадным системам, по следующим показателям:

- изготавливаются из недефицитного и экологически чистого сырья;
- при транспортировании и монтаже не получают дефектов;
- могут монтироваться в любое время года в связи с отсутствием мокрых процессов;
- эффективно сочетают в себе теплоизолирующие и отделочные функции;
- при монтаже не требуют усиления несущих конструкций существующих зданий, использования специального грузоподъемного и транспортного оборудования;
- могут быть многообразными по форме и цветовой гамме;

- имеют пожарные и санитарные сертификаты соответствия;
  - обладают высокими: морозостойкостью, шумоизоляционными и теплоизоляционными свойствами;
  - обеспечивают повышение индустриализации строительно-монтажных работ;
  - снижают ресурс- и энергоёмкость строительных объектов.
- Учитывая вышеизложенное, можно заключить, что применение беззастывающего фибропенобетона в строительстве позволяет понижать уровень энергопотребления зданий при одновременном снижении трудоемкости их возведения и повышении эффективности трудозатрат.

### Список литературы

1. *Моргун В.Н.* О развитии деформаций в фибропенобетоне на основе цементов с расширяющимися добавками // *Строит. материалы*. 2003. № 9. Приложение «Наука» № 2. С. 10.
2. *Айранетов Г.А., Моргун Л.В., Моргун В.Н., Несветаев Г.В.* Эффективные стеновые изделия для восстановления объектов, пострадавших от стихийных бедствий и локальных конфликтов // *Промышленное и гражданское строительство*. 2003. № 7. С. 54–56.
3. *Моргун Л.В.* Вязкопластические свойства, особенности структуры и морозостойкость ячеистого фибробетона / *Производство строительных изделий и конструкций*: Межвуз. темат. сб. тр. Л.: ЛИСИ. 1982. С. 17–26.
4. *Айранетов Г.А., Несветаев Г.В., Моргун Л.В., Моргун В.Н., Соханев В.Г., Васильченко В.С., Тищенко А.А.* Стеновой блок. Свидетельство на полезную модель № 28144 от 10.03.2003.
5. *Моргун Л.В., Тищенко А.А.* Паропроницаемость фибропенобетона с химическими добавками // *Строительство-2003*. М-лы МНПК. РГСУ (ИСТМ). Ростов-на-Дону. 2003. С. 125–126.

## СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА



Издательством «Стройматериалы» готовится к изданию учебное пособие «Практикум по технологии керамики». Его авторы – коллектив ученых РХТУ им. Д.И. Менделеева Н.Т. Андрианов, А.В. Беляков, А.С. Власов, И.Я. Гузман, Е.С. Лукин, М.А. Мальков, Ю.М. Мосин, Б.С. Скидан.

Лабораторные работы описаны в соответствии с действующими стандартами. Изложение методик проводимых экспериментов предваряет краткое описание теоретических положений, на которых основана экспериментальная работа.

В разделе «Дообжиговые свойства и характеристики» приводятся методики: отбора средней пробы, определения влажности, пластичности, чувствительности к сушке, зернового состава, прессуемости пресс-порошков и вязкости шликеров, воздушной, огневой и полной усадки. В разделе «Свойства обожженных изделий» подробно изложены методики определения плотности, прочности при сжатии, растяжении и изгибе, твердости, модуля упругости, термической стойкости, электрофизических свойств, а также специфических свойств: белизны, просвечиваемости, морозостойкости. Стоимость 1 экземпляра 450 руб. без почтовых расходов.

Вы можете заказать учебное пособие «Практикум по технологии керамики» по тел. (095) 124-32-96, 124-09-00, e-mail: mail@rifsm.ru

А.С. БРЫКОВ, канд. хим. наук, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

## Многослойное декоративное стекло на основе гидрогеля кремнезема

Способность водных коллоидных растворов кремнезема образовывать твердые гели лежит в основе простого и доступного способа изготовления светопрозрачных декоративных изделий по технологии производства многослойного стекла.

В настоящее время определенной популярностью пользуются различные виды декоративного стекла, производимые по той или иной технологии и предназначенные для изготовления перегородок внутри помещений, столешниц, для остекления внутренних дверей и окон.

Один из распространенных способов получения таких изделий заключается в том, что между двумя листами обычного стекла помещают лист закаленного стекла. Образующие в результате аккуратного разбивания закаленного стекла мелкие осколки создают эффект, который известен специалистам под названием «битый хрусталь». Несмотря на получаемые в результате высокие эстетические свойства, этот способ не лишен недостатков: требуется процесс закаливания стекла с соответствующим оборудованием; определенные трудности возникают при изготовлении гнутого стекла; как следствие, изделие получается достаточно дорогим.

Автор настоящей статьи предлагает простой и недорогой способ изготовления светопрозрачных декоративных изделий аналогичного типа по широко распространенной технологии производства многослойного стекла методом заливки. Способ заключается в изготовлении каркаса, состоящего из двух и более листов стекла, расположенных параллельно и отстоящих друг от друга на расстоянии 0,5 мм и более, заполнении промежутков между листами стекла специальной жидкой композицией на водной основе и ее отвердевании с образованием твердого прозрачного гидрогеля.

Основой композиции являются выпускаемые отечественной и зарубежной промышленностью стабилизированные монодисперсные водные золи кремнезема с размерами частиц  $\text{SiO}_2$  порядка 5–10 нм. В определенных областях значений pH (при введении добавок кислого типа и щелочей), а также в присутствии солей-электролитов золи теряют свою устойчивость, в них разви-

ваются процессы гелеобразования, характер которых зависит от pH, создаваемого в системе. Следует отметить, что способность водных коллоидных растворов  $\text{SiO}_2$  образовывать прозрачные гидрогели при смешивании со щелочами используется в производстве противопожарного стекла.

При смешивании стабилизированных коллоидных растворов кремнезема с определенными видами кислых добавок — органических кислот и разбавленных растворов минеральных кислот, сложных эфиров глицерина, этиленгликоля, одноатомных спиртов — также образуются прозрачные гели, обладающие твердостью и хрупкостью.

В выпускаемых промышленностью растворах коллоидного кремнезема частицы стабилизированы за счет окружающих их одноименно заряженных оболочек из гидроксид-ионов, создающих электростатическое отталкивание между частицами и не позволяющих им сблизиться на расстояние, достаточное для коагуляции и образования силоксановых ( $-\text{Si}-\text{O}-\text{Si}-$ ) связей. Основной причиной нарушения стабильности коллоидных кремнеземсодержащих систем при введении добавок кислого типа является разрушение заряженных оболочек вокруг частиц. Формирование структуры геля в подобных системах широко исследовалось различными авторами; современные представления о происходящих при этом процессах изложены в монографии [1].

Характерная особенность гелей, приготовленных из монодисперсных кремнезелей, заключается в том, что в определенных условиях, например при обезвоживании, нагреве или быстром охлаждении, они растрескиваются на фрагменты различных размеров и форм. Образование трещин связано с развитием напряжений в кремнеземной сетке в процессе объемной усадки. Это явление лежит в основе предлагаемого способа.

Если процесс образования геля и формирования трещин в нем происходит в тонком слое между двумя листами обычного стекла, образуемая структура может иметь вид, как на рис. 1. Разумеется, в каждом случае получаемый рисунок будет носить индивидуальный характер.

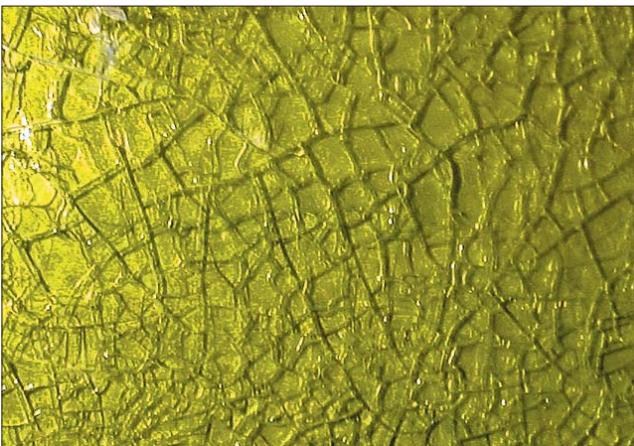


Рис. 1. Фрагмент светопрозрачного однослойного декоративного изделия с деструктурированным слоем гидрогеля кремнезема



Рис. 2. Фрагмент светопрозрачного многослойного декоративного изделия с деструктурированным слоем гидрогеля кремнезема

Принцип изготовления стекла заключается в подготовке каркаса из листов стекла нужной площади и формы путем их склеивания с помощью приемов, известных в технологии изготовления многослойных стеклопакетов. Далее готовят жидкую композицию путем смешивания раствора коллоидного кремнезема с размером частиц 5–10 нм и кислой добавки из числа указанных выше веществ; количество вводимой добавки колеблется в пределах 1–5% от массы коллоидного кремнезема. Композицию заливают в пространство между листами стекла и отверждают путем выдерживания в течение не менее 1–3 ч всего изделия при 50–70°C, например в тепловой камере или высокочастотном электрическом поле (без нагрева процессы гелеобразования будут идти дольше). Перед заливкой композицию дополнительно можно подвергнуть дегазации [2], с тем чтобы избежать образования геля из композиции геля был свободен от пузырьков воздуха. С другой стороны, в некоторых случаях пузырьки воздуха образуют дополнительный эстетический эффект, а также способствуют последующей фрагментации (растрескиванию) слоя геля.

Далее для деструкции геля изделие выдерживают при температуре 100–130°C в течение 10–30 мин и оставляют охлаждаться при обычной температуре. Регулируя скорость охлаждения, можно влиять на процесс фрагментации, варьировать форму и размеры фрагментов геля внутри стекла. Конкретные значения других приводимых выше параметров будут также определяться желаемым результатом и характеристиками используемых материалов.

Многослойные изделия, содержащие более одного слоя геля, будут иметь дополнительный эффект объемности.

Предлагаемым способом легко изготавливаются декоративные стекла гнутой формы, принципиально возможно изготавливать стекла различных цветовых оттенков и в любом сочетании (рис. 2), вводя в композицию перед заливкой специально подобранные окрашивающие вещества (красители и пигменты); при этом изделие может сохранять прозрачность. С другой стороны, своеобразный эстетический эффект можно получить, создавая непрозрачное окрашенное заполнение.

Декоративное стекло сочетается с различными видами безопасного остекления, противопожарного, ударопрочного и т. д. Для наружного остекления возможно также изготавливать декоративные стекла в морозостойком варианте и использовать их в составе стеклопакетов.

При переходе в область отрицательных значений температуры обычное декоративное стекло теряет прозрачность из-за кристаллизации воды, заключенной в структуру геля, и вымораживания остаточного воздуха. При оттаивании прозрачность восстанавливается лишь частично. При изготовлении стекла в морозостойком варианте в качестве противоморозных добавок следует использовать многоатомные спирты (полиолы), причем те из них, которые не вызывают коагуляции кремнезолья. Наиболее подходящей добавкой, по всей видимости, является глицерин. Вводя его в количестве от 5 до 30% от массы композиции, можно получать гели, устойчивые к отрицательным температурам в диапазоне от –5 до –20°C.

Производители многослойного стекла (триплекса), используя имеющиеся производственные технологии, могут наладить выпуск предлагаемого выше декоративного материала и тем самым расширить ассортимент своей продукции.

#### Список литературы

1. Айлер Р. Химия кремнезема: Пер. с англ./ Под ред. В.П. Прянишникова. М.: Мир. 1982. Ч. 1, 2.
2. Брыков А.С., Корнеев В.И. // Пат. RU2205793. Оп. 10.06.2003. Бюл. № 16.

www.nelidovo-nzpm.ru



Россия, 172500, г.Нелидово Тверской обл.  
Тел.: (08266) 3-28-77, 3-33-84  
Факс: (08266) 3-42-85, 3-13-72  
E-mail: nzpm\_d@df.ru

#### ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НЕЛИДОВСКОГО ЗАВОДА ПЛАСТМАСС

### ИЗОНЕЛ

это марка нового высококачественного материала из вспененного пенополиэтилена.

Наш опыт, прогрессивные технологии, немецкое оборудование определили первоклассное качество материала ИЗОНЕЛ.

Ассортимент материалов:

- жгуты ИЗОНЕЛ уплотняющие;
- полотна ИЗОНЕЛ;
- оболочки ИЗОНЕЛ (трубные).

Теплопроводность, Вт/(м·°C) ..... 0,035  
Плотность, кг/м<sup>3</sup> ..... 30

*Мы бережем  
тепло для Вас*



Приглашаем посетить наш стенд (F7)  
на выставке «Отечественные строительные материалы»  
31 января - 4 февраля 2005 г. (Москва, СК «Олимпийский»)

Ю.М. ТИХОНОВ, канд. техн. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,  
И.В. КОЛОМИЕЦ, канд. техн. наук, ген. директор ЗАО «Магистраль» (Санкт-Петербург)

## Аэрированные легкие бетоны и растворы с высокопористыми заполнителями

Развитие индивидуального строительства жилых и дачных домов, хозяйственных блоков, бань-саун и других построек заставляет потребителя искать строительные материалы хорошего качества по доступной цене. Используя местные материалы, вторичные сырьевые ресурсы и побочные продукты промышленного производства, можно наладить изготовление мелкоштучных изделий для возведения наружных стен и перегородок из легкобетонных элементов.

Актуальность темы данной работы определяется также современными требованиями Изменения № 3 СНиП II-3-79\*\* «Строительная теплотехника», предусматривающими повышение теплозащитных свойств наружных ограждающих конструкций жилых домов.

Аэрированные легкие бетоны (АЛБ) отличаются от традиционных ячеистых бетонов (пенобетонов и легких бетонов на пористых заполнителях) как по технологии производства, так и по своим техническим характеристикам. Мелкопористая структура АЛБ формируется при перемешивании воды, вяжущего, мелкозернистых пористых заполнителей в высокоскоростном аэросмесителе турбулентного типа, оборудованном специальной системой лопастей при активном воздухововлечении с помощью ПАВ. Этот легкий бетон отличается от пенобетонов и бетонов на пористых заполнителях повышенной прочностью, меньшим расходом вяжущих, малыми усадочными деформациями и высокой морозостойкостью.

В настоящей работе использовались: вспученный вермикулит М-100 производства ЗАО «Слюдяная фабрика» (г. Колпино Ленинградской обл.), вспученный перлит М-75 производства ООО «Петроперлит» (Санкт-Петербург), а также хвойные опилки и отходы пенополистирола. Их характеристики приведены в табл. 1.

В работе использовались также опилки хвойных пород, полученные в основном в результате распиловки бревен на предприятии Санкт-Петербурга (ЛПЗ пос. Рыбацкое и

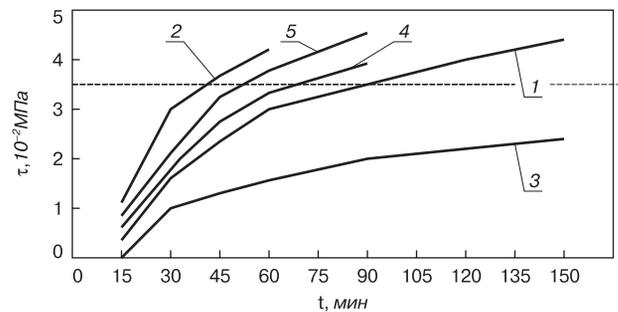


Рис. 1. Кинетика изменения пластической прочности легкобетонной смеси, приготовленной: 1 – в аэросмесителе; 2 – то же с подогревом воды затворения до 60°C; 3 – в обычном растворосмесителе; 4 – в аэросмесителе с добавлением 5% жидкого стекла,  $\rho = 1,4 \text{ г/см}^3$ ; 5 – то же с добавлением 1%  $\text{Na}_2\text{SiF}_6$  (портландцемент – 270 кг, песок – 600 кг, хвойные опилки – 60 кг, вода – 260 л, ОП-7 – 0,75 л)

Таблица 1

Вид пористого заполнителя	Свойства	Фракции, мм				
		1,25–2,5	0,63–1,25	0,315–0,63	0,14–0,315	менее 0,14
Вспученный перлит (Арагацкое месторождение, Армения)	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	92	65	70	93	136
	Пористость общая, %	86,1	97,2	97	96,1	94,3
	Межзерновая пустотность, %	56,6	62,6	60,4	52,8	50
Вспученный вермикулит (Ковдорское месторождение, Мурманская обл.)	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	116	127	150	252	450
	Пористость общая, %	95,2	94,7	96	89,5	81,3
	Межзерновая пустотность, %	76,2	63,1	69,9	72,4	75

Таблица 2

Наименование предприятия и вид опилок	Плотность, кг/м <sup>3</sup>			Истинная пористость, %		Водопоглощение по массе, %	Частные остатки на ситах, мм				
	насыпная	истинная	средняя	частиц	опилок		2,5	1,25	0,63	0,315	менее 0,315
ЛПЗ п. Рыбацкое, лесорамные	120–150	1490	520	60,4	89,9	200–250	52	21,4	19,6	5	2
Невский ДОЗ, поперечной распиловки	140–190	1490	450	69	80,7	180–230	50,4	32	12,2	3	2,4

Таблица 3

Изготовитель	Вид ППС	Свойства					
		Форма частиц	Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Плотность в куске, кг/м <sup>3</sup>	Водопоглощение, мас. %	Межзерновая пустотность, %	Теплопроводность, Вт/(м·К)
ООО «Изотек»	Бисерный	Куски	10	25	20,5	48,2	0,035
ЗАО «Пеноплэкс»	Экструдированный	Стружка	22	45	5	43,1	0,04

Невский ДОЗ). Фракции более 5 мм отсеивались. Основные свойства хвойных опилок представлены в табл. 2. Хвойные опилки обладают насыпной плотностью, близкой по значению плотности минеральных пористых материалов (вспученные перлит и вермикулит), имеют несколько меньшую общую пористость. Основные фракции опилок 5–0,63 мм (73,4–82,4 мас. %), что выше, чем у минеральных пористых заполнителей. Поэтому изделия из АЛБ с их применением имеют большую шероховатость поверхности, чем с другими заполнителями.

Технические характеристики показывают, что частицы экструзионного ППС (табл. 3) обладают меньшим водопоглощением по сравнению с аналогичным показателем бисерного, а также хвойных опилок. По сравнению с опилками отходы ППС имеют значительно меньшие показатели насыпной плотности:  $\rho_{\text{ппс}}^{\text{н}} = 10\text{--}22 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{опилок}}^{\text{н}} = 125\text{--}150 \text{ кг/м}^3$ , средняя плотность частиц  $\rho_{\text{ппс}} = 25\text{--}45 \text{ кг/м}^3$ ,  $\rho_{\text{опилок}} = 450\text{--}500 \text{ кг/м}^3$ . Теплопроводность  $\lambda_{\text{ппс}} = 0,035\text{--}0,04 \text{ Вт/(м·К)}$ ,  $\lambda_{\text{опилок}} = 0,15\text{--}0,17 \text{ Вт/(м·К)}$ .

В основе расчета состава АЛБ положен метод поровых объемов, разработанный авторами, согласно которому объем высушенного до постоянной массы бетона представляет собой сумму объемов:

$$I = V_{\text{тв.ф}}^{\text{а}} + V_{\text{пор}}^{\text{ист}} = V_{\text{ц.к}}^{\text{а}} + V_{\text{п}}^{\text{а}} + V_{\text{п.з}}^{\text{а}} + V_{\text{в.з}}^{\text{п}} + V_{\text{пва}}^{\text{п}} + V_{\text{пз}}^{\text{п}}$$

где  $V_{\text{тв.ф}}^{\text{а}}$  — абсолютный объем твердых фаз бетона;  $V_{\text{пор}}^{\text{ист}}$  — объем пор в бетоне, или истинная пористость;  $V_{\text{ц.к}}^{\text{а}} + V_{\text{п}}^{\text{а}} + V_{\text{п.з}}^{\text{а}}$  — абсолютные объемы цементного камня, песка и пористого заполнителя,  $V_{\text{в.з}}^{\text{п}}$  — объем пор в бетоне от воды затворения;  $V_{\text{пва}}^{\text{п}}$  — объем вовлеченного воздуха;  $V_{\text{пз}}^{\text{п}}$  — объем пор от введения пористого заполнителя.

Нами изучено влияние ряда технологических факторов на кинетику изменения пластической прочности АЛБ-смесей (рис. 1).

Технологические приемы, ускоряющие процесс нарастания пластической прочности, повышают производительность труда: сокращается время выдержки

Таблица 4

Показатели	Значение	Методика испытания
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup> в плотном теле с учетом пустот	1000, 1100, 1200 800, 900	ГОСТ 12730.1–78
Класс бетона	В 3,5–7,5	ГОСТ 10180–78 (с изменениями)
Предел прочности при изгибе, МПа	1,5–3	
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,2–0,35	ГОСТ 30256–94
Отпускная влажность, мас. %, не более	10	ГОСТ 12730.2–78
Морозостойкость, циклов, не менее	25	ГОСТ 10060–87
Водопоглощение, мас. %	10–20	ГОСТ 12730.3–78
Средняя плотность бетонной смеси, кг/м <sup>3</sup>	1050–1400	ГОСТ 12730.1–78
Подвижность раствора на основе смеси, см	8–10	ГОСТ 28013–78

свежеотформованных изделий, ускоряется оборачиваемость форм.

Технические характеристики стеновых камней из аэрированного легкого бетона (СКАБ) представлены в табл. 4.

Характерными особенностями аэрированных опилкобетонов также являются малые усадочные деформации при твердении (менее 0,4 мм/м), высокая ударная прочность и легкость обработки.

Подобраны составы и определены технические характеристики АЛБ с использованием отходов пенополистирола. Составы со средней плотностью  $\rho_0 = 800\text{--}1000 \text{ кг/м}^3$  предназначены для производства плит межкомнатных перегородок. Технико-экономические

Рис. 2. Схема производства стеновых камней из аэрированного легкого бетона: 1 – силос для хранения портландцемента; 2 – шнековый питатель для транспортировки портландцемента; 3 – объемный дозатор портландцемента; 4 – склад песка; 5 – транспортер песка в объемный дозатор; 6 – объемный дозатор песка; 7 – склад пористого заполнителя (опилки, вспученный перлит, вспученный вермикулит, крошка пенополистирола); 8 – транспортер пористого заполнителя в объемный дозатор; 9 – емкость для воздуховлекающей добавки; 10 – аэромеситель скоростной турбулентного типа на тележке и рельсовом пути; 11 – формы-поддоны металлические; 12 – формообразующие рамки металлические; 13 – дозатор воды; 14 – емкость для смазки форм; 15 – пропарочная камера; 16 – автопогрузчик; 17 – автотранспорт для поставки сыпучих материалов

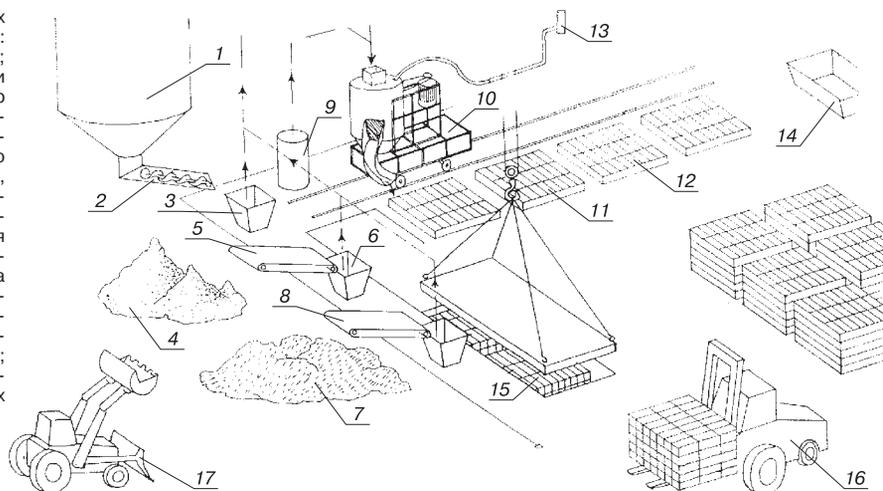


Таблица 5

Наименование	Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4
Вид пористого заполнителя	Вспученный вермикулит	Вспученный перлит, опилки	Опилки, пенополистирол	Пенополистирол
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	1200	1000	800	600
Предел прочности при сжатии, МПа	7,5–10	7,5	3,5–5	2,5–3,5
Горючесть	НГ	НГ	Г1	Г1
Показатель изоляции воздушного шума при толщине 80 мм, ДБ	50	42	38	34
Морозостойкость, циклов	35	25–35	–	–
Отпускная цена, р/м <sup>3</sup>	1500	1400	1200	1100
Рекомендуемые области применения	Перегородки: огнезащитные, для стен лифтовых шахт, межквартирные	Межквартирные и огнезащитные перегородки	Межкомнатные перегородки	Межкомнатные перегородки

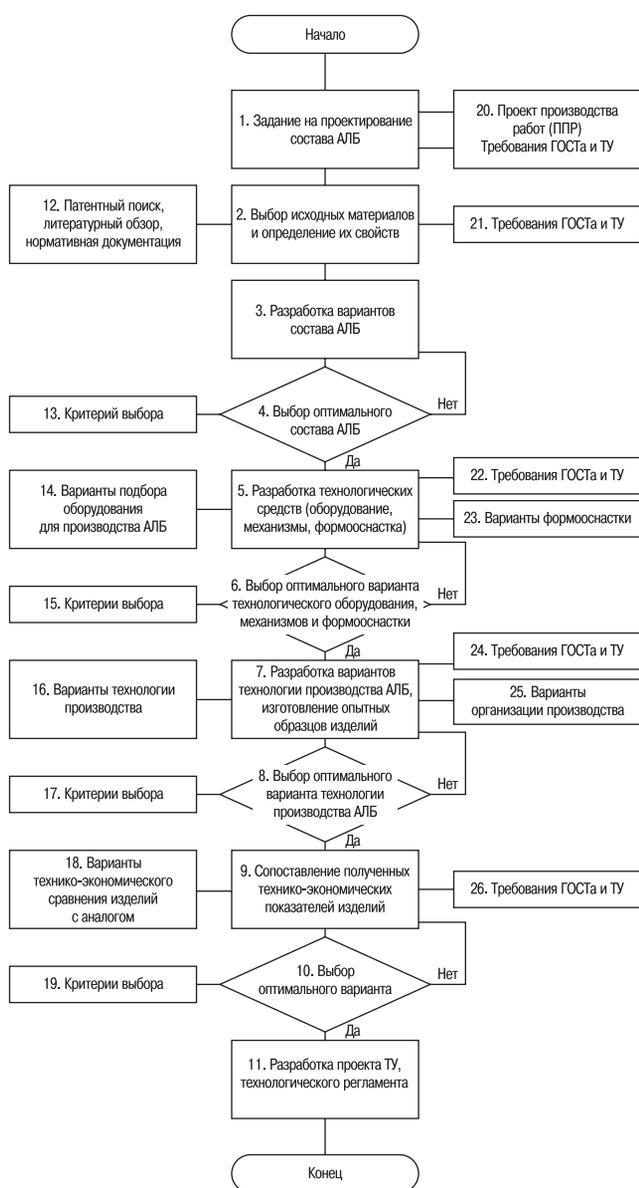


Рис. 3. Алгоритм оптимальной структуры производства изделий из АЛБ на пористых заполнителях

показатели плит перегородок на основе аэрированных легких бетонов приведены в табл. 5.

