

## СОДЕРЖАНИЕ

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

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.  
ВЕДЕРНИКОВ Г.В.  
ВЕРЕЩАГИН В.И.  
ГОНЧАРОВ Ю.А.  
ГОРИН В.М.  
ГОРНОСТАЕВ А.В.  
ГРИДЧИН А.М.  
ЖУРАВЛЕВ А.А.  
КОВАЛЬ С.В.  
КОЗИНА В.Л.  
ЛЕСОВИК В.С.  
ПИЧУГИН А.П.  
СИВОКОЗОВ В.С.  
ФЕДОСОВ С.В.  
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  
возможны лишь с письменного  
разрешения главного редактора

Редакция не несет ответственности  
за содержание рекламы и объявлений

### Адрес редакции:

Россия, 127434, Москва,  
Дмитровское ш., д.9Б  
Телефон: (926) 833-48-13  
Тел./факс: (495) 976-22-08  
(495) 976-20-36  
E-mail: mail@rifsm.ru  
http://www.rifsm.ru

Научно-технический журнал «Строительные материалы»® –  
надежный партнер отрасли во все времена .....4

### Ячеистые бетоны: наука и практика

Н.П. САЖНЕВ, Н.Н. САЖНЕВ, С.Л. ГАЛКИН

**Опыт производства и применения ячеисто-бетонных изделий  
автоклавного твердения в Республике Беларусь** .....6

Показаны технико-экономические преимущества конструкций из ячеистого бетона по материалоемкости, энерго-, капиталоемкости и общей трудоемкости перед конструкциями из традиционных стеновых материалов. Основными направлениями развития материально-технической базы строительства Республики Беларусь на период 1998–2015 гг. изделия из ячеистого автоклавного бетона определены главным строительным материалом. Мощность его производства, в том числе армированных стеновых панелей, плит перекрытий и покрытий, должна быть увеличена в 2,1 раза (до 3416 тыс. м<sup>3</sup>).

В.Г. КОНСТАНТИНОВ, В.В. МУЛЯРЧИК, И.П. ФАЛЮШИНА,  
Т.Я. ЦАРЮК, В.Ю. ЯЧНИК

**Антиадгезионная смазка для металлических форм  
при производстве ячеистого бетона** .....11

Предлагается новый вид смазки форм в производстве ячеистых бетонов, защищающий металлические формы от коррозии и обеспечивающий быстрое и легкое отделение опалубки от массива.

В.А. МАРТЫНЕНКО

**Производство изделий из автоклавного газобетона  
на Украине** .....12

Приведены данные по состоянию производства автоклавного газобетона на Украине. Показано, что его рынок еще далек от насыщения, что вызывает высокий темп роста цен на этот материал. Как выход из положения предлагается реконструкция заводов по производству силикатного кирпича с выпуском газобетона, переоснащение действующих заводов газобетона с заменой формовочного и резательного оборудования.

**Производители автоклавного газобетона объединились  
в Национальную ассоциацию (информация)** .....14

Н.Н. ФЕДОСОВ

**ОАО «Сморгоньсиликатобетон»: европейское качество,  
доступное каждому** .....16

Описаны преимущества производства автоклавного ячеистого бетона по отечественной технологии формования перед зарубежной технологией резки массива-сырца. Она позволяет снизить водотвердое отношение до 0,4–0,48, а отпускную влажность до 25% и получать изделия с точностью геометрических размеров ±1 мм.

В.В. ВЛАСОВ, Л.Г. БАРСУКОВА, Г.Г. КРИВНЕВА, Е.В. БАУТИНА

**Структурные изменения ячеистого силикатного бетона  
в ограждающих конструкциях после длительной эксплуатации** .....18

Приводятся результаты исследований изменения состава и структуры газосиликата в ограждающих конструкциях жилых зданий после длительной эксплуатации в зависимости от исходного состояния структуры материала, вида отделки и условий эксплуатации.