Технологическая схема производства СКАБ с применением хвойных опилок и других пористых заполнителей приведена на рис. 2. Опытный цех работает по поточно-агрегатной технологии и имеет производительность 5,1 тыс. м<sup>3</sup> изделий в год. Способ изготовления изделий – пластическое формование. Разработан алгоритм оптимизации производства (рис. 3).

Подобрано и спроектировано нестандартное оборудование: самоходный скоростной аэросмеситель турбулентного типа с двумя системами лопастей (нижние лопасти у дна аэросмесителя для взбивания пены, верхние для турбулентного перемешивания); специальные формы со стальными поддонами и съемными рамками. При этом расход металла снижен вдвое по сравнению с традиционно используемыми формами с разборными стенками.

Технико-экономические расчеты показали, что при годовой программе цеха 5100 м<sup>3</sup> изделий окупаемость составляет 1,83 года при уровне рентабельности 23,07%. Отпускная цена изделия ниже цены изделий из ячеистого бетона и керамзитобетона.

Предварительные расчеты показали, что плиты перегородок с  $\rho_0 = 800$  кг/м<sup>3</sup>, выполненные из АЛБ-смесей с использованием хвойных опилок и отходов пенополистирола, конкурентоспособны.

Разработаны также кладочные легкие, штукатурные теплоизоляционные сухие смеси на основе портландцемента, извести-пушонки, вспученного перлита или вермикулита с использованием воздухововлекающих и пластифицирующих добавок. После проведения теплофизических испытаний сухие смеси производства ЗАО «Петроперлит» внедрены на объектах строительства ЗАО «Стройимпульс».

#### Список литературы

1. Тихонов Ю.М. Применение аэрированных «теплых» растворов с пористыми заполнителями в полах гражданских зданий. Л.: ЛМНТП, 1990.
2. Патент № 2.070.874. Способ приготовления смеси для аэрированного легкого бетона и аэросмеситель турбулентного действия / Ю.М. Тихонов // Опубл. Бюл. № 36. 1996.
3. Коломиец И.В. Аэрированные легкие бетоны и их применение в производстве «теплых» оснований полов со звукоизоляцией из вспененного полиэтилена // Труды молодых ученых СПбГАСУ. СПб. 2001. С. 117–121.

В.А. ДУБОВ, канд. техн. наук, действ. член МАИЭС, генеральный директор  
 ЗАО «Волгоцесервис» (г. Тольятти Самарской обл.), В.Г. ЩЕРБАТОВ, генеральный директор  
 ЗАО «НПП «Уральские минералы» (г. Подольск Московской обл.)

## Совершенствование технологии и оборудования для переработки горных пород

Размещение оборудования малой и большой мощности на открытых площадках стало нормой при проектировании предприятий нерудных строительных материалов. Это позволяет приблизить производство к сырьевым ресурсам, снизить затраты на доставку горной массы, а при наличии отходов – на их утилизацию. Специалисты ЗАО «Волгоцесервис» ведут научно-производственную работу по созданию эффективного энергосберегающего карьерного оборудования.

В частности, создан бункер-питатель-грохот, предназначенный для приема горной массы с размером кусков до 750 мм, выделения из нее готового продукта фракций от 10 до 70 мм и отсева фракции 0–10(20) мм (рис. 1).

**Техническая характеристика бункера-питателя-грохота**

Емкость бункера, м <sup>3</sup> .....	30
Наибольший размер кусков в питании, мм .....	750
Производительность, м <sup>3</sup> /ч, не более .....	300
Размер транспортирующей части вибропитателя, мм	
ширина .....	1500
длина .....	4250
Количество ярусов сит, шт. ....	2
Угол наклона просеивающей поверхности, град. ....	10–15
Размер ячеек сит, мм .....	5–70
Мощность двигателя, кВт .....	15
Габаритные размеры, мм .....	7960×4100×5100
Масса колеблющейся части, т .....	5
Масса бункера-питателя, т .....	16

Опытно-промышленные образцы агрегата смонтированы и успешно работают на нескольких карьерах по переработке горной массы при производстве строительных материалов. Они решают задачи как улучшения качества исходного материала, так и повышения производительности технологических линий.

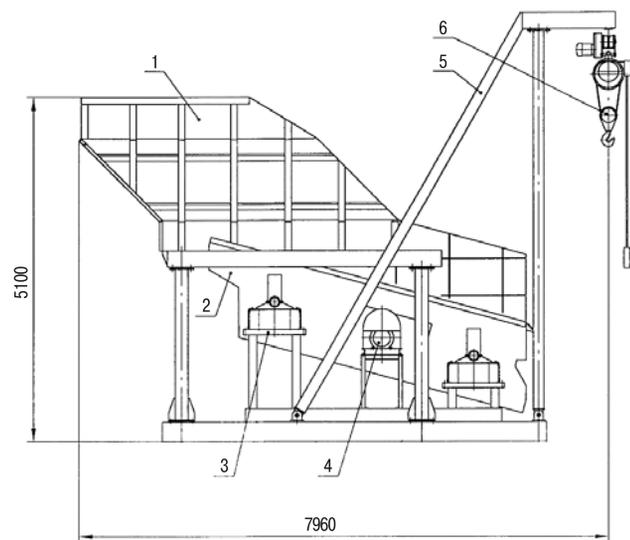


Рис. 1. Бункер-питатель-грохот: 1 – бункер; 2 – короб питателя; 3 – опора питателя; 4 – привод питателя; 5 – металлоконструкция электротали; 6 – таль электрическая

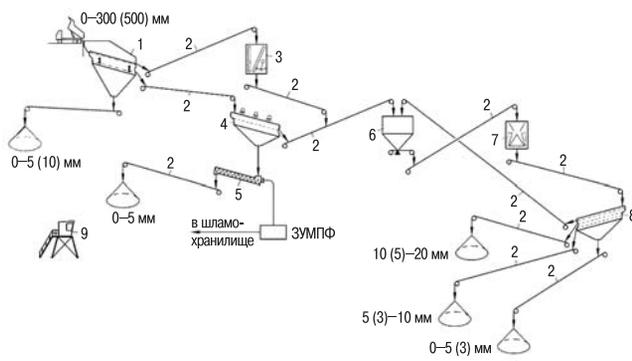
Например, мрамор Еленинского месторождения Челябинской обл. имеет высокую степень белизны (до 96 ед.). Поэтому пережоги и карьерную мелочь, образующиеся при взрыве горной массы, необходимо выводить из основного процесса. Эта проблема была решена установкой бункера-питателя-грохота перед крупным дроблением [1]. Горная масса размером кусков до 750 мм автосамосвалами подается в бункер и далее поступает на питатель-грохот. На грохоте происходит разделение отсева карьерной мелочи в зависимости от степени загрязнения по зерну 10, 20 или 40 мм. Подрешетный продукт конвейером направляется в бункер или открытый склад для последующей переработки с выделением фактурного щебня и песка. Очищенный материал поступает в щековую дробилку СМД-111Б. Продукт дробления щековой дробилки крупностью до 200 мм подвергается дальнейшей переработке в чистом потоке.

Возможны другие варианты переработки. Например, фирма «Феникс» (г. Магнитогорск) предусматривает подачу продукта дробления щековой дробилки в бункер-склад с последующей погрузкой его в автосамосвалы и доставкой на фабрику для переработки.

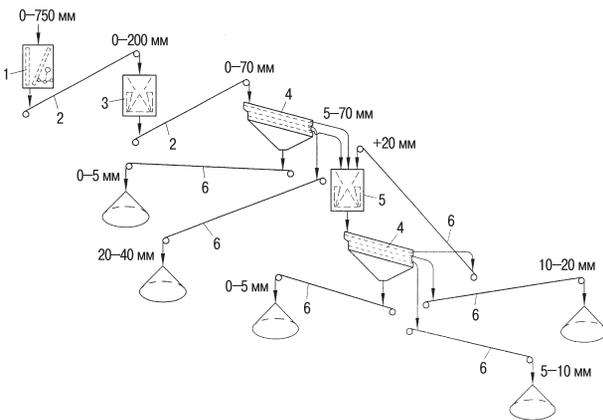
Фирма «STR» (г. Баку, Республика Азербайджан) использует бункер-питатель-грохот для повышения производительности установки по переработке отходов пильного камня из известняка. Горная масса размером до 500 мм автосамосвалами подается в бункер и самотеком поступает на питатель-грохот. Грохот рассеивает

Наименование показателей	Значение	
	ВЦС-0111	ВЦС-0114
Производительность, м <sup>3</sup> /ч, не более	260	220
Размер просеивающей поверхности, мм	2000×6000	
Количество ярусов сит, шт.	2	3
Общая площадь отсева, м <sup>2</sup>	24	36
Амплитуда колебаний, мм	3,2–3,9	
Частота колебаний, г/с	16,2	12,2
Наибольший размер кусков исходного материала, мм	200	150
Мощность двигателя, кВт	22	
Угол наклона просеивающей поверхности, град	12–18	
Габаритные размеры, мм:		
длина	6900	6580
ширина	3000	3100
высота	1600	1600
Масса, кг	7300	8650*

\*Масса с комплектом резиновых сит с ячейками 20×24, 40×44 и 65×65 мм.



**Рис. 2.** Схема переработки ПГС: 1 – бункер-питатель-грохот; 2 – конвейеры ленточные; 3 – агрегат крупного дробления КСД-1750Т; 4, 8 – агрегаты сортировки; 5 – агрегат классификации песка; 6 – бункер – склад промежуточной продукции; 7 – агрегат среднего дробления; 9 – агрегат управления



**Рис. 3.** Схема производства кубовидного щебня в 3-стадийной схеме дробления: 1 – щековая дробилка; 2 – конвейеры ленточные В = 1000 мм; 3 – конусная дробилка КСД-1750Гр; 4 – грохоты ГИС-63; 5 – конусная дробилка КМД-1750; 6 – конвейеры ленточные В = 800 мм

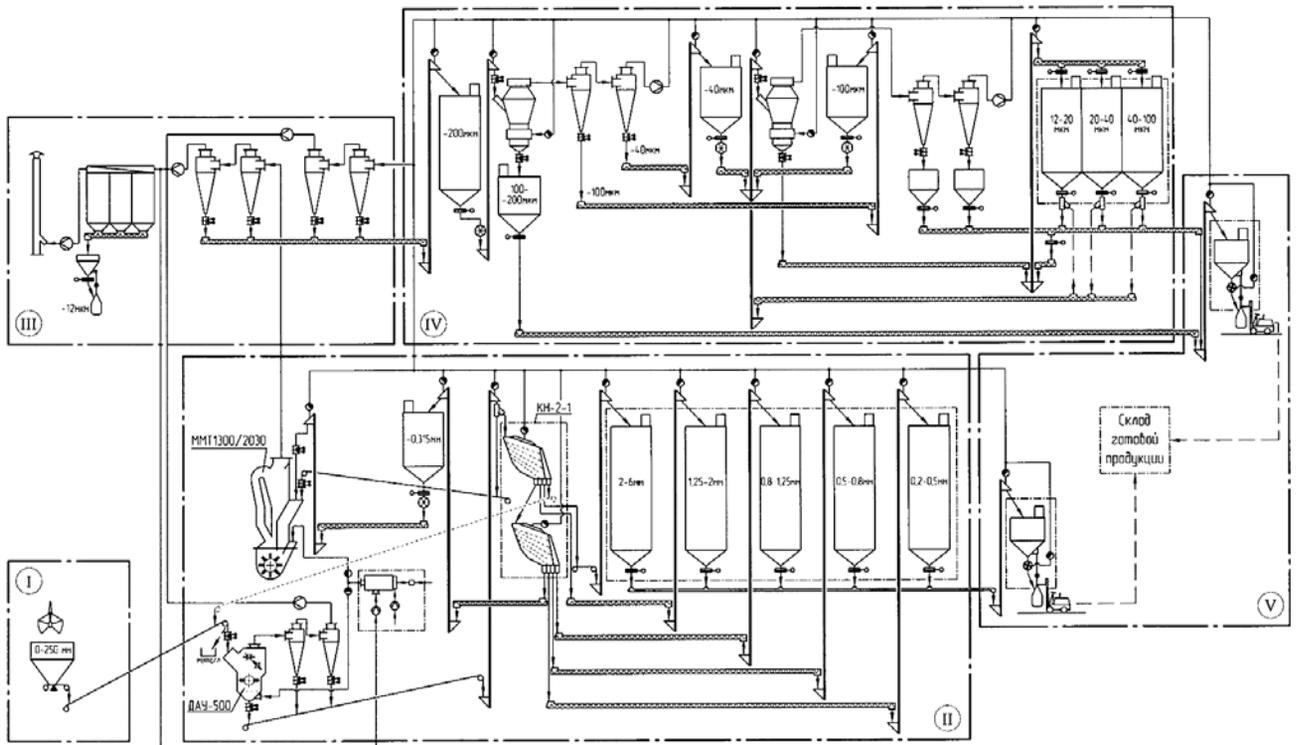
массу по зерну 40 мм. Подрешетный материал фракции 0–40 мм является готовым продуктом. Его содержание в горной массе достигает 40%. Материал крупнее 40 мм поступает в молотковую дробилку СМД-170, продукт дробления которой соединяется с подрешетным продуктом грохота и направляется на склад.

Очень эффективно применение бункера-питателя-грохота для переработки песчано-гравийных смесей, содержащих валуны при высоком содержании песка. На рис. 2 представлена схема, предложенная для переработки смеси в Угранском горно-обогатительном комбинате (г. Вязьма Смоленской обл.). Смесь содержит до 17,5% валунов размером до 500 мм и до 49% песка. Заказчик поставил задачу получать до 500 тыс. м<sup>3</sup> в год щебня из гравия фракции 5–20 мм (80%) и 3–10 мм (20%). Объем перерабатываемой песчано-гравийной смеси для выпуска заданного объема щебня составляет 1350 тыс. м<sup>3</sup> в год. Для дробления гравия, в том числе размером до 20 мм, применена модернизированная конусная дробилка КСД-1750Т с уменьшенным ходом подвижного конуса и повышенным числом оборотов вала.

Размещение бункера-питателя-грохота на борту карьера позволит при необходимости снизить объемы перевозки горной массы за счет части песка, отделяемого в карьер, или на его борту для последующей реализации. Это особенно важно для работы в зимнее время.

С целью повышения эффективности грохочения на сборно-разборных дробильно-сортировочных установках производительностью до 300 т/ч в «Волгоцемсервисе» разработаны и изготовлены грохоты повышенной надежности с размером просеивающей поверхности 2×6 м, в том числе двухситные ВПС-0111.00.000 и трехситные ВПС-0114.00.000. Техническая характеристика грохотов представлена в таблице.

Для получения щебня фракций от 5 до 10 и более 10 до 20 мм с содержанием зерен пластинчатой и игольчатой форм не более 10% запатентована технология пере-



**Рис. 4.** Схема производства заполнителей сухих смесей в ЗАО «Уральские минералы»: I – склад сырья; II – участок дробления, измельчения, сортировки и складирования фракционированных песков; III, IV – участок производства тонкодисперсных материалов; V – упаковка, склад готовой продукции

работки высокопрочных горных пород в трех-, двух- и одностадийной схемах дробления с использованием щековых и конусных дробилок отечественного производства (патент № 2183994, приоритет от 06.05.2000 г.). Способ разработан по результатам исследований, проведенных в институте ВНИИнеруд (г. Тольятти) [2, 3]. На рис. 3 представлена трехстадийная схема переработки горной массы из гранита размером кусков до 750 мм при производстве высокомарочного мелкого щебня, отвечающего требованиям I группы ГОСТ 8267-93 по содержанию зерен пластинчатой и игольчатой форм. Технология реализована на асфальтобетонном заводе ОАО «АвтоВАЗтранс» (г. Тольятти) в одностадийной схеме дробления с применением конусной дробилки КМД-1200. Дроблению подвергается щебень фракции 20–40 мм из гранитов Орского КУ. Содержание зерен пластинчатой формы в продукте дробления – щебне фракции 5–10 и 10–20 мм – составляет соответственно 8 и 10%. Щебень используется в асфальте для верхнего слоя автомобильной дороги М5.

Для получения заполнителей сухих смесей разработаны технология и оборудование, позволяющие получать из мрамора и других горных пород крупностью до 350 мм фракционированные пески и узкие фракции тонкодисперсных материалов в широком диапазоне крупности. Конструкция основной машины – крутонаклонного грохота, позволяющей перерабатывать до 25 т/ч материала крупностью до 10 мм с получением узких фракций от 0,5 мм и выше подробно описана [1]. Для дробления, измельчения и сепарации применены принципиально новые машины: дробильно-измельчительная машина ДАУ-500, пресс-валковый измельчитель ПВИ1200×400 и динамический сепаратор.

На рис. 4 представлена технологическая схема переработки до 60 тыс. т в год мрамора, яшмы, серпентинита и других пород с целью получения фракционированных песков и тонкодисперсных материалов на фабрике, строящейся в Подмоскowie. Исходный материал крупностью до 250 мм поступает в дробилку активного удара, изготавливаемую научно-производственной компанией «ДАУКОМ» (Санкт-Петербург).

#### Техническая характеристика ДАУ-500

Размеры дробящих элементов, мм	
диаметр направляющего ротора	.....600
длина направляющего ротора	.....594
диаметр отражательного ротора	.....518
длина отражательного ротора	.....600
Количество отражательных роторов, шт.	.....2
Размеры приемного отверстия, мм	
продольного	.....612
поперечного	.....600
Наибольший кусок загружаемого материала, мм	.....360
Ширина щелей выпускных решеток, мм	.....70, 40, 20, 15, 10
Производительность при дроблении материала средней прочности, т/ч	.....30
Установленная мощность, кВт	.....30
Масса дробилки, т	.....6,5
Габариты дробилки, мм	.....1200×1600×1800

Крупность готового продукта регулируется размером щелей выпускной решетки. Для разработанной схемы она равна 6 мм.

Для измельчения и сушки материала применена мельница ММТ-1300/2030 производства ОАО «Тяжмаш» (г. Сызрань Самарской обл.).

Для получения тонкодисперсных материалов применен динамический сепаратор диаметром 1,1×0,7 м производства ЗАО «Экспериментально-механический завод» (г. Тольятти).

#### Техническая характеристика сепаратора

Диаметр ротора, мм	.....1100
Производительность по продукту с 10% остатком на сите 0,08 мкм, т/ч	.....20
Граница разделения материалов, мкм	.....от 12 до 100
Регулирование интервалов разделения	.....плавное
Максимальное закругление материала, %	.....2
Установленная мощность ротора, кВт	.....30
Число оборотов ротора, мин <sup>-1</sup>	.....153–350
Регулирование числа оборотов	.....плавное
Мощность привода диска, кВт	.....4
Диаметр диска, мм	.....700
Аэродинамическое сопротивление, Па	.....2260
Расход воздуха при t = 60°C, м <sup>3</sup> /ч	.....28700
Масса сепаратора, т	.....7,2

Дробилка активного удара ДАУ-500 заменила тандем машин, предлагаемых ранее для дробления материала размером до 300 мм, – роторную дробилку СМД-75, изготавливаемую ОАО «Дробмаш» (г. Выкса Нижегородской обл.) и пресс-валковый измельчитель ПВИ 1200×400, изготавливаемый ОАО «Тяжмаш» (г. Сызрань Самарской обл.).

#### Техническая характеристика пресс-валкового измельчителя

Размеры валков, диаметр × длина, мм	.....1200×400
Производительность (пропускная способность), т/ч	.....80
Максимальная крупность исходного материала, мм	.....40
Мощность электродвигателей, кВт	.....2×132
Масса без электрооборудования, кг	.....35080
Габариты, мм	.....4970×4030×2730

Применение ДАУ пока ограничено установками небольшой производительности и недостатком опыта промышленного применения.

#### Список литературы

1. Дубов В.А. Повышение эффективности переработки горных пород // Строит. материалы. 2004. № 1. С. 22.
2. Дубов В.А., Немова В.А., Ларина В.Ф., Дегтярева Н.Л. Прогнозирование лещадных зерен в продукте дробления // Строит. материалы. 1980. № 2. С. 28.
3. Дубов В.А., Ларина В.Ф., Кузина В.А. Производство высокомарочного кубовидного щебня // Строит. материалы. 1980. № 11. С. 14.

## ЗАО «ВОЛГОЦЕМСЕРВИС»

### Разработка и изготовление ЭФФЕКТИВНОГО ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

#### для переработки горных пород

Россия, 454054, г.Тольятти, Самарская обл., а/я 2085  
Телефон/факс: (8482) 73-33-02  
E-mail: vcs@attack.ru

## Нормативная база производства и применения добавок для бетонов и строительных растворов

С 1 марта 2004 г. введены в действие в качестве государственных стандартов Российской Федерации два межгосударственных стандарта Евразийского Содружества Независимых Государств:

- ГОСТ 24211–2003 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия»;
- ГОСТ 30459–2003 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Методы определения эффективности».

ГОСТ 24211–2003 не предназначен для выпуска по нему конкретных видов добавок, однако все его требования следует учитывать при разработке технических условий и других нормативных документов, в которых устанавливается перечень нормируемых показателей качества этих добавок. Из этого положения следует, что единственным нормативным документом, по которому могут выпускаться добавки, являются технические условия.

Практика использования в качестве добавок продуктов, выпускаемых промышленностью для других целей, например нитрита натрия по ГОСТ 19906–74 или полигидросилоксанов (ГКЖ 94) по ГОСТ 10834–76, с введением нового стандарта принципиально меняется. Суть изменения состоит в том, что для использования этих продуктов в качестве добавок для бетона дополнительно к ГОСТ должны быть разработаны и утверждены технические условия, в которых установлены требования к конкретной добавке, обеспечивающие технологическую и техническую эффективность ее применения в бетоне. Например, для нитрита натрия эти требования должны устанавливать нормы эффективности по противоморозному действию добавки, а для ГКЖ-94 – соответственно по газообразованию и гидрофобизации.

Следует подчеркнуть, что обязательность нормативных документов, по которым выпускаются добавки (ТУ и ГОСТ), по новому закону «О техническом регулировании» наступает с момента заключения договора о поставке между изготовителем и покупателем продукта.

Ниже рассмотрены основные положения ГОСТ 24211–2003, отличающие его от ранее действовавшего стандарта ГОСТ 24211–91.

Стандарт распространяется на неорганические и органические вещества естественного и искусственного происхождения и их комплексы, то есть объединяет старые термины «химические» и «минеральные» добавки.

Термин «критерий эффективности» расшифрован как величина показателя основного эффекта действия добавки, что меняет его суть.

Добавки в зависимости от основного эффекта действия подразделены на три вида:

- регулирующие свойства готовых к употреблению бетонных и растворных смесей;
- изменяющие свойства бетонов и растворов;
- придающие бетонам и растворам специальные свойства.

Пластифицирующие и водоредуцирующие добавки разделены на три группы в зависимости от уровня пластификации контрольного состава от П1 до П5. При этом степень водоредуцирования не нормируется, а для нередуцированных составов допускается снижение прочности бетона до 5%.

Добавки, регулирующие сохраняемость подвижности смеси, должны увеличивать или снижать время сохраняемости в 1,5 раза и более.

Эффективность поризующих добавок оценивается по объему вовлеченного или образованного воздуха или газа, дифференцированного по видам бетонов и добавок.

Ускорители должны увеличивать прочность бетона в раннем возрасте на 30–50% и более, а замедлители – снижать прочность в раннем возрасте на 30% и более, при этом снижение прочности в возрасте 28 суток не должно превышать 5%.

Добавки, повышающие прочность бетона, должны обеспечивать прирост прочности в возрасте 28 суток не менее 20%.

Введены новые виды добавок, в том числе:

- повышающие коррозионную стойкость;
- регулирующие процессы усадки и расширения;
- гидрофобизирующие и биоцидные;
- повышающие стойкость к высолообразованию.

Для противоморозных добавок нормой является достижение 30% (при твердении на морозе) от прочности бетона, твердеющего в нормальных условиях. Теперь этот показатель может относиться к различной температуре.

В разделе «Правила приемки» указано, что потребитель имеет право (но не обязан) проводить контрольную проверку качества добавок, используя методы испытаний по ГОСТ 30459–2003.

Из текста стандарта (в редакции 1991 года) исключен перечень конкретных добавок, которые рекомендовалось применять в бетонах. Поэтому следует еще раз обратить внимание на то, что добавка может считаться соответствующей ГОСТ 24211–2003 только в том случае, если она выпускается по «Техническим условиям», в которых нормируются все ее технологические характеристики.