С.Б. ПРОХОРОВ, М.А. КОРОТКИЙ

**Опыт и особенности применения алюминиевых паст  
марок «Газобетолйт», «Газобетолюкс» и «Газобетопласт»** .....20

Приведен опыт применения и особенности специализированных алюминиевых паст для производства газобетона. Представлен сравнительный анализ существующих газообразователей, указаны их недостатки и преимущества. Рассмотрена проблема подбора состава газообразователя. Приведены результаты лабораторных и промышленных испытаний алюминиевой пасты «Газобетолйт», примеры внедрения научно-исследовательских разработок в промышленное производство газобетона автоклавного твердения.

И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ, Г.Я. ШАЕВИЧ, Л.А. КАРАБУТ, В.М. БЕСКОРОВАЙНЫЙ

**Повышение эффективности производства пенобетона и неавтоклавного твердения .....24**

В промышленных условиях производства неавтоклавного ячеистого бетона исследованы температурные поля массивов в период формирования структуры в естественных условиях и камере ТВО и влияние перепада температуры по массиву на прочностные показатели изделий. Показано, что дополнительная термообработка пенобетона в пропарочной камере, хотя и ускоряет набор распалубочной прочности, но не всегда способствует увеличению марочной прочности.

И.М. БАРАНОВ

**Прочность неавтоклавного пенобетона и возможные пути ее повышения .....26**

Рассмотрены вопросы влияния взаимодействия пластифицирующих добавок, ускорителей твердения, тонкодисперсных модификаторов и дисперсно-армирующих волокон в процессе производства неавтоклавного пенобетона. Приведены характеристики вспенивающего раствора. Показана методика контроля и регулирования свойств пенобетона на примере пенобетона средней плотностью 400 кг/м<sup>3</sup>.

Л.Д. ШАХОВА, В.С. ЛЕСОВИК

**Модели образования пеноцементноминеральных систем .....31**

На основе анализа закономерностей получения поризованных цементных растворов, основанных на принципах синергетики и неравновесной термодинамики, предложены модели образования пеноцементноминеральных систем. Предложенные модели и алгоритм самоорганизации сложной поризованной пеноцементноминеральной системы позволяют прогнозировать характер структурообразования с разными видами пенообразователей и предлагать технологические решения получения пенобетонов с оптимальными структурами.

Л.А. УРХАНОВА, С.А. ЩЕРБИН, А.И. САВЕНКОВ, П.С. ГОРБАЧ

**Использование вторичного сырья для производства пенобетона .....34**

Приведены результаты исследования малоклинкерных вяжущих с использованием отходов производства – доменного гранулированного шлака, микрокремнезема и золы-уноса для производства конструкционного и конструкционно-теплоизоляционного пенобетона. В качестве пенообразователя были использованы ПБ-2000, Ареком-4, Пента ПАВ 430А, Биопор, Cetripor SK 120 на основе протеина. Использование отходов производства в составе вяжущих позволило повысить прочность материала и снизить его себестоимость.

В.В. СТРОКОВА, А.Б. БУХАЛО

**Пеногазобетон на нанокристаллическом порообразователе .....38**

Приведены результаты исследования пеногазобетона из вяжущего низкой водопотребности, синтетического пенообразователя на основе лаурилсульфата натрия и газообразователя – нанокристаллического порообразователя. Для сравнения полученного материала были изготовлены образцы пенобетона, газобетона и пеногазобетона с алюминиевой пудрой в качестве газообразователя. Показано, что полученный пеногазобетон отличается более однородной пористой структурой, высокой пористостью, повышенной прочностью при сжатии и при изгибе при прочих равных показателях.

Р.Г. ДОЛОТОВА, В.Н. СМИРЕНСКАЯ, В.И. ВЕРЕЩАГИН

**Оценка активности низкокремнеземистого сырья и его пригодности в качестве заполнителя ячеистого бетона .....40**

Приведены результаты оценки химической активности низкокремнеземистого сырья по пуццолоановой активности, потенциальной реакционной способности и гидравлической активности. Низкокремнеземистым сырьем служили пески Кызылского месторождения и вскрышные породы Каа-Хемского каменноугольного месторождения. Показано, что низкокремнеземистое сырье можно использовать в технологии получения ячеистого бетона.