ГОСТ 30459–2003 хотя и сохранил старое название стандарта, по сути является стандартом на методы испытаний, по результатам которых можно судить не только о соответствии фактических свойств добавок показателям качества, нормируемых в технических условиях, но и оценить эффективность добавок путем сравнения с нормами ГОСТ 24211–2003.

В стандарте принят новый подход к оценке эффективности добавок, по которому этот показатель может оцениваться по результатам сравнения основного состава с добавкой как со стандартным контрольным составом, так и с рядовым контрольным составом без добавки. С учетом того, что за *рядовой* состав принимают *любой конкретный состав*, принятый на конкретном производстве, значительно расширяется понятие «эффективность добавки», которое теперь будет связано не только со свойствами самой добавки, но и в значительной степени с условиями ее применения.

Принципиально изменился и термин «оптимальная дозировка добавки» для контрольного рядового состава, который формулируется как количество добавки, необходимое для получения заданного технологического или технического эффекта для конкретного предприятия.

Отмечены новые условия испытаний добавок, соответствующих ГОСТ 24211–2003. Для оценки влияния водоредуцирующего эффекта пластифицирующих добавок на свойства бетонов подвижность основного состава принимают равной подвижности контрольного

состава за счет уменьшения водосодержания основного состава по сравнению с контрольным. Оценка эффективности водоредуцирующего действия добавки проводят по величине изменения показателей свойств бетонов основного состава по сравнению с контрольным.

Эффективность действия добавок, регулирующих сохраняемость удобоукладываемости смесей, оценивают путем сравнения времени сохраняемости подвижности смеси в контрольном и основном составах. За время сохраняемости принимают время перехода смеси из одной марки подвижности в ближайшую соседнюю.

Поризующие добавки оценивают по прямому показателю — количеству воздуха или газа в смеси.

При испытании добавки, повышающие морозостойкость смеси основного и контрольного состава, должны иметь одинаковую подвижность ПЗ (Пк2).

Противоморозные добавки испытывают при расчетной отрицательной температуре (а не только при  $-15^{\circ}\text{C}$ , как это было в ранее действующем стандарте) и рекомендуемой дозировке. Отмеченные изменения в методике испытания добавок могут весьма существенно повлиять на оценку их свойств и соответственно на оценку эффективности.

III международная научно-практическая конференция  
«Развитие керамической промышленности России»

# КЕРАМТЕКС

22–23 марта 2005 г., Москва  
Центр Международной торговли

«КЕРАМТЕКС» — новое имя ежегодного известного и престижного научно-технического мероприятия, место встречи и обмена информацией ученых и специалистов в области строительной керамики, открытая трибуна для дискуссий.

Тема конференции

«Кирпичные заводы, работающие на импортом оборудовании»

На конференции будут обсуждаться вопросы

- Техническое состояние действующих производств
- Рынок технологического оборудования для производства керамического кирпича
- Модернизация предприятий и отдельных технологических переделов
- Совершенствование нормативно-технической базы отрасли в свете создания ТК 465 «Строительство»
- Отраслевая наука – керамическому производству
- Развитие рынка керамического кирпича
- Финансовые механизмы развития предприятий отрасли

Традиционно к проведению конференции готовится тематический номер журнала «Строительные материалы»<sup>®</sup> №2-2005 г., в котором будут опубликованы пленарные доклады.

Для участия в конференции или выступления с докладом необходимо получить договор-заявку лично, по почте, факсу, электронной почте или через internet [WWW.RIFSM.RU](http://WWW.RIFSM.RU)

На сайте также можно ознакомиться с обзором 2-й международной научно-практической конференции «Перспективы развития керамической промышленности России», прошедшей 26–27 февраля 2004 г. (раздел «Подшивки», №4-2004 г.)

На все вопросы об участии в конференции  
Вам ответят по телефонам:

(095) 124-32-96, 124-09-00 – Лескова Елена Львовна

(095) 945-50-92, 945-50-84, 945-50-24 – Журова Марина Петровна

E-mail: [expo-group3@men.ru](mailto:expo-group3@men.ru), [mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru)

Нормативную базу применения добавок представляют СНиПы, стандарты, технические условия, технологические регламенты и другие нормативно-технические и технологические документы, в которых регламентируются нормы и требования к исходным материалам, применяемым при приготовлении различных видов бетонов и строительных растворов. К таким документам относятся: СНиП 3.03.01, СНиП 3.09.01, СН 277, ГОСТ 26633–91, ГОСТ 24485–80, ГОСТ 28013–98, ГОСТ 7473–94, ГОСТ 13015–2003, ГОСТ 6133–99, ГОСТ 17608–91, ГОСТ 6665–91 и др.

При этом в большинстве документов дается ссылка на ГОСТ 24211–2003 либо на соответствующий стандарт, нормирующий свойства бетона или раствора, из которого изготавливается конструкция или смесь. В некоторых документах, особенно ведомственных, делаются ссылки на конкретные виды добавок, что, по нашему мнению, неоправданно ограничивает возможности технолога-бетонщика, призванного подобрать оптимальный состав бетонной или растворной смеси, обеспечивающий получение бетона или раствора, соответствующего всем нормируемым проектным требованиям.

Содержание журнала

«Строительные материалы: technology»  
№4-2004 г.



Подписной индекс

**87722**

по объединенному каталогу  
«Пресса России»

Н.Н. ДУБИНИН, С.А. МИХАЙЛИЧЕНКО,  
М.В. СЕВОСТЬЯНОВ  
Энергосберегающие технологические комплексы  
и оборудование

В.Н. АНДРЕЕВ, В.Б. РАБИНОВИЧ, В.С. ЗОРОХОВИЧ  
Модернизация оборудования кирпичных заводов  
поставки НРБ на примере ООО «Рузаевская керамика»

ЗАО «Самарский Стройфарфор» –  
современные матрицы для получения гипсовых форм

С.А. ПИСАРЬКОВ, В.В. НОВИКОВ,  
С.В. НОВИКОВ, А.В. КОРЗАКОВА  
Получение калиево-полевошпатовых концентратов  
из отсевов гранитных месторождений

В.П. СУЧКОВ, Э.В. КИУШКИН  
Сульфатсодержащие вяжущие из шламов ТЭЦ  
и отходов серной кислоты

## Специфика и состав строительной отрасли Украины

После распада СССР экономика Украины постепенно перешла от административно-планового хозяйствования к рыночным отношениям, что подразумевает переход от директивных методов ведения хозяйствования к стратегии развития каждой отдельной отрасли.

Как известно, развитие рыночной экономики предполагает постоянное увеличение предложения над спросом, что, в свою очередь, приводит к снижению цен на продукцию (при этом является обязательным соблюдением закона «цена-качество»).

В настоящее время рынок Украины ориентирован на рынок потребителя и каждый производитель или предприятие, предоставляющие услуги, стремится производить и предлагать конкурентоспособную продукцию.

Динамика развития строительной отрасли показывает, что она до сих пор остается монополизированной. В этой отрасли занято примерно 10% всех трудящихся государства.

Строительство Украины в системе народного хозяйствования, с одной стороны, является отраслью, которая производит продукцию для всех остальных отраслей, а с другой — потребителем продукции более чем 70 отраслей промышленности, в первую очередь промышленности строительных материалов, а также машиностроительной, металлургической, химической, топливно-энергетической и т. д. В строительстве используется 85–90% всей продукции промышленности строительных материалов, более 10% машиностроительной промышленности, примерно 20% проката черных металлов, более 40% лесоматериалов.

Значение и роль строительной отрасли определяются ее участием в расширенном воспроизводстве основных фондов всех отраслей народного хозяйства государства, совершенствовании отраслевой структуры и размещении предприятий, привлечении в производство заново открытых природных ресурсов, комплексном развитии экономики государства, экономических районов, реализации программ в отрасли градостроительства, создании базы для повышения материального и культурного уровня жизни населения.

В условиях рынка строительство, как и все отрасли производственной сферы, приобретает новый экономический смысл, связанный со свободной динамикой капитала и свободной деятельностью каждого объекта собственности.

На смену вертикальным отраслевым связям, которые преобладали в административно-плановой экономике, приходят горизонтальные связи инвесторов. Поэтому строительство как экономический процесс является непрерывной инвестиционной деятельностью собственников капитала на протяжении жизненных циклов зданий и сооружений, в создание которых этот капитал был вложен.

С микроэкономической точки зрения строительный рынок является многоотраслевой системой производства, распределения, обмена и потребления строительной продукции и услуг строительной отрасли.

Строительство по определенным признакам значительно отличается от остальных отраслей. Эта отрасль характеризуется разнообразной структурой подрядных

строительных организаций и предприятий, высоким уровнем их специализаций и коопераций. Она является одной из наиболее высокомонополизированных отраслей в структуре народного хозяйства Украины.

В состав строительной отрасли народного хозяйства и строительного комплекса Украины входят организации и предприятия, показанные на рисунке.

Как видно из рисунка, строительство — одна из крупнейших отраслей народного хозяйства, которая включает строительно-монтажные подрядные, проектно-исследовательские, проектно-конструкторские организации и фирмы, научно-исследовательские учреждения строительного профиля, органы хозяйственного управления строительством, а также разнообразное число мелких и средних частных и коллективных строительных фирм.

Особенности строительства заключается в сооружении недвижимых объектов основных фондов; создаваемая продукция неподвижна и используется по месту ее нахождения. Процесс строительства отличается, как правило, большой длительностью, капиталоемкостью и материалоемкостью, продукция носит индивидуальный



Схема предприятий строительного комплекса Украины

характер, поскольку предназначена для отдельного заказчика. Каждый объект строительства осуществляется по индивидуальному проекту и привязан к определенной территории, поэтому средства труда и рабочая сила постоянно перемещаются с одного объекта на другой. Весьма разнообразен характер сооружаемых объектов и выполняемых работ, стоимость которых определяется специфической ценой — сметной стоимостью. Конечным результатом строительства является строительная продукция, представляющая собой сданные в эксплуатацию производственные мощности и основные фонды по полной сметной стоимости.

В настоящее время строительный комплекс Украины включает примерно 7000 крупных и средних предприятий и строительных организаций и промышленности строительных материалов, в которых занято более чем 1 млн рабочих, а также 17 тыс. малых предприятий с количеством рабочих более 170 тыс. человек.

Строительная отрасль в Украине находится в затруднительном финансовом состоянии.

Это объясняется рядом причин: слабым спросом на продукцию, непривлекательным инвестиционным климатом Украины, отсутствием квалифицированного персонала, отсутствием поддержки со стороны государства и т. д.

Проблемой предприятий строительной отрасли является снижение себестоимости материалов.

Возрастание роли научно-технического прогресса в развитии капитального строительства ставит перед проектированием все более высокие требования вследствие внедрения научных разработок, от которых зависит будущая эффективность сооружаемого объекта, применения прогрессивных научно-технических достижений, ресурсо- и энергосберегающих технологий и оборудования, экономичных объемно-планировочных решений, передовых методов организации производства и труда.

Для достижения этих целей необходимо обеспечить выпуск высококачественных конкурентоспособных строительных материалов и изделий, рациональное использование минеральных природных ресурсов и вовлечение в производство техногенных отходов различных отраслей промышленности, упорядочить сеть научно-исследовательских, проектно-изыскательских, конструкторско-технологических организаций. Значительное распространение должно получить вариантное проектирование, более глубокая проработка технологических, конструкторских, архитектурных решений. На стадии разработки проектно-сметной документации можно достичь 80% экономии общей стоимости строительства.

Другим направлением снижения себестоимости строительной продукции является сокращение финансовых издержек при доставке как конечной продукции, так и сырья для ее производства.

В настоящее время очень мало внимания уделяется вопросу оптимизации материальных потоков именно в строительстве, хотя известно, что материальные затраты в себестоимости продукции этой отрасли составляют более чем 60%. Например, транспортные затраты в строительстве достигают почти 25%. Перевозки грузов для строительства осуществляются железнодорожным, водным, автомобильным и воздушным транспортом и в грузообороте транспортной отрасли процентное отношение строительных грузов составляет: железнодорожным транспортом — примерно 22%, автомобильным — 50%, водным — 10%.

Поэтому для материалов строительных конструкций и изделий первостепенное значение имеет рационализация материальных потоков с целью минимизации связанных с ними затрат, что предопределяет целесооб-

разность и необходимость применения методов логистики в обеспечении строительства как эффективного научного инструментария управления формированием и движением материальных потоков.

Рынок строительных материалов в настоящее время уже имеет условия для использования логистических решений в организации материальных потоков:

- высокий уровень конкуренции на рынке строительных материалов;
- предприятия промышленности строительных материалов располагают резервами неиспользуемых производственных мощностей;
- значительная часть материального потока в инвестиционном процессе формируется внутри строительного комплекса и полностью зависит от действий его звеньев и подразделений, выбора рациональных решений;
- материальный поток в строительстве завершается моментом использования материальных ресурсов в процессе создания (ремонта) основных фондов;
- материальный поток в строительстве при создании объекта имеет четко выраженную продуктивную неоднородность в процессе строительного цикла;
- материальный поток непрерывно меняет свою пространственную направленность по мере перемещения производства работ с одного объекта на другой.

#### Список литературы

1. Беренс В., Харванек П. Руководство по оценке эффективности инвестиций. М.: Инфра-М. 1995. 526 с.
2. Рогожин П. С., Гойко А. Ф. Экономика строительных организаций. К.: ИД «Скарби». 2001. 448 с.
3. Сергеев В. И. Менеджмент в бизнес-логистике. М.: Информационно-издательский дом «Филин». 1997. 722 с.

44-й международный семинар по проблемам моделирования и оптимизации композитов (МОК)

## Моделирование и оптимизация в материаловедении

21-22 апреля 2005 г.

Украина, г. Одесса

**Организаторы семинара:** Международная инженерная академия, научный совет по компьютерному материаловедению МИА, Одесская государственная академия строительства и архитектуры (ОГАСА), Центр научно-технического творчества молодежи ОГАСА, Одесский дом ученых.

#### Тематика конференции

- Экспериментально-статистические модели в компьютерном материаловедении
- Метод Монте-Карло в материаловедении
- Многокритериальные задачи и компромиссные решения
- Оценка стойкости и долговечности
- Оптимизация материалов и конструкций

#### Оргкомитет семинара

Ученый секретарь МОК Кровяков Сергей Алексеевич  
Телефон: (380-482) 47-39-15 (звонить с 8<sup>00</sup>-10<sup>00</sup> и 20<sup>00</sup>-22<sup>00</sup>)  
e-mail: [serg\\_kr@odessa.net](mailto:serg_kr@odessa.net)

#### Для писем

65001, Украина, г. Одесса, главпочтамт, а/я 76  
Вознесенскому В.А.

## НОВОСТИ КОМПАНИЙ

### **Официально открыт новый завод группы «Кнауф» в г. Кунгуре Пермской области**

В г. Кунгуре Пермской обл. состоялось официальное открытие завода «Кнауф Кунгур». За четыре года, прошедшие с момента приобретения в ноябре 2000 г. недостроенного завода КПД, общая сумма инвестиций в новый завод составила 1,3 млрд р.

Становление завода шло шаг за шагом: в июне 2003 г. состоялся запуск линии по производству металлического профиля; в ноябре того же года введен в эксплуатацию карьер на Ергачинском месторождении гипсового камня; в декабре начат выпуск гипсокартонных листов; в марте 2004 г. завершены пусконаладочные работы на линии по производству пазогребневых плит; в мае начато строительство второго гипсоварочного цеха. На заводе работают 250 человек. В ближайшем будущем планируется начать выпуск сухих строительных смесей, что позволит увеличить число работников на 10%.

### **«МС-Vauchemie Russia» официально запустил новый завод**

Компания «МС-Vauchemie Russia» торжественно открыла свое новое предприятие по производству сухих строительных смесей и материалов специального назначения в г. Кировске Ленинградской обл.

Годовой объем выпуска продукции составит 150 тыс. т при работе завода в одну смену. Инвестиции в строитель-

На церемонии торжественного открытия завода генеральный директор фирмы «Кнауф» по России и СНГ доктор Х. Юркович выразил благодарность руководству Пермской области и г. Кунгура за всестороннюю поддержку деятельности фирмы «Кнауф» и содействие в решении различных организационных вопросов. Со своей стороны, вице-губернатор Пермской области О.М. Жданов отметил, что строительство в Кунгуре завода «Кнауф» является ярким примером грамотных, хорошо продуманных инвестиций. В рамках программы «Дни Германии в России» торжественное мероприятие посетил чрезвычайный посол ФРГ в России Х.-Ф. фон Плетц.

В настоящее время ООО «Кнауф Кунгур» входит в десятку крупнейших налогоплательщиков области. Благодаря деятельности ООО «Кнауф Пермь» строительные материалы производства «Кнауф Кунгур» успешно реализуются на Урале, Дальнем Востоке и в Сибири.

*По материалам службы общественных связей  
фирмы «КНАУФ» в России*

### **Производство сухих строительных смесей начато в Омске**

Новая линия по производству сухих строительных смесей запущена на ОАО «Омский комбинат строительных конструкций». Мощность производственной линии в настоящее время составляет 7,5 т/ч сухих смесей. Технологическая линия построена по классической вертикальной схеме и включает операции от подготовки песка

до фасовки продукции в бумажные мешки. Технологическая цепочка, разработанная и реализованная специалистами компании «Вселуг», полностью автоматизирована и обслуживается персоналом в 30 человек. Пока предприятие выпускает пять наименований сухих смесей, получивших торговое название «Композит».

Кроме выпуска высокотехнологичных смесей по рецептуре немецкого концерна «МС-Vauchemie» на заводе будут расширять ассортимент продукции известной марки «Плитонит».

*Соб. информация*

### **Компания «Старатели» запускает новую гамму продуктов**

В ноябре 2004 г. один из крупнейших российских производителей сухих строительных смесей компания «Старатели» выводит на рынок новую гамму продуктов под торговой маркой «Garant». Это сухие строительные смеси, грунтовок и гидроизоляция. Продукты созданы

по усовершенствованной технологии на новом заводе компании в г. Лыткарино Московской области и обладают улучшенными потребительскими характеристиками. К концу 2005 г. объем производства сухих смесей «Garant» планируется довести до 1250 т в месяц и в течение двух лет завоевать 2% рынка сухих смесей.

*По материалам компании «Вселуг»*

*Соб. информация*

### **Компания «Топ Хаус Бетон» открыла новый офис в Москве**

Компания «Топ Хаус Бетон» (Санкт-Петербург) более восьми лет занимается технологиями промышленных полов и за последние годы заняла прочные лидирующие позиции в этой сфере. Ежегодно площадь выполненных объектов составляет свыше 150 тыс. м<sup>2</sup> полов. В настоящее время компания поставляет около 20% всего российского рынка материалов для устройства полов промышленного и коммерческого направлений.

До недавнего времени «Топ Хаус Бетон» поставляла только импортные материалы. Теперь в России налажено производство собственных специализированных продуктов.

Эти перемены и открытие региональных представительств привело руководство компании к идее перевода руководства фирмы в столицу. По мнению топ-менеджеров, такие изменения позволят оперативнее взаимодействовать с клиентами, находящимися в отдаленных регионах.

*Соб. информация*

## **Группа ЛСР выпустит ценные бумаги на сумму 1 млрд рублей**

Собрание участников ООО «Группа ЛСР» приняло решение о размещении неконвертируемых процентных документарных облигаций на сумму 1 млрд р. Акционеры планируют провести диверсификацию заемных средств и реструктурировать кредитный портфель за счет привлечения средств более широкого круга инвесторов. Часть облигационного займа будет направлена на развитие новых направлений деятельности и реализацию инвестиционных проектов, среди которых строительство крупнейшего в России завода по производству газобетона, увеличение парка башенных кранов и

автотранспорта, развитие направлений кирпичного и загородного домостроения.

Организаторами займа являются ОАО «Промышленно-строительный банк» и ОАО «Инвестиционно-банковская группа НИКОйл». Разместить облигации предполагается по открытой подписке. Государственная регистрация займа состоится в декабре 2004 г. Для выпуска облигаций будет выбран наиболее благоприятный период на рынке ценных бумаг, но не позднее чем через год с момента государственной регистрации. Срок погашения облигаций через три года со дня начала размещения.

**По материалам Группы ЛСР**

## **На кровельные материалы компании «ТехноНИКОЛЬ» предоставляется 10-летняя гарантия**

На первом этапе гарантия будет предоставляться на продукты класса «Премиум» — «Техноэласт» и «Вестопласт» (10 лет), а также «Унифлекс» и «Экофлекс» (8 лет). В случае протекания кровли вследствие дефекта кровельного материала компания «ТехноНИКОЛЬ» бесплатно предоставит необходимые материалы или возместит полную стоимость работ по ремонту кровельного ковра.

Фирменная гарантия компании «ТехноНИКОЛЬ» на кровельные материалы предоставляется только в том случае, если работы выполнены фирмой — авторизованным подрядчиком, которая проходит ежегодную серти-

фикацию и проводит обучение работников. Обязательными требованиями при отборе подрядных организаций являются наличие лицензии на выполнение кровельных работ, удостоверения кровельщиков, списка презентационных объектов, рекомендаций клиентов.

В настоящее время сертификацию «ТехноНИКОЛЬ» прошли строительные компании «Кровполимер» (Москва), «Теплов и Сухов» (Пермь), «Кронтех» (г. Волжский Волгоградской обл.). Ожидается, что до конца года будут сертифицированы 20 подрядных организаций. Для участия в этой программе в 2005 г. компания «ТехноНИКОЛЬ» планирует привлечь порядка 50–60 подрядных организаций в Российской Федерации и странах СНГ.

**По материалам компании «ТехноНИКОЛЬ»**

## **СОБЫТИЯ**

### **Научная конференция «Образование, наука, производство и управление в XXI веке»**

Под таким названием 20–21 октября 2004 г. в Старом Осколе (Белгородская область) прошла международная научная конференция, посвященная 25-летию Старооскольского технологического института, филиала Московского государственного института стали и сплавов (СТИ МИСиС).

На конференции обсуждались перспективы промышленного и гражданского строительства и связанные с этим вопросы технологии, организации, управления строительным производством. Градостроительные проблемы развития малых и средних городов рассматривались в докладе Г.С. Горожанкиной (ВГАСУ); о принципах создания экодома, построенного не только из экологически чистых материалов, но и имеющего соот-

ветствующее инженерное оборудование, позволяющее утилизировать отходы, рассказал Ю.Г. Лосев (СТИ МИСиС). Ряд докладов был посвящен вопросам повышения долговечности, устойчивости, надежности строительных конструкций — повышению долговечности дорожных покрытий (А.Н. Ильин, МИМИТ), биологической надежности и защите от биоразрушений зданий и сооружений (И.В. Шаповалов, Губкинский филиал БелГТУ им. В.Г. Шухова), применению синергии при оценке устойчивости и надежности строительных конструкций (М.Д. Корчак, филиал МИСиС в г. Электростали).

Большой интерес и оживленную дискуссию вызвал доклад В.М. Аникина (СТИ МИСиС), посвященный мировоззренческим проблемам — целостному подходу к строительному производству, или производствологии.

**Соб. информация**

### **В Подмоскowie пресечена подделка сухих строительных смесей известных фирм**

Силами УБЭП ГУВД Московской области при участии службы безопасности ГК «Юнис» в районе г. Балашихи прекращена деятельность подпольного цеха по производству контрафактных сухих строительных смесей. В этом цеху девять рабочих — выходцев из Киргизии и Таджикистана — путем несложных манипуляций превращали мешки с дешевыми смесями производства фирмы «Русеан», вполне легально приобретаемых на строительных рынках, в продукцию известных торговых марок «Юнис», «Атлас», «Кнауф» и «Глимс», пользующуюся на рынке ста-

бильно высоким спросом. С этой целью рабочие удаляли верхний слой крафт-бумаги, на место которого приклеивали новую этикетку, изготовленную на широкоформатном принтере.

На момент задержания на складе было обнаружено 800 мешков фальсифицированной продукции, что составляло среднесуточный оборот компании. По предварительным данным, среднемесячная прибыль цеха составляла от 600 тыс. до 1 млн р.

По факту фальсификации сухих строительных смесей известных фирм открыто уголовное дело, ведется расследование.

**Информация предоставлена ГК «Юнис»**

УДК 666.972.125

В.М. ГОРИН, генеральный директор, канд. техн. наук, академик РАПК, С.А. ТОКАРЕВА, директор, М.К.КАБАНОВА, канд. техн. наук, ЗАО «НИИКерамзит» (Самара)

## **Керамзит: опыт и перспективы развития производства и применения**

Задачи резкого увеличения объемов строительства, сокращения сроков возведения зданий, повышения их теплозащиты могут быть решены только при использовании эффективных строительных материалов. Одним из важнейших направлений решения этих проблем является создание широкого спектра легких бетонов на качественных пористых заполнителях.

Во второй половине XX века керамзит послужил основой для развития индустриального домостроения, в результате чего были решены задачи значительного повышения объемов строительства, снижения трудозатрат и сокращения сроков возведения объектов. Была снята острота жилищной проблемы, проведено расселение из коммунальных квартир. За короткое время с 1958 до 1968 года мощность предприятий по производству керамзита увеличилась в 34 раза и достигла 5,294 млн м<sup>3</sup>, наибольший объем выпуска (38 млн м<sup>3</sup>) относится к 1990 г.

И в настоящее время керамзит является достойной альтернативой другим вариантам решения задач увеличения объемов строительства и обеспечения теплозащиты зданий.

Керамзит обладает высокими строительно-техническими характеристиками: большой прочностью при малой плотности, низкой теплопроводностью ( $\lambda = 0,099-0,14$  Вт/(м·°C)), атмосфероустойчивостью, долговечностью.

Помимо задач увеличения объемов строительства, создания эффективной теплозащиты зданий и сооружений, все большее значение придается безопасности жилых и общественных зданий.

Керамзит, являясь экологичным, пожаробезопасным и долговечным материалом, обеспечивает высокую комфортность жилья и безопасность людей.

Тысячелетняя практика человечества показала безопасность, высокую экологичность глинистого сырья и изделий из него. Керамзит, получаемый высокотемпературным обжигом глиняных гранул, обладает высокой степенью экологической чистоты. Как и все карьеры природного сырья любого вида, керамзитовые карьеры проходят контроль на радиационную безопасность, и лишь после этого их разрешают использовать.

Керамзит является уникальным материалом с широким разнообразием сфер применения, что обусловлено возможностью гибко варьировать его плотность, прочность, грансостав за счет изменения технологических параметров производства, а также за счет огромного многообразия изделий, изготавливаемых на его основе.

При этом сам процесс изготовления изделий может осуществляться в промышленных условиях с высоким уровнем механизации и автоматизации. В широких пределах можно варьировать конструктивные решения, менять составы композиций, виды вяжущих, размер и форму изделий.

Такая многовариантность, безусловно, позволяет уйти от унылого однообразия панельного домостроения прошлых лет, найти интересные конструктивные и архитектурные решения, наиболее подходящие для кли-

матических условий конкретного региона с учетом исторических и национальных традиций.

В СССР была создана мощная производственная база по выпуску керамзита, включающая к 1990 г. 352 завода, укомплектованная квалифицированными кадрами. В настоящее время, несмотря на трудности, керамзитовые заводы могут работать эффективно, прибыльно и выпускать качественную продукцию, пользующуюся спросом. Так работает целый ряд предприятий Самарской области, Подмоскovie, Белоруссии, где выпускается керамзит М 300–350.

Работы НИИКерамзита направлены на решение наиболее актуальных задач улучшения производства и качества керамзита.

**Получение легкого гравия** плотностью 250–350 кг/м<sup>3</sup> открывает возможность изготовления стеновых материалов с высокими теплозащитными свойствами. С этой целью проведена разработка принципиально новых видов сырья для керамзитового производства взамен истощенной сырьевой базы хорошо вспучивающихся керамзитовых глин, например цеолитов, аморфно-кремнистых пород. Помимо традиционных органических, железистых, стекловидных отходов — шлаков, зол — рекомендованы щелочесодержащие компоненты и отходы водоочистных сооружений. Разработаны композиты на основе этих техногенных продуктов. Это позволяет обогатить сырьевую базу керамзитового производства.

Применение комплексных добавок нового поколения с использованием отходов позволит удешевить производство и решить экологические задачи. При этом экономия топлива может достигнуть 10–12% за счет снижения температуры обжига; в 1,5–2 раза расширяется интервал вспучивания, что оптимизирует процесс обжига, облегчая его проведение и увеличивая выход максимально вспученных гранул. Использование специальных технологических приемов и модернизированного оборудования дает значительный эффект при получении легкого гравия. В результате существенно снижаются энергетические затраты, повышаются технико-экономические показатели и рентабельность производства.

**Увеличение выпуска мелких фракций** (5–10, 0–5 мм), значительная потребность в которых в настоящее время не удовлетворяется. Оптимальный подбор фракционного состава заполнителя позволяет на 20% снизить коэффициент теплопроводности керамзитобетона по сравнению с нормируемым показателем либо уменьшить массу стены из легкого бетона, обеспечивающей необходимое термическое сопротивление. Использование новых видов сырья, специальных технологических приемов, модернизация оборудования, применение успешного зарубежного опыта могут решить проблему дефицита мелких фракций и наладить их стабильный выпуск.

Интересные перспективы открывает **разработка новых видов ограждающих конструкций**, обеспечивающих должную теплозащиту зданий в соответствии СНиП 23-02–2003 г.

НИИКерамзит предлагает новые конструктивные решения с использованием стеновых панелей или блоков из керамзитобетона со средней плотностью 900, 1000, 1100 кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda = 0,24, 0,27, 0,51$  Вт/(м·°С) соответственно в сочетании с эффективными блоками-утеплителями из легкого керамзита внутри зданий с оригинальными решениями не только по составу, но и по конструкции блока, обеспечивающими высокую теплозащиту ( $\lambda = 0,11-0,19$  Вт/(м·°С)) за счет пористо-слоистой структуры. Высокая экологичность и гигиеничность, пожаробезопасность, возможность варьирования толщины блока в зависимости от климатических условий региона делают такое решение весьма перспективным. К тому же следует отметить доступность и дешевизну сырья и простоту изготовления. Такой подход приемлем и эффективен для любого региона, так как позволяет гибко учитывать природно-климатические особенности и сырьевые возможности.

Использование керамзита для монолитного домостроения является еще одним перспективным направлением его применения. Разработками этого направления активно занимались в БелНИИСе, НИИЖБе [1].

Важной задачей является также получение заполнителей с высокой прочностью для расширения производства высокопрочных легких конструкционно-теплоизоляционных и конструкционных бетонов.

Применение высокопрочных легких бетонов эффективно как для несущих конструкций гражданских, промышленных и сельскохозяйственных зданий, так и в специальных сооружениях различного назначения: гидротехнических, подземных, мостовых, ирригационных и др., особенно в случаях дефицита природного щебня, когда исключаются расходы на его доставку и дополнительное обогащение (добавочное дробление, фракционирование, мойка).

Применение легких бетонов на пористых заполнителях значительно снижает массу конструкций и приводит к уменьшению стоимости строительства в целом. По данным ВНИИСТРОМА, комплексное применение легкобетонных изделий в ограждающих и несущих конструкциях приводит к снижению массы здания на 40%, уменьшению трудозатрат на 0,5 чел./дн. на 1 м<sup>2</sup> жилой площади и себестоимости строительно-монтажных работ – до 6%. В промышленном, в том числе сельскохозяйственном, производственном строительстве вес конструкций снижается на 30–35%, а трудоемкость их изготовления уменьшается на 5–7%.

Прочность керамзитового гравия является одной из важнейших характеристик, определяющих физико-технические свойства бетона. Увеличение прочности керамзитового гравия на 0,1 МПа приводит к росту прочности бетона на 0,4–0,8 МПа (усредненные показатели).

Проблему упрочнения керамзита можно решать путем специального выбора сырья – аморфно-кремнистых, сланцевых пород, использованием различных упрочняющих добавок, изменением режимов обжига и охлаждения и др. Важное значение имеет использование крупнотоннажных отходов, в первую очередь зол ТЭС.

За рубежом наибольшее развитие производство заполнителей типа керамзита получило в США и Канаде, а в послевоенные годы – почти во всех странах Европы, Японии [2]. Причем подавляющее большинство предприятий в США и Канаде выпускало относительно тяжелый керамзит плотностью 500–1000 кг/м<sup>3</sup>; отдельные фракции получали дроблением вспученных крупных кусков или глыб. Лишь в 80-е годы XX в. наметилась тенденция производства более легких марок. Значительное развитие в США получило применение керамзита в высокопрочных напряженно-армированных конструкциях М 300–600 плотностью 1600–1800 кг/м<sup>3</sup>.

Об экономической эффективности применения керамзитобетона в США опубликовано много материалов, например при строительстве гостиницы в Лос-Анджелесе использовано 38000 м<sup>3</sup> керамзитобетона, эконо-

мия составила 15%; при постройке 12-этажного здания размером в плане 30×60 м экономия – 13% [2]. Среди сооружений, выстроенных с применением керамзитожелезобетона, имеются уникальные: ограждающие конструкции здания Нью-Йоркского международного аэропорта – 4 секции перекрывают помещение размером 90×60 м; здание зала собраний Иллинойского университета в виде купола с покрытием из керамзитожелезобетона – замена тяжелого бетона позволила снизить вес здания на 6800 т.

Предварительно напряженные легкобетонные конструкции широко применяются при строительстве высотных зданий в США (Хьюстон) – высота здания 220 м, Австралии (Сидней) – 180 м, Англии (Лондон) – 142 м; ФРГ – 25 этажей, а также в мостостроении. В Японии построено около 100 мостов с пролетом до 70 м, в США – мосты с пролетом до 105 м, в Голландии – до 112 м.

В нашей стране имеется опыт применения высокопрочного керамзитобетона при строительстве автодорожных мостов, аэродромных покрытий (легкие бетоны М 300–400), сборных плит для автомобильных дорог, что дает экономический эффект 12–15% [3].

Общий спад промышленного производства в стране нанес серьезный ущерб отрасли производства пористых заполнителей для бетона, в первую очередь керамзита. Сохранившиеся предприятия работают зачастую либо с пониженной производительностью, либо простаивают. Это связано прежде всего с повсеместным сокращением панельного домостроения – основным потребителем керамзитового гравия и песка.

Определенную негативную роль сыграла не до конца продуманная политика переориентации на применение многослойных панелей с полимерной теплоизоляцией. Все большее число специалистов бьют тревогу по поводу высокой пожароопасности, угрозы токсичных выделений [4, 5], недостаточной долговечности [6, 7], особенно в условиях жесткого температурно-влажностного режима работы ограждающих конструкций, и ставят под сомнение правильность такого подхода. Следует также указать на трудоемкость изготовления таких конструкций, дороговизну компонентов.

Строительство из кирпича, активизировавшееся в последнее время, ведется, как и раньше, со стенами толщиной 0,64 м, а не 1,5–2 м, что не соответствует современным нормам по теплозащите, характеризуется высокими трудозатратами и малой скоростью возведения зданий.

Для решения поставленных задач – увеличения к 2010 г. строительства жилья в два раза и ускорения темпов строительно-монтажных работ – необходимо определить базовые направления развития промышленности строительных материалов. Одним из таких направлений является широкое использование легких бетонов, пригодных для изготовления обширного ассортимента строительных изделий и конструкций, а также для монолитного строительства. Основной для них служат пористые заполнители, наибольший объем выпуска которых относится к 1990 г., когда их производство составило 49 млн м<sup>3</sup>, причем 38 млн м<sup>3</sup> (77%) приходилось на долю керамзита. Многие десятилетия применения керамзита в народном хозяйстве подтвердили его высокую технико-экономическую эффективность: на 20% сокращаются трудозатраты при возведении зданий, на 25% снижаются расходы металла, сокращается вес строительных элементов и всего здания, облегчаются фундаменты и несущие конструкции. Снижение общей стоимости здания достигает 6% [3].

Полувековой опыт эксплуатации зданий из керамзитобетона в нашей стране, а в США и Канаде он превышает 70 лет, подтвердил их высокую долговечность, экономичность, экологическую безопасность. Известные архитектурно-конструктивные недостатки, имевшие место в крупнопанельном домостроении, отсутствие архитектурной выразительности несложно привести в соответствие с учетом требований сегодняшнего дня.

Необходимо использовать накопленный в нашей стране успешный опыт эффективного решения проблем интенсификации строительства. Задача состоит в том, чтобы сохранить имеющиеся производственные мощности по выпуску керамзита. Предприятиям отрасли необходима поддержка на государственном уровне в проведении технического перевооружения, модернизации оборудования, внедрении современных технологий.

НИИКерамзит может оказать содействие:

- по внедрению оптимальных технических решений с использованием тщательного анализа сырьевой базы и оборудования керамзитовых заводов;
- в решении задач повышения рентабельности производства;
- в снабжении технической документацией и повышении технического уровня кадров;
- по расширению ассортимента и сфер применения продукции керамзитовых заводов;
- по организации при керамзитовых заводах участков по выпуску строительных изделий на основе керамзита (блоки стеновые и теплоизоляционные различных размеров; укрупненный кирпич, скорлупы, маты), а также керамзитового песка.

Это позволит уменьшить зависимость керамзитовых предприятий от узкого круга потребителей, увеличит потребительский спрос за счет широкого ассортимента продукции.

Такой подход может обеспечить быстрое решение вопросов сельского строительства: жилых домов, в том числе при индивидуальном строительстве; административных зданий; животноводческих помещений. В частности, возведение новых или утепление существующих животноводческих комплексов дает очень быструю окупаемость (до 3–6 месяцев) и значительный эффект по снижению потребления кормов (до 20%), уменьшению падежа и цикла откорма скота.

Подъем керамзитового производства, использование новых технических решений для получения качественного керамзитового гравия с необходимыми показателями — одна из важнейших задач сегодняшнего дня. Качественный керамзитовый гравий и песок дают возможность выпуска эффективных конструкций с необходимыми теплоизоляционными свойствами, получения высокопрочных легких бетонов, что обеспечит значительный вклад в решение задач повышения технико-экономического уровня строительства, ускорения сроков возведения зданий, снижения трудозатрат экологичность и безопасность среды обитания человека.

#### Список литературы

1. *Пашков А.П. и др.* Опыт и пути совершенствования строительства домов усадебного типа из легкого монолитного бетона в Белорусской ССР // III Всесоюзная конференция по легким бетонам. М.: Стройиздат. 1985. С. 73.
2. *Онацкий С.П.* Производство керамзита. М.: Стройиздат. 1987. 322 с.
3. *Исаев В.Ф. и др.* Керамзитобетон в мостостроении // III Всесоюзная конференция по легким бетонам. М.: Стройиздат. 1985. С. 146.
4. *Кузнецова Г.В.* Качественное утепление по «мокрому типу» // Технология строительства. 2001. № 3. С. 56–57.
5. *Лудиков В.И.* Какие утеплители нам предлагают // МОСТ. 1997. № 12. С. 46–47.
6. *Ясин Ю.Д., Ясин В.Ю., Ли А.В.* Пенополистирол. Ресурс и старение материала. Долговечность конструкций // Строит. материалы. 2002. № 5. С. 33–35.
7. *Баталин Б.С., Полтаев И.А.* Исследование свойств пенополистирола как утеплителя в панелях сборных жилых домов // Изв. вузов. Строительство. 2003. № 4. С. 58–61.

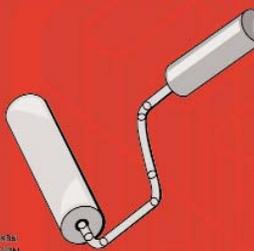
## ШЕСТАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

31 ЯНВАРЯ – 4 ФЕВРАЛЯ, МОСКВА, СК "ОЛИМПИЙСКИЙ"





# ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



### ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

- СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, КОНСТРУКЦИИ
- ОТДЕЛОЧНЫЕ И ОБЛИЦОВОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ЭЛЕМЕНТЫ ИНТЕРЬЕРА
- ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОЙМАТЕРИАЛОВ
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ
- ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
- ЛАНДШАФТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО
- ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ ПО 'БЕЗОТХОДНОМУ' ПРОИЗВОДСТВУ СТРОЙМАТЕРИАЛОВ

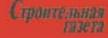
 Правительство Москвы  
Ключевое событие для строительной отрасли и реконструируемых городов

 Правительство Московской области  
По поддержке Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству

 **ЕВРОЭКСПО**

Генеральный информационный спонсор:

 **Стройизвестия**

 **Строительная газета**

информационная поддержка:

 **СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНФОРМ**

 **СТРОИТЕЛЬСТВО**

 **СТРОИТЕЛЬСТВО В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

 **СОВРЕМЕННЫЙ ДОМ**

osm@euroexpo.ru
www.osmexpo.ru
Тел.: 105-65-61\62  
факс 248-17-87

Н.П. БЛЕЩИК, д-р техн. наук, БелНИИС,  
М.Г. ЛАЗАРАШВИЛИ, директор ОАО «Завод керамзитового гравия  
г. Новолукомль» (Республика Беларусь)

## Технология производства изделий из крупнопористого легкого бетона

В промышленности строительных материалов Республики Беларусь с середины прошлого века используются крупнопористые бетоны на основе легкого заполнителя — керамзитового гравия (в основном фракции 10–20 мм и 5–10 мм) для изготовления ограждающих панелей. В последнее время широкое применение получила практика использования мелкоштучных изделий для заполнения наружных ограждений зданий каркасного типа, а также возведения домов усадебного типа. По нашему мнению, одним из наиболее перспективных материалов для производства подобных работ являются камни керамзитобетонные крупнопористые, в которых заполнителем является керамзитовый гравий фракции 4–8 мм насыпной плотностью 350 кг/м<sup>3</sup>, изготовленный по СТБ ЕН 13055-1–2003. С 2003 г. такой заполнитель выпускается ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль» с показателями прочности 2 МПа, теплопроводности 0,11 Вт/(м·°С). Выпуск керамзита фракции 4–8 мм в 2004 г. прогнозируется в объеме свыше 100 тыс. м<sup>3</sup> с возможностью увеличения производства к 2006 г. до 400–450 тыс. м<sup>3</sup>/год.

Использование заполнителя фракции 4–8 мм, а не традиционно применяемой в производстве блоков фракции 5–10 мм обусловлено тем, что трудности технологии производства крупнопористого бетона и изделий из него связаны главным образом с непостоянством значения суммарной площади поверхности зерен заполнителя. Это вызвано неоднородностью различных партий заполнителя по внутризерновому составу и коэффициенту формы зерна. Даже при строгом соблюдении всех нормативно-технических документов суммарная площадь поверхности партий заполнителя фракции 5–10 мм колеблется в пределах 20%, а ненормируемый коэффициент формы зерна — в пределах 1,35–1,5. Для керамзита фракции 4–8 мм характерна более окатанная, близкая к сферической форма со средним коэффициентом формы зерна 1,15–1,25 и соответственно со сниженной вариативностью суммарной площади поверхности партий заполнителя до 10%. В пользу применения керамзита фракции 4–8 мм говорят и данные исследований специалистов американской компании «BESSER», которые пришли к выводу, что при производстве щелевых блоков оптимальное соотношение ширины межщелевого размера к среднему диаметру зерна должно быть равно 2,5.

Особенностью легких заполнителей является различная фактическая насыпная плотность партий в пределах одной марки, что очень важно учитывать при изготовлении крупнопористого бетона на традиционно используемом оборудовании с весовыми дозаторами, которое установлено на большинстве предприятий — производителей изделий из керамзитобетона. Весовое дозирование при естественной вариации свойств запол-

нителя означает, что на каждый замес будет дано различное объемное количество заполнителя и выход крупнопористого бетона будет различным. Это ведет к большим погрешностям в расходе цемента. Как показывает наш опыт работы, если коэффициент вариации насыпной плотности керамзита составляет 12%, то при точном его весовом дозировании возможно превышение расхода цемента на 1 м<sup>3</sup> бетона до 30%.

В цехе по производству керамзитобетонных блоков ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль» применен объемно-весовой метод дозирования компонентов смеси: объемное — гравий керамзитовый и вода, весовое — цемент. Модернизация дозирующего оборудования серийно выпускаемого растворобетонного узла на базе смесителя принудительного действия ПСБ-500 позволило значительно стабилизировать состав и свойства приготавливаемого крупнопористого бетона.

Оптимальная технология приготовления крупнопористого керамзитобетона с использованием заполнителя фракции 4–8 мм и цемента М500-ДО исходя из опыта работы состоит из следующих операций. В бетоносмеситель первоначально подается керамзит и вода, причем воду предпочтительнее вводить многоточечно для более быстрого и равномерного водонасыщения заполнителя. Процесс перемешивания длится 150 с. Это время обусловлено скоростью водопоглощения керамзита — 90%-ное водонасыщение наступает в течение 110–130 с в зависимости от насыпной плотности керамзита. Далее в бетоносмеситель подается цемент и процесс перемешивания продолжается еще 120 с, после чего готовая смесь подается в приемный бункер вибропресса. Приготовленная таким образом рабочая смесь сохраняет свои технологические свойства для формирования изделий методом полусухого вибропрессования в течение 12–15 мин.

Принятая технология изготовления крупнопористого керамзитобетона принципиально отличается от традиционных технологий тем, что цемент и заполнитель не смешиваются с водой в процессе приготовления керамзитобетонной смеси. Необходимость отказа от традиционной технологии обусловлена невозможностью прогнозировать истинное водоцементное отношение цементного теста из-за неопределенности процесса поглощения воды керамзитом, а также из-за невозможности прогнозировать распределение цементного теста, идущего на обмазку зерен заполнителя и заполнение межзернового пространства.

Принятая технология обуславливает и пределы содержания всех компонентов керамзитобетонной смеси. Объемное содержание керамзита в изделиях должно равняться объему изделия, умноженному на коэффициент уплотнения при вибропрессовании, который в зависимости от содержания цемента, внутризернового

состава керамзита, коэффициента формы зерна может находиться в пределах 1,15–1,2. Следовательно, для получения 1 м<sup>3</sup> уплотненного керамзитобетона необходимо ввести 1,15–1,2 м<sup>3</sup> керамзита.

Количество воды, необходимой для полного водонасыщения керамзита, зависит от его насыпной плотности и водопоглощения  $W$ . В частности, при водопоглощении керамзита, равном 14%, с насыпной плотностью 350 кг/м<sup>3</sup> необходимое количество воды составит 56–59 кг на 1 м<sup>3</sup> керамзитобетона.

Возможные пределы содержания цемента в керамзитобетоне зависят от толщины обмазки зерен керамзита цементным тестом  $\delta_T$ , которая может составлять 100–200 мкм. По литературным данным, минимальная толщина цементного теста вокруг зерен заполнителя в зоне их контакта составляет около 13 мкм. Следовательно, необходимый объем цементного теста  $V_T$  может определяться по формуле

$$V_T = S_{\text{общ}} \cdot \delta_T, \quad (1)$$

где  $S_{\text{общ}}$  – общая поверхность керамзита в 1 м<sup>3</sup> керамзитобетона, которая зависит от площади поверхности среднестатистического зерна керамзита и количества зерен в указанном объеме.

Для фракций керамзита 5–10 мм можно приближенно принять шарообразную форму зерна радиусом  $r_k = 3,75$  мм. Поверхность зерна  $S_1$  при этом составит:

$$S_1 = 4\pi r_k^2 \quad (2)$$

и количество зерен керамзита  $N$  в его абсолютном объеме  $V_a$  будет равно

$$N = \frac{V_a}{\frac{4}{3}\pi r_k^3} \quad (3)$$

Абсолютный объем керамзита в 1 м<sup>3</sup> уплотненного керамзитобетона определяется его межзерновой пустотностью, которая равна пустотности керамзита в насыпном состоянии, деленной на коэффициент уплотнения, равный 1,15–1,2. Пустотность керамзита марки П 75 в насыпном состоянии составляет 0,38 и соответственно в уплотненном состоянии 0,32. Тогда абсолютный объем керамзита в 1 м<sup>3</sup> керамзитобетона будет равен

$$V_a = 1(1-0,32) = 0,68 \text{ м}^3.$$

Определим общую поверхность керамзита в 1 м<sup>3</sup> керамзитобетона

$$S_{\text{общ}} = S_1 \cdot N = \frac{3V_a}{r_k} \quad (4)$$

Объем теста, необходимого на обмазку зерен керамзита, составит:

$$V_T = S_{\text{общ}} \cdot \delta_T = 2,04 \frac{\delta_T}{r_k} \quad (5)$$

Содержание цемента в объеме цементного теста приближенно может определяться по формуле Н.П. Блещика:

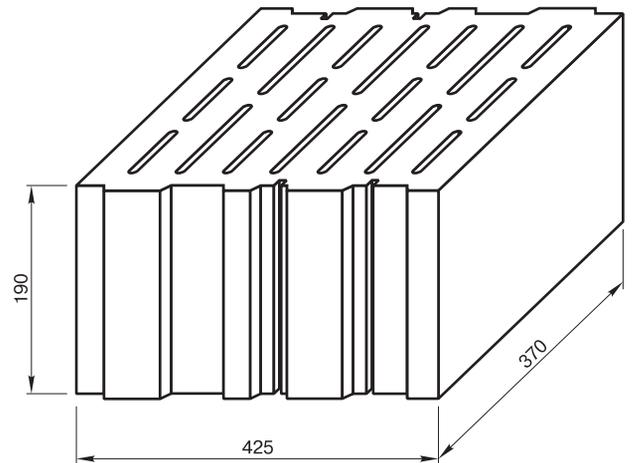
$$\text{Ц} = \frac{V_T \cdot 10^3}{0,32 + \text{В/Ц}} = \frac{2,04 \cdot 10^3}{0,32 + \text{В/Ц}} \cdot \frac{\delta_T}{r_k} \quad (6)$$

Водоцементное отношение цементного теста (В/Ц), соответствующее его максимальному адсорбционному водонасыщению, равно 0,876  $K_{н.г}$ . Принимая  $K_{н.г} = 0,27$ , содержание цемента определим по формуле:

$$\text{Ц} = \frac{2,04 \cdot 10^3}{0,32 + 0,876 \cdot 0,27} \cdot \frac{\delta_T}{r_k} = \frac{3,66 \cdot \delta_T \cdot 10^3}{r_k} \quad (7)$$

При  $\delta_T = 100$  мкм и  $r_k = 3,75$  мм приближенное содержание цемента будет равно 97,6 кг/м<sup>3</sup> и при  $\delta_T = 200$  мкм – 195,2 кг/м<sup>3</sup>.

Теплотехнические характеристики	Тип блока		
	7-щелевой	13-щелевой	15-щелевой
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,139	0,11	0,108
Сопротивление теплопередаче, м <sup>2</sup> ·°С/Вт	3,1	4,05	4,08



Камни бетонные стеновые из легкого бетона с пустотами рядовые ТермоКомфорт (1КБОР-ЛЦП-М1.4.2, 1КБОР-ЛЦП-М.2.4.2, 1КБОР-ЛЦП-М4.4.2)

Следовательно, при постановке опытов по определению рационального содержания цемента его количество следует варьировать в пределах 100–200 кг/м<sup>3</sup>. Содержание воды при водопоглощении керамзита  $W = 14\%$  может находиться в пределах: для керамзита с насыпной плотностью 350 кг/м<sup>3</sup> – 55–60 кг/м<sup>3</sup> и для насыпной плотности 400 кг/м<sup>3</sup> – 65–70 кг/м<sup>3</sup>.

Свойства бетона, получаемые по данной технологии, уникальны. Однако существующие конструкции керамзитобетонных блоков не позволяют полностью использовать свойства самого бетона.

Действующие в Республике Беларусь нормы по сопротивлению теплопередаче наружных ограждающих конструкций (СНБ 2.04.01–97 табл. 5.1) и тенденция к их ужесточению потребовали пересмотреть подход к конструкции мелкоштучных керамзитобетонных блоков. Так, известные ранее блоки с пустотностью 25–50%, а также полнотелые изделия имеют коэффициент теплопроводности не ниже 0,25 Вт/(м·°С). Снизить теплотери при том же составе формовочной смеси позволяет изготовление многощелевых (7–15 щелей) блоков с максимальным размером ширины щели 10 мм по направлению теплового потока и пустотностью 7–9%, а также применение тычковой грани имеющей профиль паз-гребень, позволяющий исключить использование кладочного раствора в вертикальном шве, что препятствует образованию вертикального мостика холода. Точная геометрия плоскостей блоков позволяет вести их укладку не только на обычные цементно-песчаные растворы, но и на клеевые смеси или на наиболее часто применяемый в настоящее время кладочный теплый раствор на основе керамзитового песка, при этом толщина слоя раствора составляет 10–12 мм. Характерной особенностью укладки блоков на раствор является выполнение при помощи специального приспособления двух полос раствора заданного размера по высоте 10 мм и ширине 100 мм с образованием в толще шва замкнутой воздушной щели-прослойки, являющейся также тепловым замком. Немаловажным аргументом в

пользу предлагаемой технологии является и снижение расхода строительного раствора в 2,5–3 раза по сравнению с традиционными способами кладки.

Все вышеизложенное нашло воплощение в конструкции блока ТермоКомфорт (рис. 1), производство которого освоено на ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль», ОАО «Минскжелезобетон», ОАО «Гродножилстрой», СП «Беламкан».

Результаты проведенных ОИОСК УП «Институт БелНИИС», испытательным центром НПУ ОАО «Стройкомплекс» испытаний по определению сопротивления теплопередаче фрагмента однослойной наружной стены толщиной 425 мм из блока ТермоКомфорт, изготовленного на разных предприятиях Республики Беларусь, приведены в таблице.

Блок имеет следующие физико-технические характеристики: прочность при сжатии 30,84 кгс/см<sup>2</sup>; масса не превышает 30 кг (фактическая масса 1КБОР-ЛЦП-М4.4.2 16–18 кг); средняя плотность в сухом и влажном состоянии составила 600 и 620 кг/м<sup>3</sup>, что соответствует требованиям СТБ 1008-95 значения. Категория бетонной поверхности соответствует 7 – невидимой в условиях эксплуатации. Сопротивление воздухопроницанию стены толщиной 440 мм со штукатуркой на внутренней поверхности и заполнением горизонтальных швов раствором составило, по экспериментальным данным, 96,6 м<sup>2</sup>·ч/кг при Δр = 10 Па, что значительно превышает нормативные 70 м<sup>2</sup>·ч/кг для стен из кирпича или легкобетонных камней толщиной 250 мм и более со штукатурным слоем на наружной и внутренней поверхностях. Огнестойкость фрагмента стены толщиной 425 мм на цементно-песчаном кладочном растворе без штукатурки при нагреве поверхности до 1065°C составила 180 мин без потери несущей способности и целостности конструкции, что соответствует пределу RE-180 и отвечает

требованиям ГОСТ 30247.0–94 и ГОСТ 30247.1–94. Индекс изоляции воздушного шума кладки из бетонных стеновых камней 1КБОР-ЛЦП-М4.4.2. (толщина кладки 425 мм, затирка поверхности кладки известково-песчаным раствором с двух сторон) составляет  $R_w = 55$  дБ.

Приведенные характеристики керамзитобетонных блоков соответствуют требованиям нормативных документов. С учетом свойств повышенной комфортности полученного материала, а также степени долговечности в Беларуси проявляется повышенный спрос со стороны заказчиков. Уже в 2004 г. будут введены в эксплуатацию несколько 12-, 14-этажных домов каркасного типа и десятки многоквартирных жилых домов, построенных с использованием керамзитовых блоков.

Пока в Республике Беларусь это только начало. Однако в качестве примера можно привести тенденции развития рынка стеновых материалов в странах Балтии. В 1996 г. в Эстонии недалеко от города Пярну шведской компанией LESA был построен завод по производству керамзита мощностью 400 тыс. м<sup>3</sup> в год и завод по производству керамзитобетонных блоков мощностью 240 тыс. м<sup>3</sup> в год. На сегодняшний день заводы работают в полную мощность, а керамзитобетонные блоки в Эстонии составляют 80% рынка стеновых материалов. В 2004 г. той же компанией введен в эксплуатацию завод по производству керамзитобетонных блоков в Литве (г. Шяуляй), ориентированный на поставку керамзита из Беларуси. В 2004 г. объем поставок составит 50 тыс. м<sup>3</sup>, а на 2005 г. планируется 150 тыс. м<sup>3</sup>. В 2006 г. планируется ввести в эксплуатацию такой же завод в Латвии недалеко от Риги. Керамзитобетонные блоки, производимые на данных заводах, хотя и уступают по техническим характеристикам белорусским, уже по достоинству оценены прибалтийскими строителями.



**КЕРАМЗИТ**  
Новолукомль  **Novolukoml**  
**КЕРАМЗИТ**

**ОАО «ЗАВОД КЕРАМЗИТОВОГО ГРАВИЯ г. НОВОЛУКОМЛЬ»**

ISO 9001:2000

**Керамзит – тепло- и звукоизоляционный материал**  
Коэффициент теплопроводности 0,1–0,11 Вт/(м·К)

**Керамзитобетонные блоки «ТермоКомфорт» – новый стеновой материал**  
Коэффициент теплопроводности 0,139 Вт/(м·К)

Продукция сертифицирована, имеет CE-маркировку

Республика Беларусь, 211162 г. Новолукомль, Чашникский район, Витебская область  
Телефон: (+375 2133) 3-73-47, 3-72-92  
Тел./факс: (+375 2133) 3-60-31, 3-66-11

Ю.В. ГУДКОВ, заслуженный строитель РФ, инженер, А.А. АХУНДОВ, д-р. техн. наук, Е.Н. ЛЕОНТЬЕВ, канд. техн. наук, ОАО «ВНИИстром им. П.П. Будникова» (пос. Красково Московской обл.), В.Н. ТЯЖЛОВА, заслуженный строитель РФ, инженер, ООО СК «Домостроение»

## **Трехслойные керамзитобетонные панели с утепляющим слоем из пенополистиролбетона**

Предложения по устройству трехслойных керамзитобетонных наружных стеновых панелей с внутренним утепляющим слоем из легкого теплоизоляционного бетона неоднократно публиковались и обсуждались в печати. В последние годы в связи с внедрением в практику строительства нового класса теплоизоляционных бетонов — полистиролбетонов — созданию трехслойных панелей с использованием этого эффективного материала стали уделять большое внимание.

Результаты исследований, проведенных учеными Московского государственного строительного университета (МГСУ), Научно-исследовательского института бетона и железобетона (НИИЖБ), Всероссийского научно-исследовательского института строительных материалов и конструкций (ВНИИстром им. П.П. Будникова), использованы для разработки технических решений энергоэффективных трехслойных ограждающих конструкций промышленного изготовления. Экспериментальные исследования трехслойных наружных стеновых панелей с утепляющим слоем из полистиролбетона плотностью 350–400 кг/м<sup>3</sup> проведены в МГСУ и НИИЖБ [1]. Разработаны предложения по расчету и конструированию панелей, учитывающие совместную работу утепляющего слоя с наружным и внутренним слоями панели. Однако нерешенной оставалась задача внедрения таких конструкций в производство и строительство.

Изготовление трехслойных стеновых панелей с теплоизоляционным слоем из полистиролбетона плотностью 350–400 кг/м<sup>3</sup>,  $\lambda = 0,125$  и  $0,135$  Вт/м·°С для условий эксплуатации Б, термическое сопротивление ( $R_{тп}$ ) которых в соответствии с новыми требованиями СНиП равно для Москвы и Московской области 3,15 м<sup>2</sup>·°С/Вт, технически и экономически нецелесообразно. Например, для трехслойной панели с наружным и внутренним слоями из керамзитобетона плотностью 1000 кг/м<sup>3</sup> и общей толщиной слоев 150 мм требуемая толщина утепляющего слоя из полистиролбетона плотностью 400 кг/м<sup>3</sup> должна быть не менее 350 мм, а общая толщина панели — не менее 500 мм. Конструктивно обеспечить необходимую прочность и жесткость такой панели при транспортировке и монтаже, а также надежность работы в условиях длительной эксплуатации представляются сложной технической задачей.

Во ВНИИстроме разработана новая технология [2, 3] получения теплоизоляционного материала — пенополистиролбетона, который представляет собой пенобетон, содержащий наполнитель в виде вспененных полистирольных гранул. Он является разновидностью полистиролбетона, имеет одинаковые с ним физико-механические показатели при одинаковой плотности и регламентируется требованиями ГОСТ Р 51263–99.

Важным преимуществом пенополистиролбетона является сокращение расхода гранул более чем на 30% для получения бетона одинаковой с полистиролбетоном плотности, а также отсутствие необходимости фракционировать гранулы для получения их плотной упаковки в бетоне. Для изготовления пенополистиролбетона плотностью 250–350 кг/м<sup>3</sup> требуется всего 0,8–0,85 м<sup>3</sup> вспененных полистирольных гранул, в то время как на изготовление 1 м<sup>3</sup> полистиролбетона требуется 1,1–1,2 м<sup>3</sup> гранул.

Поскольку гранулы являются наиболее дорогим компонентом бетона, такое снижение их количества значительно сокращает себестоимость изделий и увеличивает рентабельность производства.

Пенополистиролбетонная смесь обладает хорошей подвижностью, ее можно транспортировать к месту укладки без нарушения структуры любым видом транспорта — кюбелем, транспортером, по напорным шлангам с помощью сжатого воздуха. Последнее обстоятельство очень важно при организации технологического процесса укладки пенополистиролбетонной смеси на объекте, где она может укладываться в металлическую форму, монолитную наружную стену или внутренний слой трехслойной панели. Пенополистиролбетонную смесь готовят в обычных смесителях путем перемешивания компонентов с отдельно приготовленной технической пеной.

При плотности 230–250 кг/м<sup>3</sup> пенополистиролбетон имеет коэффициент теплопроводности для условий эксплуатации Б в пределах 0,085–0,095 Вт/(м·°С). Такая низкая теплопроводность позволяет уже при толщине утепляющего слоя трехслойной керамзитобетонной панели 250 мм получить требуемое по нормам сопротивление теплопередаче при общей толщине панели 400 мм. Эта толщина близка к толщине однослойных керамзитобетонных панелей, применявшихся до введения в действие новых норм по строительной тепло-технике в качестве наружных ограждений жилых и общественных зданий. Таким образом, появляется возможность организовать производство таких панелей на заводах КПД и ДСК с использованием существующего парка форм с незначительной его доработкой.

Следует отметить, что формирование теплоизоляционного слоя из пенополистиролбетона имеет преимущества перед традиционным способом изготовления теплоизоляционного слоя из пенополистирольных плит. В зазоры, образующиеся между плитами, а также в места расположения каркасов при виброуплотнении панелей попадает бетонная смесь, создавая мостики холода, что существенно снижает теплозащитные свойства трехслойных панелей.

По технологии изготовления пенополистиролбетона, разработанной ВНИИстром им. П.П. Будникова, и рекомендациям по выбору технологического оборудования на предприятии промышленно-строительного комплекса ОАО «Щуровский комбинат» в 2002–2003 гг. было организовано производство трехслойных керамзитобетонных стеновых панелей со средним утепляющим слоем из пенополистиролбетона плотностью 220–250 кг/м<sup>3</sup>. Принципиальная конструкция панелей включала:

- наружный слой из керамзитобетона плотностью 1000 кг/м<sup>3</sup> и классом по прочности при сжатии В5 толщиной 80 мм;
- средний утепляющий слой из пенополистиролбетона плотностью 220–250 кг/м<sup>3</sup> и маркой по прочности М 2,5–М 5 толщиной 250 мм;
- внутренний слой из керамзитобетона плотностью 1000 кг/м<sup>3</sup> и классом по прочности при сжатии В5 толщиной 70 мм.

Проект жилого дома с такими стенами разработал АО «Гражданпроект» (г. Коломна) применительно к существующему на Щуровском комбинате парку форм.

Варианты трехслойных панелей	Размер слоя, см	Сопротивление теплопередаче, м <sup>2</sup> °С/Вт			Соотношение трудозатрат, %
		Расчетное	Снижение за счет мостиков холода	Фактическое	
Толщина панели наружный слой утеплитель – пенополистиролбетон внутренний слой	400 80 250 70	3,25	–	3,25	100
Толщина панели наружный слой утеплитель – плитный полистирол внутренний слой	400 140 150 110	3,69	–0,92	2,77	144
Толщина панели наружный слой утеплитель – плитный полистирол внутренний слой	340 110 150 80	3,15	–0,79	2,36	123

**Примечание.** Наружный и внутренний слои трехслойных панелей изготовлены из керамзитобетона плотностью 1000 кг/м<sup>3</sup>.

Производство комплекта трехслойных панелей новой конструкции для строительства дома было организовано на комбинате с максимальным использованием имеющегося оборудования и приспособлено к существующему технологическому процессу производства однослойных керамзитобетонных панелей.

Узел приготовления пенополистиролбетона был размещен на этажерке смесительного отделения цеха, чтобы для подачи в смеситель цемента и воды использовать имеющееся дозировочное оборудование. Там же было организовано производство вспененных полистирольных гранул на специальной установке производительностью 4 м<sup>3</sup> гранул в час. Гранулы после приготовления подавали в вентилируемые бункеры емкостью 10 м<sup>3</sup>, где происходило их высыхание, выравнивание давления в них до атмосферного и частичная детоксикация – удаление остатков изопентана, стирола. Гранулы дозировали по объему. Техническую пену готовили из раствора пенообразователя ПБ-2000 с помощью пеногенератора. Компоненты пенополистиролбетонной смеси перемешивали в растворосмесителе емкостью 0,8 м<sup>3</sup>, а затем транспортировали на пост формирования панелей.

Панели изготавливают путем последовательного формирования слоев. Сначала с помощью бетоноукладчика укладывают нижний наружный ограждающий слой панели толщиной 80 мм из керамзитобетона плотностью 1000 кг/м<sup>3</sup> и виброуплотняют его в течение 20–30 с. Затем также с помощью бетоноукладчика укладывают пенополистиролбетон слоем толщиной 250 мм и путем кратковре-

менной вибрации в течение 10–15 с разравнивают его. Перед укладкой верхнего слоя панели свежеложенный слой выдерживают 30–40 мин для того, чтобы пенополистиролбетон набрал сырцовую прочность, необходимую для удерживания верхнего слоя керамзитобетона. Верхний слой керамзитобетона уплотняют поверхностной вибрацией. Панели после 3-часовой выдержки в цехе подвергают тепловой обработке по следующей схеме: подъем температуры – 3 ч, изотермическая выдержка при температуре 70°С – 6 ч, охлаждение – 2 ч. Со склада на стройплощадку панели перевозят на обычных панелевозах.

При анализе технико-экономических показателей (см. таблицу) установлено, что замена пенополистирольных плит в утепляющем слое трехслойных керамзитобетонных панелей на монолитный слой из пенополистиролбетона существенно снижает трудоемкость их изготовления и повышает теплозащитные свойства.

#### Список литературы

1. Чиненков Ю.В., Король Е.А. Результаты испытаний трехслойных железобетонных ограждающих конструкций с теплоизоляционным слоем из полистиролбетона / Сб. Ресурсо- и энергосбережение как мотивация творчества в архитектурно-строительном процессе. Труды годичного собрания РААСН. Москва–Казань. 2003.
2. Патент РФ № 2198151. Способ изготовления пенополистиролбетона. Оpubл. 10.02.2003. Бюл. № 4.
3. Патент РФ № 2201907. Способ изготовления пенополистиролбетона. Оpubл. 10.04.2003. Бюл. № 10.

## информация

### Подведены итоги конкурса «Самый благоустроенный город России» за 2003 г.

Всероссийский конкурс проводится в соответствии с Указом Президента РФ «О дополнительных мерах по реформированию жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации». Его главная цель – активизация проведения реформ в жилищно-коммунальном хозяйстве страны для перехода на работу в режиме безубыточного функционирования и выявления городов, где достигнуты наилучшие результаты в вопросах благоустройства и преобразования отрасли.

За звание самого благоустроенного города боролись более 700 городов в трех категориях: столицы субъектов Российской Федерации; города с населением 100 тыс. человек и более; города и поселки городского типа с населением до 100 тыс. человек. Конкурсные материалы включали статистические данные, информацию о реформировании ЖКХ, наличии программ энергосбережения, со-

стоянии жилищного фонда, экологическом состоянии города, его озеленении, состоянии детских игровых и спортивных площадок, наружной рекламы и т. д.

Наиболее активное участие в конкурсе приняли республики Дагестан, Кабардино-Балкария, Татарстан, Чувашия, а также Краснодарский и Красноярский края, Белгородская, Астраханская, Нижегородская, Свердловская и Московская области. Победителем конкурса в первой категории городов стала столица Республики Дагестан Махачкала. Дипломом Правительства Российской Федерации II степени в первой категории награжден город Тюмень, III степени – города Калуга и Нальчик. Во второй категории первое место занял город Нижнекамск Республики Татарстан, в третьей – город Геленджик Краснодарского края.

## Производители керамзита и керамзитобетона приняли решение объединиться



Совещание открывает директор НИИКерамзит В.М. Горин



Новую конструкцию теплоизоляционного элемента представляет гл. инженер ЗАО «Керамзит» П.С. Тронин



«Для условий Крайнего Севера керамзитобетон является практически безальтернативным строительным материалом», — считает генеральный директор «Якутагропромпроект» П.П. Уваров



«Керамзит — чрезвычайно перспективный материал», — убежден директор ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолкомль» М.Г. Лазарашвили. Предприятие поставляет керамзит и керамзитобетонные блоки во многие европейские страны



Выступает заведующий кафедрой СамГАСУ доктор технических наук В.С. Комиссаренко



Участники совещания посетили лаборатории института

в ходе совещания руководителей строительных организаций и керамзитовых предприятий «Керамзит и керамзитобетон в стройкомплексе РФ», прошедшем 22–23 сентября 2004 г. в Самаре на базе старейшего профильного отраслевого института НИИКерамзит.

В его работе приняли участие руководители и специалисты предприятий по производству керамзита и керамзитобетона из городов России, Республик Саха и Беларусь, ученые НИИ и вузов, представители специализированных СМИ.

Открывая совещание, **генеральный директор НИИКерамзит В.М. Горин** отметил, что в настоящее время производственная база этого эффективного, хорошо изученного и надежного материала сократилась более чем в два раза. Однако предприятия, выстоявшие в период социально-экономических преобразований, действуют на современном строительном рынке все более уверенно. Многие заводы расширяют ассортимент выпускаемой продукции, собственными силами проводят модернизацию оборудования и др.

На фоне искусственно формируемого мнения о малой эффективности керамзита и бесперспективности его использования ведется строительство современных предприятий по производству керамзита большой мощности в Московской области, Республике Ингушетия, Казахстане. Коммерческие структуры активно приобретают месторождения керамзитового сырья.

В докладе ведущего научного сотрудника НИИКерамзит канд. техн. наук **М.К. Кабановой** было отмечено, что, по оценочным данным, насчитывается более 500 месторождений керамзитового сырья, которые имеются во всех регионах России. Однако хорошо вспучивающегося сырья менее 20%. В связи с этим перспективными направлениями научной работы являются создание эффективных добавок, улучшающих технологические свойства сырья и качество получаемой продукции, а также вовлечение в производство керамзита нетрадиционных и техногенных видов сырья.

Выступление заведующего кафедрой ПСМИК СамГАСУ доктора техн. наук **В.С. Комиссаренко** убедительно доказало, что использование керамзита в производстве современных строительных материалов и конструкций не только перспективно и эффективно, но в некоторых случаях безальтернативно для решения определенных технических задач. По его мнению, наиболее актуальна в настоящее время разработка беспесчаного керамзитобетона с пористой структурой.

Производители керамзита, со своей стороны, обеспокоены отсутствием новой нормативной базы, которая предусматривала бы широкое использование керамзита нового качественного уровня и ассортимента, нового формовочного и обжигового оборудования, низкой информированностью архитекторов и проектировщиков о возможностях эффективного применения керамзитобетонных изделий и конструкций.

Таким образом, объективно назрела необходимость объединения усилий производителей керамзита, керамзитобетона, ученых, архитекторов и проектировщиков с целью решения накопившихся в отрасли проблем. На совещании активно обсуждалась форма такого объединения, его структура. Было отмечено, что первоочередной задачей должна стать разработка новой нормативной базы отрасли, соответствующей закону «О техническом регулировании», которая позволит осуществлять обоснованную научно-техническую политику, защищать свой сегмент рынка, расширять применение керамзита и керамзитобетона.

**Участники совещания приняли решение создать «Союз производителей керамзита и керамзитобетона»**, координационные функции по выработке устава и подготовке учредительных документов поручить ЗАО «НИИКерамзит».

## Создан Технический комитет по стандартизации в строительстве

Приказом от 22 октября 2004 г. № 81 Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирования) как национального органа Российской Федерации по стандартизации создан Технический комитет по стандартизации ТК 465 «Строительство», задачей которого является развитие национальной стандартизации в области строительства. Председателем ТК «Строительство» утверждена Л.С. Барина, советник руководителя Росстроя, заместитель председателя комитета ТПП РФ по предпринимательству в сфере строительства и ЖКХ; первым заместителем председателя ТК «Строительство» назначен В.В. Тищенко, заместитель директора ФГУ «Федеральный центр технической оценки продукции в строительстве».

ТК 465:

- организует разработку, проводит экспертизу и представляет проекты национальных стандартов в области строительства на утверждение в Ростехрегулирование;
- проводит в экспертизу проекты стандартов организаций по заявкам этих организаций и дает по ним заключения;
- разрабатывает по заявкам организаций или дает заключения по проектам строительных норм, правил и других нормативных, методических и руководящих документов в области строительства;
- издает от своего имени своды правил по проектированию и строительству и другие документы рекомендательного характера;
- дает разъяснения и заключения по вопросам применения положений национальных (государственных стандартов), норм и правил, относящихся к области деятельности ТК.

Структура Технического комитета по стандартизации «Строительство»

Наименование технического комитета (подкомитета)	Область деятельности в соответствии с Общероссийскими классификаторами стандартов (ОКС) и продукции (ОКП)	Соответствующие технические комитеты ИСО
ТК «Строительство»	Проектирование, инженерные изыскания, строительство, производство изделий и материалов для строительства, продукция строительства, промышленности строительной индустрии и строительных материалов (коды ОКС 91 и 93, ОКС 01 и 13 – в части строительства)	–
ПК1 Общие вопросы строительства	1. Терминология в области строительства (коды ОКС 01.040.91; 01.040.93; участие в ОКС 01.040.81). 2. Строительные чертежи, обозначения и единицы физических величин (коды ОКС 01.100.30; участие в ОКС 01.060 и 01.080.30). 3. Строительная промышленность и строительство, включая проектирование и инженерные изыскания – общие вопросы (коды ОКС 91.010; 91.200; 93.010; 93.020). 4. Строительное оборудование (код ОКС 91.220 только в части кодов ОКП 48 4211; 48 4212; 48 4225; 48 4226; 52 2520; 52 2530; 52 2540; 52 2550; 53 6300; 53 6920)	ИСО/ТК 10/ПК 8 «Документация на продукцию строительства»; ИСО ТК 59 «Строительство зданий»
ПК2 Здания и сооружения	1. Здания и их комплексы, включая вопросы планировки, защиты зданий, строительной теплотехники, акустики, освещения, пожарной безопасности и другие (коды ОКС 91.020; 91.040; 91.060; 91.120 – за исключением сейсмической защиты по коду ОКС 91.120.25, см. ПК 3; 91.160; 91.180; 13.220.01; 13.220.40; 13.220.50). 2. Сооружения транспорта, гидротехнические объекты, магистральные трубопроводы и строительные сооружения (коды ОКС 93.040; 93.060; 93.100; 93.110; 93.120; 93.140; 93.160; 93.080 – за исключением оборудования по коду ОКС 93.080.30)	ИСО/ТК 43 «Акустика»; ИСО/ТК 59 «Строительство зданий»; ИСО /ТК 92 «Пожарная безопасность»; ИСО/ТК 182 «Геотехника»; ИСО/ТК 205 «Проектирование внутренней среды зданий»; ИСО/ТК 163 «Теплоизоляция»
ПК3 Строительные конструкции и основания	Строительные конструкции зданий и сооружений (коды ОКС 91.060.50; 91.080; 91.090; 91.120.25; 91.190), включая изделия заводского изготовления: металлические конструкции (коды ОКП 11 2200; 52 6000; 52 7000; 52 8000); деревянные конструкции (код ОКП 22 5200; 53 6000); бетонные и железобетонные конструкции, в том числе арматурные и закладные изделия (коды ОКП 58 0000; 12 7600); конструкции зданий прочие, окна, двери и приборы для них (код ОКП 49 8000)	ИСО/ТК 71 «Бетон, железобетон и предварительно напряженный железобетон»; ИСО/ТК 98 «Основы расчета строительных конструкций»; ИСО/ТК 162 «Двери и окна»; ИСО/ТК 165 «Деревянные конструкции»; ИСО/ТК 167 «Стальные и алюминиевые конструкции»; ИСО/ТК 179 «Каменная кладка»; ИСО/ТК 182 «Геотехника»
ПК4 Наружные сети и внутренние системы инженерного оборудования зданий	Наружные и внутренние инженерные сети, изделия и оборудование (коды ОКС 93.030; 91.140 – за исключением 91.140.50; 91.140.90; участие в 91.140.10; 91.140.65; 91.140.99), включая изделия заводского изготовления: санитарно-технические изделия и арматура (коды ОКП 49 2400; 49 4000; 49 5000; 49 6000; 49 7000); оборудование, изделия и арматура для отопления, вентиляции и кондиционирования (коды ОКП 49 3500; 49 3700); трубы и воздуховоды для наружных и внутренних систем водопровода, теплоснабжения, канализации, вентиляции и кондиционирования воздуха (коды ОКП 22 4800; 49 2500; 49 2600; 49 3600; 49 3800; 57 4620; 57 5500)	ИСО/ТК 59 «Строительство зданий»; ИСО/ТК 116 «Нагревательные приборы помещений»; ИСО/ТК 205 «Проектирование внутренней среды зданий»
ПК5 Строительные материалы	Строительные материалы и изделия (код ОКС 91.100), включая: цемент, известь, гипс, (коды ОКП 57 3000; 57 4320; 57 4400); заполнители для бетонов, материалы дорожные, изделия облицовочные из природного камня (коды ОКП 57 1000, участие в 23 1200 и 23 3220); керамические изделия для строительства (коды ОКП 57 5200, 57 5600); бетон, строительные растворы и изделия из бетона (коды ОКП 57 4500; 57 4600); изделия из цемента, армированного волокнами (код ОКП 57 8000); материалы и изделия полимерные отделочные, кровельные, гидроизоляционные и герметизирующие (коды ОКП 57 7000; 23 2910); тепло- и звукоизоляционные материалы (коды ОКП 57 6000; 22 5410; 22 5430); стеновые и перегородочные материалы (коды ОКП 57 4100; 57 4200); изделия деревянные строительные (коды ОКП 53 6170; 53 6180; 55 3600; 55 3700); стекло и изделия из стекла строительные (коды ОКП 59 1000; 59 2310; 59 5247; 59 5277; 59 5287)	ИСО/ТК 59 «Строительство зданий»; ИСО/ТК 71 «Бетон, железобетон и предварительно напряженный железобетон»; ИСО/ТК 74 «Цемент и известь»; ИСО/ТК 77 «Изделия из армированного волокна цемента»; ИСО/ТК 89 «Деревесные плиты»; ИСО/ТК 159 «Гипс, алебастр и соответствующие материалы»; ИСО/ТК 160 «Стекло для строительства»; ИСО/ТК 189 «Керамическая плитка»; ИСО/ТК 219 «Напольные покрытия»

Работа ТК организуется на материальной базе ФГУП «Центр методологии нормирования и стандартизации в строительстве», которому поручено ведение секретариата ТК. Технический комитет функционирует как объединение специалистов, направляемых для работы в ТК федеральными органами исполнительной власти, общественными объединениями, научными, проектными, изыскательскими, строительными организациями и предприятиями и приглашает к участию в работе технического комитета все заинтересованные организации.

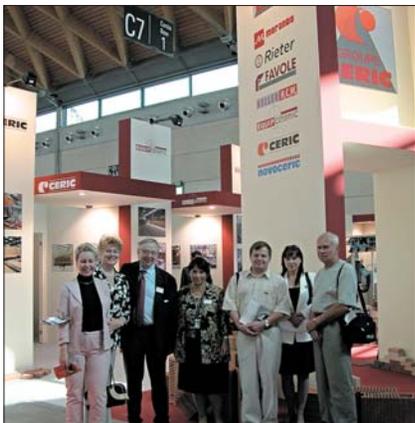
Россия, 125057 Москва, а/я 63, Ленинградский проспект, д. 63, ТК 465 «Строительство»  
Тел.: (095) 719-07-96 (председатель), (095) 157-61-69 (заместитель председателя), (095) 157-31-94, 157-32-87 (ответственный секретарь)

# Крупнейшая выставка оборудования и технологий для керамической промышленности «Tecnargilla-2004» расширяет тематику

В октябре 2004 г. в г. Римини (Италия) прошла 19-я Международная выставка технологий и оборудования для керамической промышленности «Tecnargilla-2004». Ее посетила российская делегация, которую возглавляла заместитель председателя комитета ТПП РФ по предпринимательству в сфере строительства и ЖКХ Л.С. Барина. В состав делегации входили руководители предприятий керамической промышленности, ученые, работающие в области строительной керамики, предприниматели.



«Tecnargilla-2004» ждет гостей



Уже стало традицией – посещать стенд французской фирмы «CERIC», крупнейшего производителя технологического оборудования



Зав. кафедрой керамики и огнеупоров БГТУ Ю.И. Гончаров и ген. директор ОАО «Стройполимеркерамика» С.В. Мамбетшаев на стенде бельгийской фирмы «Де Бур», оборудование которой установлено на заводе «San Marco Laterizi»



Бегуны производства фирмы «Бедеши»

Организаторами выставки традиционно выступают фирма Rimini Fiera S.p.A. и Итальянская ассоциация производителей оборудования для керамической промышленности ACIMAC. Свои разработки в области керамической технологии представили 773 экспонента из 34 стран мира. По сравнению с предыдущей выставкой в 2002 г. число участников уменьшилось за счет итальянских фирм, однако представительство зарубежных (не итальянских) экспонентов увеличилось почти на 20% и составило 292 фирмы.

Структура посетителей практически не изменилась. Из 30 тыс. гостей выставки почти 11 тыс. приехали из 109 стран мира. Больше всего специалистов представляли Испанию, Турцию, Иран, Китай, Германию, Бразилию, Португалию, Таиланд, Египет, Индию, Аргентину и Мексику. Отметим, что достаточно высока посещаемость выставки «Tecnargilla» российскими специалистами. По нашим данным, ее посетили представители практически всех крупных отечественных предприятий, производящих керамическую продукцию.

Под экспозицию были задействованы все 14 выставочных павильонов, 9 из которых заняла выставка «Tecnargilla», посвященная оборудованию и технологии производства керамической плитки, санфаянса, посуды и огнеупоров, в 3-х павильонах расположилась выставка «Kromatech», посвященная декорированию керамических материалов и изделий (пигменты, глазури, деколи, специальное сырье и оборудование).

Премьерой выставки стал раздел «Claytech» – оборудование, материалы и технологии для производства строительной керамики – кирпича и черепицы (2 павильона). Эта тема, традиционно представленная на крупнейшей международной выставке «Ceramitec», которая проводится один раз в два года в Германии, несомненно, привлекла на «Tecnargilla» дополнительных экспонентов (более 100 фирм участниц) и посетителей.



Манипуляторы производства фирмы «Джотто»

На выставке «Tecnargilla» члены делегации провели ряд заранее подготовленных переговоров, работали по собственным программам, посетили предприятия по приглашению фирм-экспонентов. Один день был посвящен посещению выставки керамической продукции «Cersaie» в г. Болонья.

Как и многие зарубежные фирмы, голландская фирма «Instalat» выполняет проектирование и строительство керамических заводов «под ключ», однако ее главной специализацией является создание тепловых агрегатов. Глава фирмы господин Hans Liefrink считает стратегически перспективными обжиговые агрегаты периодического действия. Их существенным преимуществом является низкое энергопотребление в сочетании с достаточно высокой производительностью. Каждая печь разрабатывается и проектируется согласно производственным задачам заказчика. Их объем колеблется от 1 до 600 м<sup>3</sup>, температура обжига может достигать 1600°C. В качестве топлива используется природный или сжиженный газ. Печи могут быть стационарными и передвижными, с опускающимся колпаком камеры или с открывающейся дверью. Корпуса печей изготавливаются из жаропрочной стали, в качестве теплоизоляции применяется каолиновое волокно, печи оснащаются высокоскоростными горелками и системами рекуперации тепла. В настоящее время печи «Instalat» строятся на нескольких заводах Украины.

Сравнительно молодая португальская фирма «Fornoceramica», созданная в 1989 г., быстро вышла в лидеры мировых печестроителей для керамической промышленности. В ее активе более 4,5 тыс. успешно работающих печей по всему миру. Фирма была пионером в применении высокоскоростных горелок для туннельных и роликовых печей, конструкции и технические характеристики которых постоянно совершенствуются.

Большой интерес ученых, работающих в области керамики, вызвали демонстрации различного лабораторного оборудования, которое представляли как узко специализи-



На заводе «San Marco Laterizi»



Старинный пресс для формования черепицы

рованные фирмы, так и фирмы, производящие широкий спектр оборудования для различных целей, например, весы, мельницы, прессы, печи.

**Германская фирма «Naberterm»** более 50 лет разрабатывает и производит тепловые агрегаты как для промышленного производства керамики, так и для лабораторных исследований с рабочей температурой от 30 до 3000°C. Это муфельные и трубные печи, вакуумные печи и печи с принудительной циркуляцией воздуха, высокотемпературные агрегаты, сушильные шкафы.

**«BEDESCHI» итальянская семейная компания** – одно из старейших предприятий Европы (1908 г.), работающих в области проектирования и производства оборудования для подготовки и переработки керамической массы от карьера до прессования.

Гордостью компании является конструкция 4-катковых бегунов, на которую получен Европейский патент. Жесткость и высокую прочность конструкции обеспечивают центральная опорная колонна и четыре боковые стойки, поддерживающие растирающий диск и держатели решеток. Благодаря этому могут быть применены катки большой массы, что обеспечивает высокое качество переработки глины.

Наследники **германской фирмы «Vraul»** не скрывают, что едва ли не главной движущей силой основателя фирмы Джозефа Брауна в 1929 г. было амбициозное стремление к мировой известности. Мечты талантливого инженера и организатора производства реализованы, – его внук в настоящее время руководит действительно всемирно известной фирмой, которая производит формовочные устройства для различных отраслей керамической индустрии. В России наиболее известны различные конструкции мундштуков для формования керамических стеновых камней большого формата. Однако в арсенале фирмы устройства для формования элементов керамических воздухопроводов, перегородочных блоков, фигурных многослойных изделий сложных форм, ленточной черепицы, плитки, лотков, коробов и традиционного кирпича.

**Голландская фирма «Machinefabriek De Boer B.V.»** специализируется на произ-



Прообраз автомата-резчика

водстве формовочных комплексов для производства лицевого кирпича, элементов мощения и кирпича «псевдоручной работы». Кирпич формируется в индивидуальные формы и имеет относительно низкую распалубочную прочность. Однако именно это позволяет придавать ему различную форму и искусственно создавать на лицевых поверхностях «следы времени».

С работой такого формовочного оборудования наша делегация познакомилась на заводе **«San Marco Laterizi»** – крупнейшем итальянском предприятии, специализирующемся на выпуске широкого ассортимента архитектурного кирпича для нового строительства и реставрации. Завод расположен недалеко от Венеции, его посещение было организовано российским представительством французской фирмы «CERIC». На заводе установлены печи периодического действия фирмы «CERIC», которые позволяют существенно увеличить плотность садки, а также формировать садку из изделий различного размера и формы, в том числе доборных изделий и клинкера.

Для встречи с российскими коллегами на завод прибыл руководитель представительства фирмы «CERIC» в Италии господин Джорджио Бертоля. Российскую делегацию приветствовал директор завода господин Фернандо Кьюджо. Гостеприимные хозяева продемонстрировали участок ручной формовки керамических изделий для выполнения заказов по реставрации уникальных зданий не только в Италии, но и за рубежом, линии массового производства кирпича, стилизованного под старину, а также музей старинного оборудования и инструментов.

Поездка была организована компанией «ЭКСПО-груп» и научно-техническим журналом «Строительные материалы» при содействии ООО «Самарский Стройфарфор» и включала также культурную программу: посещение основных достопримечательностей городов Венеция, Болонья, Урбино, а также Республики Сан Марино.

**Следующая деловая поездка специалистов будет организована на международную выставку «China ceramics» в мае 2005 г.**

**Е.И. Юмашева** (фото автора)



У «псевдоручной» технологии формования кирпича есть свои достоинства и недостатки



Залог качества изделий ручной формовки – тщательная подготовка массы



Печь периодического действия фирмы «CERIC» допускает высокую плотность садки



На заводе «San Marco Laterizi» сохранен один из каналов старинной кольцевой печи в котором располагается музей

УДК 666.9

Л.И. ХУДЯКОВА, канд. техн. наук,  
К.К. КОНСТАНТИНОВА, канд. хим. наук, Б.Л. НАРХИНОВА, вед. инженер,  
Байкальский институт природопользования СО РАН (г. Улан-Удэ, Республика Бурятия)

## Получение термостойких композиционных вяжущих материалов

С целью снижения энергозатрат для получения жаростойких вяжущих проводилось изучение влияния магнийсиликатной добавки – дунита в составе вяжущих при воздействии высоких температур, изменение фазового состава в процессе обжига, влияние соотношения исходных компонентов на свойства материала. В качестве сырьевых материалов использовались портландцемент Тимлюйского цементного завода марки М 400 и дунит Йокон-Довыренского массива со следующим содержанием основных компонентов, %:  $\text{SiO}_2$  – 36,5;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 1,05;  $\text{MgO}$  – 43,7;  $\text{CaO}$  – 7,01;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 10,3. Дуниты данного массива на 80–97% состоят из изоморфных кристаллов оливина и хромшпинели, образующей кристаллографически ограненные включения в оливине. Для них не характерны гидроксил- и щелочесодержащие минералы [1].

Технология изготовления вяжущего следующая: дунит истирали с водой в стержневом вибрационном измельчителе типа 75Т-ДрМ с ударно-сдвиговым характером нагружения в течение 15 мин, затем соединяли с портландцементом при водотвердом соотношении 0,3 и формовали образцы размером 2×2×2 см. Образцы хранились 7 сут в нормальных условиях, а затем подвергались воздействию различных температур в течение 1 ч. После этого образцы охлаждались на воздухе в течение 2 ч и испытывались на прочность при сжатии. Результаты измерений представлены в таблице.

Как видно из данных таблицы, оптимальное количество добавки дунита составляет 40%. При этом прочность вяжущей композиции практически не изменяется до температуры обжига 600°C. Обжиг композиции сопровождается изменением цвета образцов из серого в коричневый и незначительной потерей массы за счет потери гидратационной воды (в области 200–400°C и 550–650°C), входящих в состав вяжущего гидро-

силикатов кальция и магния. При этом образуются безводные силикаты Ca, Mg, Fe. С дальнейшим повышением температуры происходит подплавление железосодержащего компонента. Вследствие этого структура вяжущего уплотняется.

При использовании силиката магния в качестве добавки в композиционном вяжущем происходит связывание свободной окиси каль-

ция, находящейся в портландцементе. Наблюдается дополнительная гидратация кальциевых соединений, образуются смешанные низкоосновные гидросиликаты кальция и кальциево-магниевого силикаты, увеличивается вязкость системы. При нагревании вяжущего происходит превращение магниевых и кальциевых гидратов и существенная перестройка его структуры. Это под-

Количество добавки дунита, %	Предел прочности при сжатии, МПа				
	22°C	200°C	400°C	600°C	800°C
0	28,6	26,1	24,2	14,8	6
20	18,8	18	16,4	10,7	7,1
25	13,7	13,4	11,3	8,2	6,2
30	28,8	28,7	25,3	24,2	12,2
35	31	30,6	28,1	25,8	13,7
40	33,3	33,3	32,8	30	14,1
45	29,8	28,9	25,4	23,9	13,7
50	26,7	20,3	20	18,6	10,5

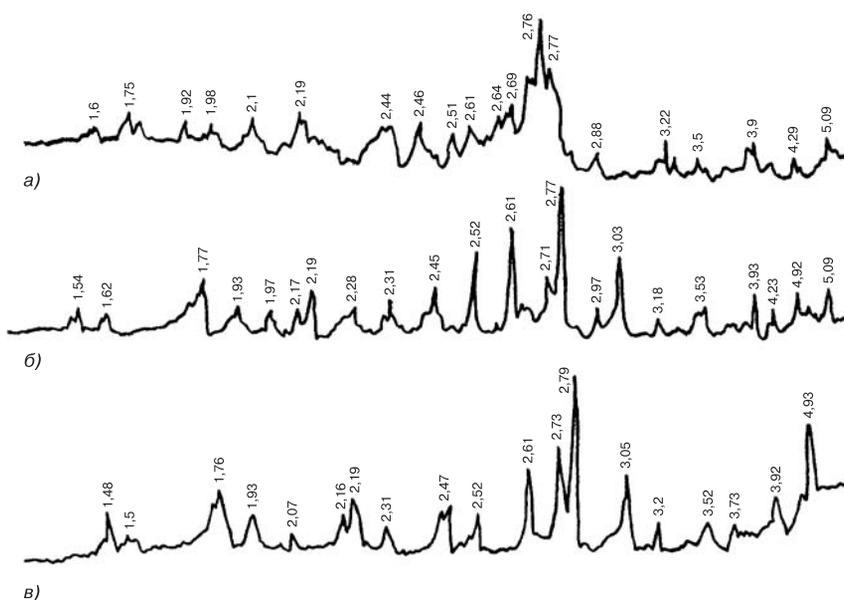


Рис. 1. Рентгенограммы образцов вяжущего на основе дунита, подвергшихся воздействию повышенных температур. Температура, °С: а – 800; б – 200; в – 22

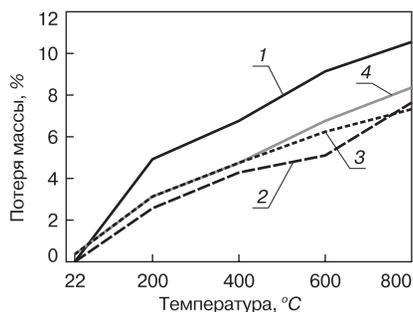


Рис. 2. Зависимость потери массы образцов вяжущего с добавкой дунита от температуры обжига. Содержание дунита в вяжущем, %: 1 – 0; 2 – 30; 3 – 40; 4 – 50

тверждается данными рентгенофазового анализа (рис. 1). Как видно из рентгенограмм образцов, подвергшихся воздействию повышенных температур, уже от 200°C к 800°C более чисто проявляются рефлексы алита,  $C_3S$  (3,03; 2,97; 2,77; 2,61);  $\beta$ - $C_2S$  (2,88; 2,77; 2,73; 2,19); периклаза (2,1); форстерита (3,9; 2,51) и ферритов кальция:  $C_4AF$  (2,64; 1,92),  $C_2F$  (2,69). Исчезают присутствовавшие при 200°C рефлексы тоберморита (3,18; 2,97).

Уплотнение структуры вяжущего объясняется и тем, что в системе под действием высоких температур образуется расплав, который покрывает твердые частицы адсорбционной пленкой. Причем расплав с добав-

кой  $MgO$  располагается в области более низких значений вязкости, чем с добавкой  $CaO$  и, следовательно, свойства дробления комплексов у  $Mg^{2+}$  выражены сильнее. Полученные пленки выполняют роль связки, сцепляя твердые частицы, и придают полученному материалу прочность.

В состав оливина кроме  $Mg_2SiO_4$  входит и небольшое количество  $Fe_2SiO_4$ . Добавка в состав композиционного вяжущего железа также влияет на образование кристаллических фаз, что приводит к увеличению прочности материала.

В результате проведенных исследований установлено, что композиционные вяжущие на основе дунита имеют меньшую усадку при нагревании, чем портландцемент (рис. 2). Причем вяжущие с добавкой дунита в количестве 40 и 50% имеют практически одинаковую потерю массы до температуры обжига 400°C. При дальнейшем повышении температуры у вяжущего с добавкой 40% дунита потеря массы снижается. Это объясняется тем, что в состав портландцемента входит свободная вода. При добавке в него дунита по мере образования гидросиликатов кальция магнезия и других комплексных соединений вода химически и абсорбционно связывается, а при нагревании она удаляется значительно

меньше. В составе вяжущего с добавкой дунита (40%) создаются более сочетаемые по структурно-размерным параметрам новообразования, получаемые гидратацией активных минералов портландцемента и менее активных минералов дунита [2].

Активность композиционного вяжущего после обжига при температуре 800°C снижается, но для состава портландцемент-дунит (60:40) остается выше. Надо отметить, что наименьшее значение предела прочности при сжатии 14,1 МПа при 800°C позволяет использовать композиционные вяжущие с добавкой дунита в качестве обмазки трубопроводов, стен нагревательных печей и приборов.

Таким образом, установлена возможность получения термостойких композиционных вяжущих систем с добавкой необожженного дунита. Введение в вяжущее дунита в количестве 40% позволяет использовать его до температуры службы 800°C.

#### Список литературы

1. Кислов Е.В. Йоко-Довыренский расслоенный массив. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 1998. 268 с.
2. Худякова Л.И., Константинова К.К., Нархинова Б.Л. Малоэнергоёмкие вяжущие с использованием дунитов // Строит. материалы. 2002. № 2. С. 11–12.

ООО "ГЛОБАЛ ЭКСПО": Тел.: +7 (095) 101 2274, 540 8157, Факс: +7 (095) 291 2175 info@u-city.ru www.u-city.ru

GLOBAL АИИ ВД МАШИНОСТРОЕНИЕ

24-27 UNDERGROUND CITY 24-27 ПОДЗЕМНЫЙ ГОРОД

ЭКСПОЦЕНТР МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

24-27 ЯНВАРЯ

ПОДЗЕМНЫЙ ГОРОД 2005

В рамках выставки "ПОДЗЕМНЫЙ ГОРОД 2005" проводится специализированный салон "ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ"

## Структурная механика разрушения кирпичной кладки

Обеспечение надежности и долговечности кирпичных конструкций является актуальной проблемой сегодняшнего дня.

Существующие методы расчета и моделирования работы кирпичных и каменных конструкций основаны на представлении о кирпичной (каменной) кладке как изготовленной из псевдотвердого квазиоднородного материала. Это приводит к невозможности реального учета особенностей работы кладки и требует введения большого количества эмпирических коэффициентов. Определение основных характеристик в существующих методах расчета основано на предположении В.А. Гастева и Л.И. Онищика о том, что кладка находится в условиях сложного напряженно-деформированного состояния и одновременно подвержена сжатию, изгибу, растяжению и срезу.

Такой подход не отражает фактических структурных и физико-механических особенностей кирпичной кладки как сложно-структурированного композиционного материала.

Для учета влияния реальных условий работы кладки необходимо изучать и моделировать ее свойства на пяти основных уровнях.

*Мегауровень* определяет работу кирпичной кладки в целом, ее взаимодействие с другими конструкциями или элементами здания.

*Макроуровень* — уровень взаимодействия основных элементов структуры кладки (растворных швов, кирпича керамического или силикатного) и незаполненного раствором зон швов (дефектов кладки).

*Мезоуровень* — уровень цементно-песчаного раствора, силикатного или керамического камня, зоны поверхности контакта кирпича и раствора. Макро- и мезоуровень определяют прочностные и деформационные свойства кладки, ее трещино- и морозостойкость.

*Микроуровень* — это уровень структурного взаимодействия цементного камня и мелкого заполнителя с керамическим или силикатным кирпичом (камнем).

*Субмикроуровень* представлен сложным фазовым составом цементного камня и входящего в его структуру цементного геля, аморфизированным и кристаллическим сростком, системой пор и пустот, включая поры геля. Этот уровень определяется также структурой керамического черепка или силикатного камня в кирпиче.

На каждом уровне будем рассматривать структуру кладки, состоящую из нескольких квазиоднородных систем элементов.

На мегауровне кирпичные конструкции рассматриваются как изготовленные из псевдооднородного материала. Кладка эффективно работает на центральное сжатие в направлении по перевязанным швам. При этом необходимо учитывать физическую нелинейность материала. В расчетах возможно использование гипотетической зависимости между напряжениями и деформациями в виде диаграммы Прандтля, реальная и идеализированная ее формы приведены на рис. 1. Эта диаграмма воспроизводит зависимость между напряжениями и деформациями кладки как идеального упругопластического тела.

Изучение работы кладки на макроуровне и взаимодействие ее элементов было проведено экспериментально на образцах из кладки, выполненной из силикатного модульного кирпича с круглыми пустотами на цементно-песчаном растворе (см. таблицу). При испытаниях деформации отдельных элементов кладки, кирпича, раствора, горизонтальных швов вдоль и перпендикулярно линии приложения нагрузки их поперечные деформации измерялись с помощью тензодетекторов. Основные причины и степень приоритетного влияния указанных элементов структуры на разрушение образцов кирпичной кладки проанализируем далее.

Разрушение кирпича или раствора в кладке при сжатии маловероятно, потому что прочность кладки составляет примерно 25–35% прочности кирпича и раствора при сжатии. Сжимающие напряжения в кирпиче и растворе горизонтальных

швов равны, но деформации вдоль линии приложения нагрузки в растворе горизонтальных швов в 10–12 раз больше, чем в кирпиче. Это объясняется наличием зоны контакта кирпича и раствора как промежуточного элемента структуры. Физико-механические свойства зоны контакта существенно отличаются от свойств раствора шва.

Разрушение кирпича при изгибе возможно из-за неполного заполнения горизонтальных швов и неравномерности растворной постели шва кладки. Распределение раствора в горизонтальном шве носит случайный характер и зависит от подвижности растворной смеси и ее состава, вида поверхности кирпича, квалификации каменщика. Проведенные испытания образцов кирпичной кладки позволяют установить, что незаполненные зоны в кирпиче могут достигать 6–7 см по длине кирпича. Поэтому необходимо подбирать прочность кирпича при изгибе с учетом возможных дефектов кирпичной кладки.

Рассмотрим влияние растяжения перпендикулярно линии приложения нагрузки в горизонтальных растворных швах и кирпиче с учетом сил сцепления кирпича с раствором горизонтальных швов. Растягивающие напряжения, действующие перпендикулярно линии приложения нагрузки в кирпиче и растворе, пропорциональны коэффициенту поперечных деформаций кирпича и раствора. Значение коэффициента Пуассона раствора колеблется в

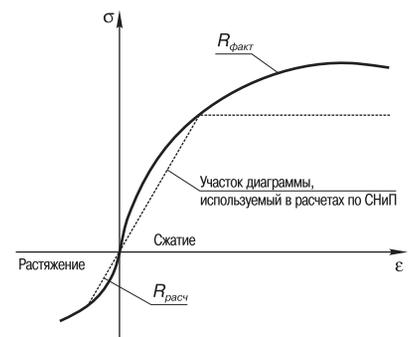


Рис. 1. Диаграмма напряжений – деформаций при растяжении и сжатии кирпичной кладки

Напряжения, МПа	Оносительные деформации, $\times 10^4$										
	Вдоль линии приложения нагрузки					Перпендикулярно линии приложения нагрузки					
	Кладка	Кирпич		Горизонтальный шов		Кирпич		Горизонтальный шов		Вертикальный шов	
		величина деформации	отношение к деформации кладки, %	величина деформации	отношение к деформации кладки, %	величина деформации	отношение к деформации кладки, %	величина деформации	отношение к деформации кладки, %	величина деформации	отношение к деформации кладки, %
0	0	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
0,8	7,2	5	69%	38,75	538%	-3,25	45%	-2,75	-38%	-10	-139%
1,6	14,6	10	68%	55	377%	-5,5	38%	-3,25	-22%	-76	-521%
2,4	26,6	6	23%	123,75	465%	-7,25	27%	-4,5	-17%	-89	-335%
3,2	36,8	7	19%	126,5	344%	-11,5	31%	-6	-16%	-83,5	-227%
4,84	Разрушение образцов										

пределах 0,2–0,25, а для кирпича в зависимости от его вида – 0,05–0,15. При достаточном сцеплении деформации на границе контакта кирпича и раствора горизонтальных швов выравниваются, при небольшой толщине шва они распределяются равномерно практически по всей его высоте. Из условия выравнивания деформаций можно определить изменение напряжений, действующих перпендикулярно линии приложения нагрузки в кирпиче и растворе. В кирпиче они увеличивают растягивающие напряжения в 2–2,5 раза, а в растворе их значения уменьшаются на 10%. Для обеспечения совместности деформаций кладки в зоне контакта необходимо, чтобы сцепление кирпича и раствора было больше по величине, чем разница поперечных напряжений и деформаций кирпича и раствора, что составляет величину порядка 15–20% прочности кладки.

При неполном заполнении горизонтальных швов в месте контакта возникают концентрации поперечных растягивающих напряжений приблизительно в 2–3 раза больше поперечного растягивающего напряжения в кирпиче. Это показывает, насколько опасно неполное заполнение горизонтальных швов раствором.



Рис. 2. Зона контакта кирпича и раствора

Наличие пустот в кирпиче влечет за собой возникновение дополнительных напряжений, в том числе в растворе горизонтальных швов, пропорциональных отношению площади контакта кирпича и раствора к площади эффективной условной поверхности кирпича. При пустотности кирпича, равной 50%, в растворе увеличивается концентрация напряжений в 2 раза, а на границе контакта появляется эффект ослабления прочности кладки за счет концентрации локальных напряжений.

При полном заполнении шва в зоне контакта на кирпич действуют разгружающие продольные растягивающие напряжения вдоль линии приложения нагрузки, равные 50% от напряжений, сжимающих кладку. В зоне угла кирпича сжимающие напряжения снижаются на 20–25%. Это обусловлено неоднородностью деформаций структурных элементов кладки. При неполном заполнении вертикальных швов разгружающий эффект отсутствует, исчезают обжимающие краевые усилия в кирпиче и соответственно снижается прочность кладки, проявляется эффект концентрации напряжений с возникновением и развитием трещин. Это один из основных видов дефектов кирпичной кладки.

На мезоуровне необходимо рассматривать взаимосвязь составляющих цементного раствора, керамического или силикатного камня, а также зоны контакта кирпича и раствора. Деформативность и прочность зоны контакта кирпича и раствора, их ползучесть, усадка и набухание, температурные деформации определяются данным уровнем структуры кладки. Деформации кладки от внешней нагрузки, усадка и ползучесть частично демпфируются зоной контакта. Механизм компенсации можно объяснить тем, что при примерно одинаковых деформациях от нагрузки и температуры площадь раствора в зоне контак-

та и зона перераспределения нагрузок в кирпиче одинаковы и много меньше, чем площадь кирпича и раствора в шве. При этом необходимо учитывать, что скорость водоотделения раствора в зоне контакта много выше, чем у раствора основного шва. Поэтому относительные деформации этой зоны много больше, чем остальных элементов данного уровня. Приведенная на рис. 2 фотография образца в зоне контакта керамического кирпича и цементно-песчаного раствора позволяет определить геометрические характеристики зоны контакта раствора в кладке.

Площадь поверхности непосредственного контакта составляет примерно 45% общей площади образца и высота зоны контакта порядка 1–2 мм.

На микро- и субмикроуровне рассматриваются свойства и структура цементного камня [1] и заполнителя, входящего в состав раствора, а также керамического черепка или силикатного камня. При этом необходимо учитывать, что каждый из структурных элементов обладает системой пор, пустот и субмикротрещин. В растворе преобладает заполнитель, объем межзерновых пустот заполняется цементным камнем. Общая пористость цементного раствора составляет порядка 38%, кирпича керамического – 27,7%, силикатного кирпича – 35–40%. В соответствии с вышесказанным и влиянием структурной механики разрушения составляющей долей заполнителя раствора можно пренебречь при определении расчетной прочности и морозостойкости кладки на этом уровне.

#### Литература

1. Бабков В.В., Мохов В.Н., Капотов С.М., Комохов П.Г. Структурообразование и разрушение цементных бетонов. Уфа: ГУП «Уфимский полиграфкомбинат». 2002. 317 с.

Г.В. МАРЧЮКАЙТИС, д-р техн. наук, Б.Б. ЙОНАЙТИС,  
Ю.С. ВАЛИВОНИС, кандидаты техн. наук, Вильнюсский технический  
университет им. Гедиминаса, И.Я. ГНИП, канд. техн. наук, институт «Термоизоляция»  
Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса (Литва)

## Оценка прочности и деформативности каменной кладки при сжатии согласно СНиП II-22-81 и Eurocode 6

В настоящей статье представлены результаты исследований, позволяющие более точно оценить прочность и деформативность при сжатии каменной кладки, используя прочностные показатели камня (кирпича) и раствора, определенные как по ГОСТ [1, 2], так и по EN [3, 4].

Согласно СНиП II-22-81 [5] расчетные сопротивления сжатию каменной кладки принимают по прочностным показателям камня (кирпича) и раствора при сжатии. В основу норм проектирования каменных конструкций [5] для определения средней прочности каменной кладки при кратковременной нагрузке положена зависимость, предложенная Л.И. Онищиком:

$$f_u = A \cdot f_b \left( 1 - \frac{a}{b - \frac{f_m}{2f_b}} \right) \cdot \eta, \quad (1)$$

где  $f_u$  – кратковременная прочность каменной кладки при сжатии (нормативная прочность  $f_k = 0,7f_u$ );  $A$  – коэффициент, учитывающий конструктивные особенности кладки;  $f_b$  и  $f_m$  – прочность при сжатии кирпича (камня) и раствора соответственно;  $a$  и  $b$  – коэффициенты, зависящие от вида и размеров кирпича (камня);  $\eta$  – поправочный коэффициент, зависящий от соотношения прочности раствора и камня при сжатии.

В [5] при определении прочности каменной кладки при сжатии не

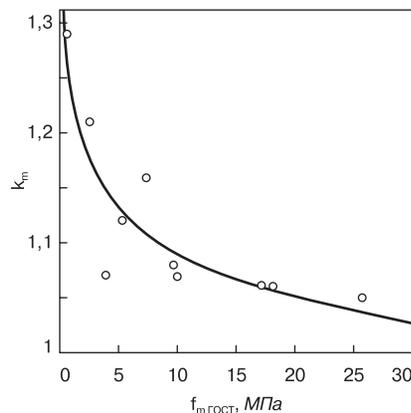


Рис. 1. Эмпирическая зависимость коэффициента  $k_m$  от прочности раствора при сжатии, определенной по ГОСТ 5802-86

учитывается толщина швов кладки, принимая, что толщина последних не более 12 мм. Согласно Eurocode 6 по проектированию каменных конструкций [6] нормативную прочность каменной кладки определяют по эмпирическим формулам в зависимости от толщины швов кладки. При толщине горизонтальных швов 3–15 мм нормативная прочность каменной кладки при сжатии составляет

$$f_k = K f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3}, \quad (2)$$

а при толщине менее 3 мм

$$f_k = K f_b^{0,65}, \quad (3)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий вид, форму и пустотность каменной кладки.

В Eurocode 6 также рекомендуется нормативную прочность кладки определять по экспериментальным данным, в частности

$$f_k = f/1,2 \leq f_{min}, \quad (4)$$

где  $f$  и  $f_{min}$  – средняя и минимальная прочность кладки, определяемая испытанием фрагментов каменной кладки на сжатие в соответствии с требованиями [6].

Согласно [6] расчетная прочность каменной кладки принимается равной

$$f_d = f_k / \gamma_M, \quad (5)$$

где  $\gamma_M$  – коэффициент надежности каменной кладки, учитывающий вид и качество кладки и принимаемый

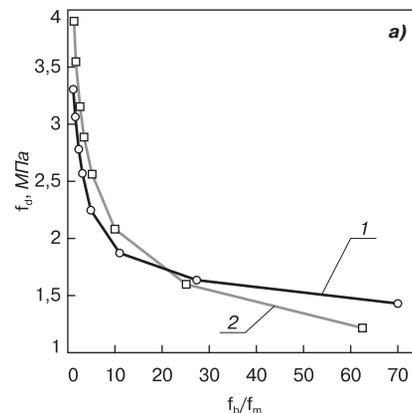


Рис. 2. Зависимости прочности каменной кладки, принимаемой согласно СНиП II-22-81 от прочности материалов, определяемой по методам ГОСТ [1, 2] (линия 1) и EN [3, 4] (линия 2): для марки сплошного кирпича всех видов М25 (а) и М15 (б)

от 1,7 до 3 (ниже при сравнении расчетных значений прочности кладки по СНиП II-22-81 и Eurocode 6 принято  $\gamma_M = 3$ ).

Таким образом, прочность каменной кладки при сжатии по СНиП II-22-81 и Eurocode 6 зависит от двух оказывающих наибольшее влияние факторов – прочности камня (кирпича) и раствора.

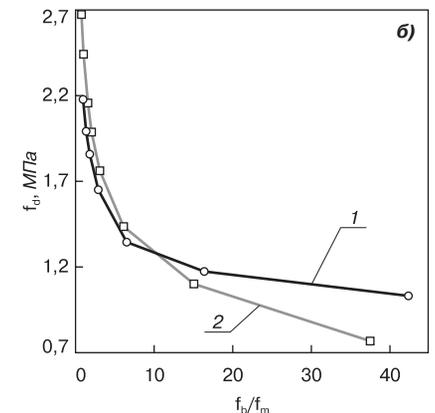
Следующим важным показателем каменной кладки является ее деформативность, характеризующая модулем упругости, который также зависит от прочностных свойств материалов кладки. Согласно [5, 6] модуль упругости при кратковременной нагрузке принимается равным

$$E_0 = \alpha \cdot f_k, \quad (6)$$

где  $E_0$  – модуль упругости (начальный модуль деформаций) кладки;  $\alpha$  – упругая характеристика кладки.

Известно, что упругие свойства кладки зависят от деформационных свойств камня и раствора. В частности, упругая характеристика кладки  $\alpha$  принимается в зависимости от вида и марок кирпича и раствора и колеблется в пределах от 350 до 1500 в [5], а согласно [6] принимается равной 1000. Последнее значение  $\alpha$  в нормативе [5] соответствует только некоторым видам кладки.

Поэтому при проектировании и возведении каменных конструкций по действующей главе СНиП II-22-81 важно знать, по какой методике опре-



делены прочностные свойства материалов кладки при сжатии.

**Прочность раствора**, принимаемую в СНиП II-22-81, определяют согласно ГОСТ 5802-86, а в Eurocode 6 – согласно EN 1015-11:1999.

Из 10 растворов различных прочностей было изготовлено по 5 образцов в соответствии с требованиями [2, 4]. Анализ результатов испытаний образцов на сжатие показал, что методы испытаний дают разные значения прочности раствора.

На основании статистической обработки результатов испытаний была построена зависимость отношения прочностей раствора при сжатии, определенных по [4] и [2]  $k_m = f_{mEN}/f_{mГОСТ}$ , от значения прочности раствора при сжатии, определенной по [2] (рис. 1):

$$k_m = 1,224 - 0,058 \ln f_{mГОСТ} \quad (7)$$

Среднее квадратическое отклонение  $S_{ар} = 0,036$ .

Здесь  $f_{mГОСТ}$ ,  $f_{mEN}$  – прочность раствора при сжатии, определенная по ГОСТ 5802-86 и EN 1015-11:1999 соответственно.

**Прочность кирпича**, применяемую в СНиП II-22-81, определяют согласно ГОСТ 8462-85, а марку кирпича принимают по прочности при сжатии и изгибе.

При оценке прочности кладки при сжатии согласно Eurocode 6 прочность кирпича определяют по методике [3]. Были выполнены испытания сплошного кирпича одних и тех же партий по методам [1] и [3]. Следует отметить, что прочность кирпича, определенная по [3], больше значения, получаемого по методике [1]. Коэффициент увеличения  $k_b = f_{bEN}/f_{bГОСТ}$  составляет в среднем 1,1 и 1,14 для керамического и силикатного кирпича соответственно.

**Прочность кладки при сжатии**, определяемая по нормативам [5] и [6], различна и зависит от соотношения прочности кирпича и раствора ( $f_b/f_m$ ) с учетом коэффициентов  $k_m$  и  $k_b$ . При  $f_b/f_m < 5$  и марке кирпича М12,5 прочность кладки при сжатии согласно СНиП II-22-81 в среднем на 6% меньше прочности, определяемой по Eurocode 6, а при марке кирпича М25 это уменьшение составляет в среднем 18%. При увеличении соотношения  $f_b/f_m > 10$  прочность каменной кладки по [5] превышает прочность кладки по [6] практически не более чем на 5%.

Сравнение прочности кладки при сжатии, принимаемой согласно СНиП II-22-81 исходя из прочности кирпича и раствора, определенной по методам ГОСТ [1, 2] и по EN [3, 4], показывает, что при уменьшении отношения  $f_b/f_m$  различие в значениях прочности кладки при

сжатии может достигать 25 и 18% при марке сплошного кирпича всех видов М15 и М25 соответственно. При снижении прочности раствора влияние методик определения прочности материалов менее сказывается на прочности кладки, принимаемой по СНиП [5]. Например, при марке кирпича М15 и раствора М1,5 прочность кладки по СНиП [5] при определении прочности материалов по ГОСТ [1, 2] практически одинаковая, как и при определении прочности материалов по EN [3, 4]. При соотношении  $f_b/f_m > 10$  (кирпич М15) и  $> 20$  (кирпич М25) наблюдается меньшая прочность кладки при применении прочности материалов, определенной по EN [3, 4]. Так, при марке кирпича М25 и  $f_b/f_m$ , равным 30, это уменьшение составляет 10%, а при М15 – 20% (рис. 2).

Прочность кладки при сжатии по Eurocode 6 [6], формула (2), при использовании прочностных показателей материалов, определенных по ГОСТ [1, 2], получаем заниженной.

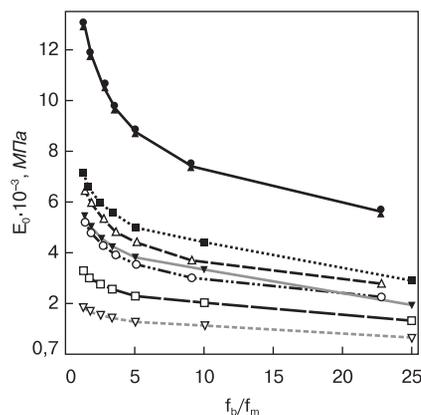
На основании формулы (6) и анализа результатов определения прочности материалов при сжатии по методам [1-4] можно отметить, что модули упругости, определенные по [6], значительно выше, чем по [5]. Например, при марке сплошного силикатного кирпича М25 и раствора М2-М2,5 модуль упругости по [6] почти в 2,1 раза больше, чем по [1] при кратковременной нагрузке и в 2,7 раза – при длительной нагрузке (рис. 3). При меньшей прочности раствора разница между модулями упругости по [5] и [6] несколько уменьшается (рис. 3). Однако согласно [6] при кратковременной нагрузке значение модуля упругости каменной кладки из керамического и силикатного кирпича одно и то же, а по [5] зависит от вида кирпича и прочности раствора.

На основании проведенных исследований нами сделаны следующие выводы.

1. Значения прочности кирпича и раствора, определенные по ГОСТ 8462-85 и 5802-86, меньше, чем по EN 772-1:2000 и 1015-11:1999. Для раствора это уменьшение может достигать 30%, а для сплошного керамического и силикатного кирпича – 10 и 14 % соответственно.

2. При применении относительно более прочного раствора (до 1/10 прочности кирпича) прочность кладки, принимаемая согласно СНиП II-22-81, может быть на 18% меньше по сравнению с Eurocode 6.

3. При использовании прочностных характеристик кирпича и раствора, определенных согласно EN 772-1:2000 и 1015-11:1999, проч-



**Рис. 3.** Зависимость модуля упругости каменной кладки из сплошного кирпича М25 от соотношения  $f_b/f_m$ , определенного по СНиП II-22-81 при кратковременном нагружении:  $\nabla$  – силикатный кирпич;  $\blacksquare$  – керамический. При длительном нагружении:  $\nabla$  – силикатный кирпич;  $\square$  – керамический. По Eurocode 6, Part 1-1 при кратковременном нагружении:  $\bullet$  – силикатный кирпич;  $\blacktriangle$  – керамический. При длительном нагружении:  $\circ$  – силикатный кирпич;  $\triangle$  – керамический

ность каменной кладки, определенная по СНиП II-22-81 при  $f_b/f_m$  не более 10, будет завышенной. Во избежание такого несоответствия рекомендуется использовать переходные коэффициенты  $k_m$  и  $k_b$  или проверить прочность каменной кладки экспериментально, как рекомендует Eurocode 6.

4. Во всех случаях модуль упругости каменной кладки, определенный по Eurocode 6, больше, чем по СНиП II-22-81. Это увеличение зависит от прочностных характеристик материалов, вида кирпича, продолжительности действия нагрузки и может достигать 2,7 раза.

#### Список литературы

- ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе. М.: Изд. стандартов. 1985. 8 с.
- ГОСТ 5802-86. Растворы строительные. Методы испытания. М.: Изд. стандартов. 1986. 22 с.
- EN 772-1:2000. Methods of test for masonry units. Part 1: Determination of compressive strength. 2000. 10 p.
- EN 1015-11:1999. Methods of test for mortar of masonry. Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar. 1999. 12 p.
- СНиП II-22-81. Каменные и армокаменные конструкции. М.: Стройиздат. 1983. 40 с.
- Eurocode 6. Design of Masonry Structures. Part 1-1: General Rules for Buildings. Rules for Reinforced and Unreinforced Masonry. Brussels. 1994. 200 p.

А.В. МАКАРОВ, К.А. СУХИН, кандидаты техн. наук, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, И.Г. ДОВЖЕНКО, инженер, Московский архитектурный институт (государственная академия)

## Определение частот собственных колебаний систем с помощью суперэлементного варианта частотно-динамической конденсации

В последние годы самым популярным методом расчета сооружений при помощи компьютерных программ является метод конечных элементов (МКЭ), основывающийся на разбиении конструкции на отдельные части (конечные элементы). Разработка программ на основе МКЭ, их совершенствование и эксплуатация занимают важное место в исследовании работы строительных конструкций. Однако точность вычислений теряется за счет большого числа степеней свободы системы. Для достижения достаточной точности расчета строительных конструкций, в том числе и сложных континуально-стержневых систем, приходится производить детальную дискретизацию (разбиение) конструкции, что приводит к построению матриц высоких порядков ( $N = 10^4 - 10^6$ ), которые формируются и решаются в процессе расчета, тем самым затрачивая большой объем памяти машины и значительно увеличивая время вычислений. Поэтому существует необходимость уменьшать порядок матриц.

Решение динамической задачи без учета демпфирования сводится к решению проблемы собственных значений (СЗ) и соответствующих им собственных векторов (СВ). Система разрешающих уравнений метода перемещений имеет вид:

$$[K - \lambda M]\{y\} = 0. \quad (1)$$

Для большинства задач техники вычисление полного спектра СЗ и СВ не обязательно, так как наиболее важным является лишь ряд младших собственных значений порядка 10–30% от общего числа степеней свободы системы. В связи с этим актуальной остается проблема понижения порядка исходных матриц, то есть разработка методик и алгоритмов конденсации.

Любая методика конденсации использует принцип разделения степеней свободы на основные ( $r$ ) и второстепенные ( $s$ ). Причем основные степени свободы выбираются так, чтобы при этом второстепенные степени свободы были разделены на отдельные блоки, не имеющие связей между собой. В работе [1] описан алгоритм энергетического варианта метода частотно-динамической конденсации.

Конденсация первого второстепенного блока производится следующим образом: сначала строится матрица – преобразователь Гайана порядка  $(r+s) \times (N)$ , которая имеет вид:

$$A_{sr}^{(1)} = \begin{bmatrix} E_{(r+s)} \\ - [K_{ss}^{(2)}]^{-1} K_{sr}^{(2)} \\ - [K_{ss}^{(3)}]^{-1} K_{sr}^{(3)} \\ \dots \\ - [K_{ss}^{(1)}]^{-1} K_{sr}^{(1)} \end{bmatrix} \quad (2)$$

и используется для получения матриц первой парциальной системы (блок основных степеней свободы + первый второстепенный блок) порядка  $(r+s)$ :

$$K^* = [A_{sr}^{(1)}] \cdot K \cdot A_{sr}^{(1)}; \quad (3)$$

$$M^* = [A_{sr}^{(1)}] \cdot M \cdot A_{sr}^{(1)}. \quad (4)$$

Затем решается собственная проблема для системы уравнений

$$[K^* - \lambda M^*]\{y\} = 0. \quad (5)$$

Далее выполняется частотно-динамическая конденсация первого второстепенного блока к блоку основных переменных. Связь между основными и второстепенными степенями свободы выразим уравнением

$$\{y_s\} = A_{sr} \{y_r\} \quad (6)$$

Выражение (6) справедливо для каждого собственного вектора парциальной системы. Тогда для первых  $r$  векторов можно записать:

$$[Y_{sr}] = A_{sr} [Y_{rr}] \quad (7)$$

где  $Y_{sr}$  – матрица второстепенных компонентов первых  $r$  собственных векторов;  $Y_{rr}$  – матрица основных компонентов тех же векторов.

Из (7) выразим

$$A_{sr} = [Y_{sr}][Y_{rr}]^{-1}. \quad (8)$$

Используя (8), запишем выражение для полного вектора системы (5)

$$\{y\} = \begin{bmatrix} y_r \\ y_s \end{bmatrix} = B \{y_r\}, \quad (9)$$

где

$$B = \begin{bmatrix} E_r \\ A_{sr} \end{bmatrix}. \quad (10)$$

Матрицы жесткости и эквивалентных масс, соответствующие основным степеням свободы с учетом влияния первого второстепенного блока, получаются из следующих выражений:

$$K_{rr}^{(1)} = B^T K^* B; \quad (11)$$

$$M_{rr}^{(1)} = B^T M^* B. \quad (12)$$

Конденсация второго второстепенного блока выполняется по аналогии с первым.

При этом матрица – преобразователь Гайана имеет вид:

$$A_{sr}^{(1)} \begin{bmatrix} E_{(r+s)} \\ - [K_{ss}^{(1)}]^{-1} K_{sr}^{(1)} \\ - [K_{ss}^{(3)}]^{-1} K_{sr}^{(3)} \\ \dots \\ - [K_{ss}^{(t)}]^{-1} K_{sr}^{(t)} \end{bmatrix} \quad (13)$$

Далее повторяются преобразования (3) – (12) и строятся конденсированные матрицы с учетом влияния второго второстепенного блока  $K_{rr}^{(2)}, M_{rr}^{(2)}$ . Аналогично могут быть получены матрицы конденсации каждого второстепенного блока к блоку основных неизвестных.

Матрицы жесткости и масс конденсированной системы получаются суммированием матриц конденсации всех парциальных систем за вычетом блоков  $\bar{K}_{rr}, \bar{M}_{rr}$ , влияние которых учитывалось на каждом этапе конденсации:

$$\tilde{K}_{rr} = \sum_{i=1}^t K_{rr}^{(i)} - (t-1)\bar{K}_{rr}; \quad (14)$$

$$\tilde{M}_{rr} = \sum_{i=1}^t M_{rr}^{(i)} - (t-1)\bar{M}_{rr}. \quad (15)$$

К недостаткам изложенного алгоритма можно отнести то, что в выражениях (2) – (4) используются матрицы высоких порядков ( $N$ ), на создание которых затрачиваются значительные объемы оперативной памяти и машинного времени.

Предложим иной алгоритм построения матриц жесткости  $K^*$  масс  $M^*$  парциальных систем.

Первый этап – получение конденсированных матриц  $\bar{K}_{rr}$  и  $\bar{M}_{rr}$  к основным степеням свободы с помощью алгоритма последовательных преобразований Гайана, не использующего матрицы порядка  $N$ :

$$\bar{K}_{rr} = K_{rr} - \sum_{i=1}^t K_{rs}^i A_{sr}^i \quad (16)$$

$$\bar{M}_{rr} = M_{rr} - \sum_{i=1}^t M_{rs}^i A_{sr}^i - \sum_{i=1}^t [A_{sr}^i]^T M_{sr}^i + \sum_{i=1}^t [A_{sr}^i]^T M_{ss}^i A_{sr}^i, \quad (17)$$

где

$$A_{sr}^i = [K_{ss}^i]^{-1} K_{sr}^i$$

– преобразование Гайана для  $i$ -го второстепенного блока.

Матрицы первой парциальной системы имеют вид:

$$K^* = \begin{bmatrix} \hat{K}_{rr} & K_{rs}^1 \\ K_{sr}^1 & K_{ss}^1 \end{bmatrix}; \quad M^* = \begin{bmatrix} \hat{M}_{rr} & M_{rs}^1 \\ M_{sr}^1 & M_{ss}^1 \end{bmatrix}, \quad (18)$$

где  $K_{ss}^1, M_{ss}^1$  – матрицы жесткости и масс первого второстепенного блока;  $\hat{K}_{rr}, \hat{M}_{rr}$  – матрицы блока основных неизвестных. При статическом сведении к ним всех второстепенных блоков, кроме первого, они могут быть получены из выражений (16)–(17) с помощью обратного преобразования (вычитание соответствующих блоков матриц, относящихся к первому второстепенному блоку):

$$\hat{K}_{rr} = \bar{K}_{rr} + K_{rs}^1 A_{sr}^1; \quad (19)$$

$$\hat{M}_{rr} = \bar{M}_{rr} + M_{rs}^1 A_{sr}^1 + [M_{rs}^1 A_{sr}^1] - [A_{sr}^1]^T M_{sr}^1 A_{sr}^1. \quad (20)$$

Частотно-динамическая конденсация выполняется в соответствии с выражениями (5)–(12). Аналогично строят матрицы следующих парциальных систем, выполняют конденсацию второстепенных блоков и получают окончательные матрицы конденсации всей системы в соответствии с (14) – (15).

В качестве примера рассмотрим защемленную по

Номер $\omega$	Частоты собственных колебаний $\omega$ , полученные при				
	решении полной проблемы системы $N = 142$	статической конденсации системы к 22 степеням свободы		частотно-динамической конденсации системы к 22 степеням свободы 6 блоков сведения по 20 второстепенных масс	
		$\omega$	$\omega$	$\Delta, \%$	$\omega$
1	0,431E-2	0,431E-2	0	0,431E-2	0
2	0,119E-1	0,119E-1	0	0,119E-1	0
3	0,233E-1	0,233E-1	0	0,233E-1	0
4	0,385E-1	0,386E-1	0,26	0,385E-1	0
5	0,575E-1	0,577E-1	0,35	0,575E-1	0
6	0,804E-1	0,808E-1	0,5	0,804E-1	0
7	0,107	0,108	0,93	0,107	0
8	0,137	0,139	1,44	0,137	0
9	0,172	0,175	1,71	0,172	0
10	0,21	0,215	2,33	0,21	0
11	0,252	0,256	1,56	0,252	0
12	0,297	0,327	9,17	0,297	0
13	0,346	0,381	9,19	0,346	0
14	0,4	0,446	10,31	0,4	0
15	0,457	0,52	12,12	0,457	0
16	0,518	0,605	14,38	0,518	0
17	0,583	0,702	16,95	0,583	0
18	0,651	0,814	20,02	0,653	0,31
19	0,724	0,94	22,98	0,727	0,41
20	0,8	1,077	25,72	0,806	0,74
21	0,88	1,212	27,39	0,92	4,35
22	0,964	1,323	27,14	1,041	7,4

концам балку со 142-я степенями свободы. Конечный элемент: длина  $l = 1$ , жесткость  $EI = 1$ .

Конденсация проводилась к двадцати двум основным неизвестным ( $n = 22$ ) с делением конструкции на подсистемы: количество второстепенных блоков  $t = 6$ , число неизвестных в одном блоке  $s = 20$ . В таблице представлены результаты, полученные с помощью предложенного варианта последовательной частотно-динамической конденсации и статической конденсации. Частоты собственных колебаний получаются из выражения:  $\omega = \sqrt{\lambda}$ , где  $\lambda$  – собственные значения.

По результатам расчета балки можно сделать вывод, что предлагаемый вариант метода последовательной частотно-динамической конденсации позволяет найти с достаточной точностью частоты для 90% определяемой части спектра. Этот вариант частотно-динамической

## Полимербетонная композиция на основе мочевиноформальдегидной смолы

Развитие строительства сопровождается постоянным поиском более совершенных материалов. Примером могут служить работы по модификации бетона и железобетона с помощью полимерных материалов, особенно при производстве полимербетонов.

Ранее [1] была предложена полимербетонная композиция, включающая мочевиноформальдегидную смолу (МФС), фосфогипс и кислый отвердитель — отход травильных цехов — со следующими физико-механическими характеристиками: плотность 1390–1420 кг/м<sup>3</sup>; водопоглощение 7–7,5%, прочность при сжатии 30–31 МПа и прочность при растяжении 10–11 МПа. Указанная композиция применяется для изготовления элементов обустройства автомобильных дорог, оформления автопавильонов, эксплуатируемых в условиях постоянного воздействия внешних факторов.

Однако показатели водопоглощения, химической стойкости крайне

низки, что ограничивает срок эксплуатации изделий на основе указанной композиции. Кроме того, входящий в состав обожженный фосфогипс, используемый в качестве вяжущего, требует дополнительных затрат на его получение, что увеличивает себестоимость изделий.

Поэтому задачей работы является изучение возможности уменьшения водопоглощения и увеличение прочностных характеристик композиции путем введения в ее состав модифицированного фосфогипса.

Цель достигается тем, что в полимербетонной композиции, включающей мочевиноформальдегидную смолу, фосфогипс и водный раствор кислого отвердителя, в качестве наполнителя использован фосфогипс, модифицированный отходами производства растительного масла (МЖК), а в качестве отвердителя — кислый гудрон из отходов производств нефтехимического завода.

Состав композиции, мас. %: мочевиноформальдегидная смола

58–60; отвердитель 2,5–3; фосфогипс 16–18; МЖК 16–18.

В композиции используется фосфогипс следующего состава, мас. %: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 5,8, в том числе P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> растворимый — 3,35; SO<sub>3</sub> — 50,6; CaO — 36,5; MgO — 0,5; H<sub>2</sub>O (кристаллизационная) — 15,1.

Отходы производства растительного масла представляют собой композицию, содержащую отбеленную глину и 27–28 мас. % жира.

Как используемый в композиции фосфогипс, так и МЖК являются химически инертными компонентами, и, следовательно, в данной композиции модифицированный фосфогипс является наполнителем.

Из [2–3] известно, что в качестве отвердителей мочевиноформальдегидной смолы используют различные кислоты и соли — хлориды цинка, аммония, железа и т. д.

Для отверждения мочевиноформальдегидной смолы в разрабатываемой композиции авторами предложено использовать кислый гудрон следующего состава, мас. %: серная кислота 92–96; органическая составляющая 2–6; вода остальное.

Введение в состав композиции кислого гудрона за счет входящих в него компонентов снижает водопоглощение полимербетона. В табл. 1 приведены данные физико-технических свойств композиций в зависимости от типа отвердителя.

Представленные данные наглядно показывают, что состав отвердителя оказывает влияние как на прочностные характеристики, так и на водопоглощение материала. Наилучшие результаты получены при применении кислого гудрона.

При выборе оптимального состава полимербетонной композиции в качестве критерия приняты время начала и конца схватывания, водопоглощение и прочность при сжатии при постоянном количестве отвердителя и связующего.

При выборе оптимального количества фосфогипса расчет проводили на 60 мас. % смолы, 3 мас. % от-

Таблица 1

Тип отвердителя	Водопоглощение, %	Прочность, МПа	
		при сжатии	при изгибе
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1,8	17,3	4,8
Кислый гудрон	0,99	34,3	8,7
FeCl <sub>3</sub>	1,5	20	5,5

**Примечание.** Состав для всех полимербетонных композиций, мас. %: МФС — 58–60; фосфогипс — 16–18; МЖК — 16–18; отвердитель — 2,5–3, H<sub>2</sub>O — остальное.

Таблица 2

Количество фосфогипса, мас. %	Время схватывания, мин	
	начало	конец
12	10	120
18	5	90
24	4	60
30	3	50
36	2	45

Таблица 3

Количество МЖК, мас. %	Время схватывания, мин	
	начало	конец
3	2	10
6	2	10
12	5	60
18	5	90
24	В течение суток не схватывается	

Таблица 4

МФС	Состав, мас. %			Прочность при сжатии, МПа	Водопоглощение, %
	Отвердитель	Фосфогипс	МЖК		
60	3	12	18	21	0,7
60	3	18	18	34,1	0,99
60	3	24	18	20,1	1,05
60	3	30	18	20,8	1,37
60	3	36	18	15,4	1,59
60	3	18	3	28,3	2,51
60	3	18	6	26	1,63
60	3	18	12	26,1	1,4
60	3	18	18	34,1	0,99
60	3	18	24	29	1,2

Таблица 5

Состав, мас. %	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность, МПа		Водопоглощение, %	Константа стойкости			Выделение свободного формальдегида в воздушную среду
		при сжатии	при изгибе		3% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3% NaCl	H <sub>2</sub> O	
МФС – 60 МЖК – 18 фосфогипс – 18 отвердитель – 3 вода – 1	1300	34,1	11,8	0,99	0,99	1,1	0,97	0,0229±0,0002

вердителя и 18 мас. % МЖК. Установлено, что при количестве связующего в композиции более 60 мас. % материал получается хрупким и быстро растрескивается, если же меньше 60 мас. %, то получить однородную смесь практически невозможно. Изучено влияние количества отвердителя на время схватывания. Установлено, что при количестве отвердителя менее 2,5 мас. % материал не твердеет. При количественном содержании отвердителя более 3 мас. % время схватывания резко сокращается. Количество фосфогипса варьировали в интервале от 12 до 36 мас. %. Полученные результаты определения начала и конца схватывания полимербетонной композиции состава МФС 60 мас. %, отвердитель 3 мас. %, МЖК 18 мас. % представлены в табл. 2.

Установлено, что с увеличением в системе содержания фосфогипса время схватывания сокращается. Полученная закономерность связана с ускорением процесса отверждения мочевиноформальдегидной смолы за счет введения в систему с фосфогипсом ионов гидроксония. Используемый в системе фосфогипс не подвергался предварительной отмывке, вследствие чего он содержит остаточное количество фосфорной кислоты. Значение pH фосфогипса 3,1, следовательно, фосфогипс в системе выступает в качестве соотвердителя. Полученные экспериментальные данные показали, что содержание фосфогипса в композиции в количестве 18 мас. % является оптимальным для приготовления материала с точки зрения начала и конца схватывания.

Изучено влияние содержания отходов МЖК на время схватывания полимерной композиции. Расчет проводили на 60 мас. % смолы, 3 мас. % отвердителя и 18 мас. % фосфогипса. Количество отходов МЖК варьировали в интервале от 3 до 24 мас. %. Полученные результаты определения начала и конца схватывания представлены в табл. 3.

На основании приведенных результатов можно сделать вывод, что с увеличением в системе содержания отходов МЖК время схватывания возрастает, так как процесс отверждения полимерного связующего замедляется. На основании полученных результатов предложено вводить в композицию для модификации 18 мас. % фосфогипса и 18 мас. % МЖК.

В дальнейшем для определения оптимального состава полимерной композиции изучали влияние содержания наполнителя на прочность при сжатии и на водопоглощение. Результаты приведены в табл. 4.

На основании приведенных данных установлено: оптимальным соотношением фосфогипса и МЖК в композиции должно быть 1: 1, что в количественном отношении соответствует 18 мас. % фосфогипса и 18 мас. % МЖК.

В табл. 5 приведены основные технические характеристики разработанной полимербетонной композиции.

Полученный на основе разработанной композиции материал обладает хорошими прочностными и физико-химическими характеристиками, что позволит использовать его в качестве материала в дорожном строительстве.

Введение в состав полимербетонной композиции веществ, представляющих собой отходы производства, позволяет избежать затрат

на их утилизацию, что и дает возможность сделать композицию экономически более выгодной.

Разработанный материал может использоваться для изготовления элементов обустройства автомобильных дорог.

#### Список литературы

1. А.с. №1560511 СССР. Полимербетонная композиция / Кутфитдинов Р.Н., Васина С.М. // Заявлено 4.01.1987. Опубликовано 30.04.90. Бюл. № 16.
2. Патуроев В.В. Технология полимербетонных. М.: Стройиздат. 1974.
3. Григорьев А.П., Федорова О.Л. Лабораторный практикум по технологии пластических масс. М.: Стройиздат. 1974.



# ВЫСТАВКА «МОБИЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ»



26–28 октября 2004 г. в Москве проходила специализированная выставка «Мобильные здания».

Организаторами выставки выступили международный выставочный центр «Сибирская Ярмарка» (Новосибирск) и компания «РусьЭкспо» (Москва) при поддержке МЧС России, ГУВДиС МВД России, Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству (Госстрой России), правительства Москвы, ОАО «Российские железные дороги», Ведомства охраны ППК Министерства путей сообщения, Федеральной службы по надзору в сфере транспорта. В работе выставки приняло участие около 50 фирм, представивших в основном различные конструктивные решения мобильных зданий.

Мобильные здания заняли прочные позиции в тех областях народного хозяйства, где возведение капитальных зданий технически невозможно или экономически нецелесообразно. Мобильные здания являются объектами высокой степени заводской готовности, и их конструктивные решения позволяют проводить разборку и перемещение объектов.

Традиционно мобильные комплексы используются для обустройства строительных городков и размещения геологических партий, ускоренного типового жилищного строительства в местах чрезвычайных происшествий и др.

Из традиционных видов мобильных зданий на выставке были широко представлены сооружения контейнерного типа. ЗАО «Выксунский завод легких металлоконструкций» (г. Выкса Нижегородской обл.) более 30 лет изготавливает различные металлоконструкции: фермы, колонны, связи, профнастил, ворота, витражи и др. Кроме того, на заводе налажен выпуск быстровозводимых зданий, блок-контейнеров, а также стеновых и кровельных сэндвич-панелей. Быстровозводимые здания — это модули универсального назначения теплой и холодной комплектации пролетом 12–36 м и более; длина без ограничения, кратная 6 м. Наружные стены выполняются из сэндвич-панелей с минераловатным утеплителем. Блок-контейнеры выпускаются также теплой и холодной комплектации трех типоразмеров 3×3×3 м, 3×6×3 м и 3×9×3 м. На их основе могут собираться одно- и двухэтажные отдельно стоящие здания и группы, а также пристройки к другим зданиям.

Сооружения предназначены для эксплуатации в климатических районах с температурой окружающей среды до -55°C, снеговой нагрузкой до 1 кПа, ветровым давлением до 0,48 кПа.

Сборно-разборные здания системы «Нева» на основе унифицированного базового блок-контейнера

(модуля) размером 3×6×3 м с объемным стальным каркасом из гнутых профилей изготавливает компания «Петростройкомплект». Ограждающие конструкции выполняются из утепленных панелей с наружной обшивкой металлическими профилированными листами с полимерным покрытием. Внутренние перегородки имеют профильный металлический каркас, тепло- и звукоизоляцию. Для устройства кровли используются рулонные материалы. Здания отличаются высоким уровнем заводской готовности, оснащены системой водяного или электрического отопления и водоснабжения, электроснабжение может устраиваться как от внешних источников, так и от дизельных генераторов. Применение незамкнутых модулей позволяет компоновать здания с гибкой планировкой — от бытовки до строительного городка, устраивать зальные помещения.

В зданиях бытового контейнерного типа, разработанных компанией «Мосстрой-31», в качестве утеплителя активно используется пенополистирол собственного производства, который закладывается в сэндвич-панели стен и крыши. Каркас выполняется из холодного гнутого швеллера и профильной трубы, днище — из оцинкованного листа, также утепленного пенополистиролом.

Кафедра ПГС Рубцовского индустриального института (Алтайский край) представила экспериментальную разработку — новую конструктивную систему мобильных зданий JERRY. Основой системы является ребристая цилиндрическая оболочка как единый базовый элемент для всех архитектурных решений от жилых блоков на 4 человека до спортивно-оздоровительных комплексов. Конструкция может развиваться в пространственную систему в любом направлении. Материалами для изготовления такой системы могут служить сталь, алюминий, древесина,

пластмасса. Здания, возведенные на основе единого базового элемента, не требуют устройства массивных фундаментов.

Многие другие экспоненты представляли на выставке быстровозводимые здания. Группа компаний «СМФ-Строй» занимается проектированием и строительством зданий из быстровозводимых конструкций по канадской технологии. Здание представляет собой безрамную конструкцию высотой до 14 м и пролетом до 75 м без промежуточных опор. Стены и кровля формируют оболочку, состоящую из металлических оцинкованных пространственных секций. Самонесущая оболочка за счет специальной волнистой конфигурации металла выдерживает нагрузки от здания, поэтому не требуется мощного фундамента и дополнительных опор.

В последние годы все большее применение находят тентовые сооружения, которые применяются для возведения спортивных и складских помещений (воздухоопорные, пневмокаркасные), устройства летних кафе (тентовые, шатровые) и др. На выставке такие конструкции представляли компании «Тентстрой» и «Бирон».

В рамках выставки состоялся круглый стол на тему «Проблемы развития мобильных зданий в России и за рубежом», семинар «Мобильные диагностические комплексы обследования зданий и сооружений», конференция «Быстровозводимые малоэтажные здания с применением несущих и ограждающих стальных конструкций из оцинкованных гнутых профилей» и др. Выставка, имея узкую направленность, привлекла соответствующих посетителей, среди которых основную часть составляли специалисты МЧС, Минобороны, войск МВД, строительства и геологоразведки и др.

*С.Ю. Горегляд  
И.В. Рыльцова*

И.В. ЗВЕРЕВ, М.О. ДОЛГОВА, инженеры, М.Я. ЯКОБСОН, канд. техн. наук,  
Л.Х. АСТВАЦАТУРОВА, инженер, НИИЖБ (Москва)

## Оптические методы в оценке качества бетонных и железобетонных изделий

Повышение надежности бетонных и железобетонных изделий и конструкций связано в том числе с решением задач оперативного управления качеством продукции, внедрением объективно подтвержденных эффективных технологических приемов.

Одним из факторов качества бетонного и железобетонного изделия является наличие пор, раковин, трещин и других неоднородностей в объеме или на поверхности изделия.

Для изучения структуры бетона и цементного камня в НИИЖБ разработана специальная установка, позволяющая наблюдать исследуемые поверхности и проводить морфологический анализ исследуемых структур при увеличениях от 0,1х до 300х. Установка обеспечивает двухкоординатное перемещение поля наблюдения без изменения кратности увеличения (рис. 1).

В состав установки входят:

- двухкоординатный подвижный столик для крепления образца;
- оптическая система;
- осветительная система;
- телевизионная камера с монитором для получения визуального изображения структуры поверхности исследуемого материала;
- компьютер со специализированным интерфейсом сопряжения с телекамерой;
- пакет программ для приема, обработки и анализа сигналов изображения шлифа.

Программное обеспечение позволяет вводить в компьютер изображение с телевизионной камеры, обеспечивает его сохранение и дальнейшую математическую обработку. При этом возможно управление основными параметрами телекамеры: наводка на резкость, увеличение, коррекция геометрических искажений оптических систем и т. д. Программное обеспечение позволяет также производить математическую обработку изобра-

жений, полученных с помощью сканера или электронного микроскопа.

На основе имидж-оптического метода разработана методика определения дифференциальных параметров поровой структуры бетона, способ оценки качества поверхности бетонных изделий, учитывающий соотношение площади дефектов и поверхности изделия.

С помощью считывающего устройства распознаются дифференциальный и интегральный объемы пор, раковин, других элементов структуры. Имидж-оптический метод позволяет дифференцировать поры, дефекты структуры, зерна заполнителей по размерам и формам. Разработанная программа позволяет построить функ-



Рис. 1. Оптическая установка для изучения структуры бетона

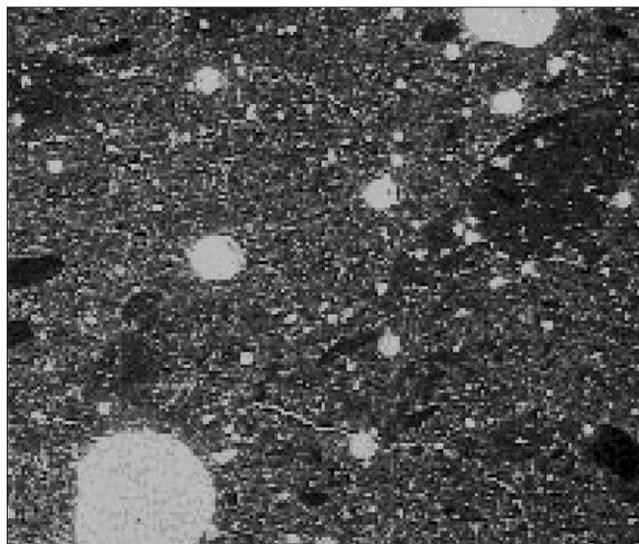


Рис. 2. Изображение с телевизионной камеры, анализируемое компьютером

Показатель	Значение
Пористость, %	8,51
Общая анализируемая площадь, мм <sup>2</sup>	850,56
Численное содержание пор в единице объема, 1/мм <sup>3</sup>	55,05
Средняя толщина межпоровых перегородок, мм	0,84
Число пор в плоскости шлифа	2539
Общий периметр пор, мм	1192,9
Общая площадь пор, мм <sup>2</sup>	72,36
Средняя площадь пор, мм <sup>2</sup>	0,0285
Средний периметр, мм	0,47
Средний диаметр, мм	0,09
Средний фактор формы	0,78
Максимальный диаметр, мм	3,45
Минимальный диаметр, мм	0,01

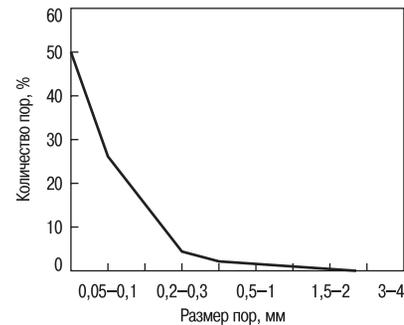
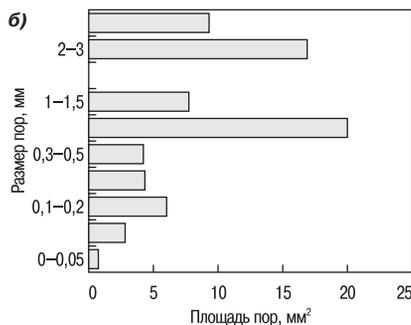
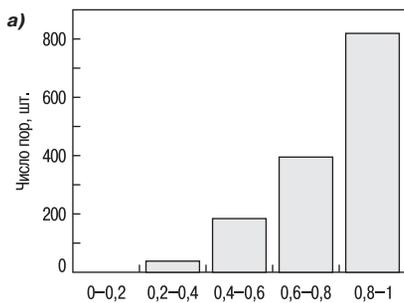


Рис. 3. Дифференциальные параметры поровой структуры бетона: а – распределение пор по форме; б – площадь, занимаемая порами разного размера

Рис. 4. Распределение пор по размерам

ции распределения геометрических параметров элементов структуры на различном уровне. На рис. 2–4 приведен пример представления результатов анализа поровой структуры цементного камня, полученного с помощью разработанного имидж-оптического метода. На основании определения параметров условно-замкнутой пористости бетона составляется таблица.

Анализ полученных результатов позволяет, например, исследовать взаимосвязь морозостойкости бетона с дифференциальными параметрами поровой структуры: распределением условно-замкнутых пор по размерам и форме, обеспечить прогноз эксплуатационных свойств. Такой же анализ лежит в основе исследований влияния различных добавок и других факторов состава на структуру и свойства.

С помощью этого метода возможно также производить оценку влияния различных технологических приемов, вида опалубки на качество бетонного изделия.

В настоящее время эффективность смазки во многом определяется на основе субъективной оценки технологов.

Критерия качества смазки и методики ее выбора для форм и опалубки в настоящее время не существует. Нами было проведено исследование влияния смазок различных видов (на основе минерального и синтетического масел), геометрии и расположения поверхности на качество бетонного изделия. Поверхность бетонного изделия оценивалась количеством пор и функцией их распределения по размерам и форме. Результаты измерений показали отличие бетонных поверхностей в зависимости от их расположения и при применении смазок различных видов. Наилучшие результаты были получены при применении смазки на основе синтетического масла, причем в наибольшей степени это отличие проявилось на вертикальной поверхности.

Таким образом, разработанный имидж-оптический метод позволяет определять дифференциальные параметры структуры бетона, показатели качества бетонной поверхности: размеры и форму пор, других элементов структуры бетона и цементного камня, неровностей различных видов; влияние состава и технологии на структуру и качество бетонного и железобетонного изделий.

**Научно-исследовательский проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ)**  
Лаборатория физико-химической механики бетона

На основе применения современных высокоэффективных научных технологий выполняет работы, позволяющие:

- осуществлять контроль качества:
  - бетона и железобетона в конструкциях и сооружениях,
  - вяжущих материалов (гипсовых, известковых, портланд-цемента и его разновидностей),
  - заполнителей бетона (песка, щебня, гравия, керамзита и др.);
- разрабатывать рекомендации по использованию промышленных отходов искусственных и природных материалов;
- проводить анализ процессов, протекающих при воздействии внешних силовых полей и химически активных сред на различные материалы и изделия;
- определять влияние эксплуатационных факторов на срок службы бетонных и железобетонных сооружений;
- проводить комплексные исследования строительных и облицовочных материалов;
- проводить обследования с целью прогноза строительно-технических свойств бетона и железобетона.

Лаборатория физико-химической механики бетона

Телефоны: (095) 174-76-57, 171-05-67

E-mail: [zverev@niizhb.ru](mailto:zverev@niizhb.ru)



Вторая Всероссийская международная конференция по бетону и железобетону



**«Бетон и железобетон – пути развития» и 59 Ассамблея международного союза по испытаниям строительных материалов, систем и конструкций (RILEM)**

5–9 сентября 2005 г.

Москва

Конференция организуется при содействии Международной федерации по железобетону FIB, Европейской организации по готовым бетонным смесям – ERMCO, Американского института бетона – ACI, проектных и исследовательских организаций и вузов.

**В программе мероприятий:**

пленарные заседания с докладами ведущих российских и иностранных специалистов в области бетона и железобетона, работа по секциям, стендовые доклады, круглые столы, выставка; заседания технических комитетов RILEM, Технический день RILEM.

Дополнительную информацию можно получить на сайтах [www.conf.niizhb.ru](http://www.conf.niizhb.ru) [www.rilem.org](http://www.rilem.org) [www.ermco.org](http://www.ermco.org)

Информационный спонсор конференции журнал «Строительные материалы»®

Оргкомитет

Телефон/факс: (095) 174-76-65, 174-79-07

E-mail: [yvs@niizhb.ru](mailto:yvs@niizhb.ru)