В.А. ПИНСКЕР, В.П. ВЫЛЕГЖАНИН

**Пути экономии цемента при производстве ячеистых бетонов .....43**

Рассмотрены способы экономии цемента при производстве ячеистых бетонов, прошедшие научную и производственную проверку, в числе которых механоактивация вяжущих, применение известковых и изветсково-белитовых вяжущих, промышленных отходов, содержащих двухкальциевый силикат и сульфат кальция, а также кремнезем.

**Результаты научных исследований**

В.С. ГРЫЗЛОВ

**Универсальная модель теплопроводности легкого бетона .....44**

Рассмотрены вопросы прогнозирования теплопроводности легкого бетона в условиях эксплуатации ограждающих конструкций. Предлагается универсальная модель теплопроводности, учитывающая влияние агрегатной структуры (макроструктура) и физико-химического (микроструктура) взаимодействия компонентов бетонной смеси.

В.И. КАЛАШНИКОВ, М.Н. МОРОЗ

**Теоретические основы смачиваемости мозаичных гидрофобно-гидрофильных поверхностей .....47**

Рассматриваются вопросы теории смачивания мозаичных гидрофобно-гидрофильных материалов. Преобразуется уравнение для уровня подъема-опускания жидкости в гидрофобно-гидрофильных капиллярах в зависимости от соотношения площадей гидрофобных и гидрофильных участков, краевых углов и углов смачивания жидкостью. Даны рекомендации по эффективной гидрофобизации бетонов и растворов дисперсными порошковыми гидрофобизаторами – стеаратами металлов.

Г.Ф. БАЛМАСОВ, Л.С. СТРЕЛЕНЯ, М.С. ИЛЛАРИОНОВА, П.И. МЕШКОВ

**Реологические свойства строительных растворов . . . . .50**

Рассмотрены растворы сухих строительных смесей как дисперсные системы. Приведена зависимость относительного повышения вязкости от объема частиц дисперсной фазы и общего объема системы. Приведены различия между структурированными системами и системами со свободными частицами. Определены зависимости упругости, прочности, пластичности и вязкости от химической природы веществ. Рассмотрено влияние модифицирующих добавок седиментацию раствора, адгезию и удобоукладываемость.

**Четвертая научно-практическая конференция «Нанотехнологии – производству-2007» (информация) . . . . .53**

Приведен обзор научно-практической конференции, которая состоялась в ноябре 2007 г. в наукограде Фрязино (Московская обл.). По сложившейся традиции в докладах освещались практические направления использования наноматериалов и нанотехнологий в различных областях промышленности. Показано, что отечественная наука имеет огромное количество идей и разработок, которые могут быть внедрены в производство самых разнообразных материалов, в том числе и применяемых в стройиндустрии. Однако промышленность еще не готова к внедрению этих разработок, рынок потребления такой продукции еще не сформирован.

Ю.А. ГОНЧАРОВ, А.Ф. БУРЬЯНОВ

**Российская гипсовая ассоциация: цели и задачи (информация) . . . . .54**

Кратко представлена история применения гипса, приведены некоторые показатели производства гипса и материалов на его основе в последние годы. Обозначен ряд проблем, которые стали возникать у предприятий гипсовой подотрасли в последнее время. В связи с этим определены задачи Российской гипсовой ассоциации.

**III научно-практический семинар по ячеистым бетонам на Украине (информация) . . . . .57**

Приведен обзор научно-практического семинара по ячеистым бетонам, который состоялся в сентябре 2007 г. в г. Севастополе (Украина). В основном доклады были посвящены проблемам производства и применения автоклавных газобетонных изделий. Было отмечено, что данная отрасль находится на подъеме и рынок далек от насыщения, практически отсутствует конкуренция среди производителей. Однако вопросам рационального подбора составов смесей, оптимизации режимов автоклавной обработки газобетонных изделий должного внимания на семинаре не было уделено.

**Фирма ЛИНГЛ зарекомендовала себя и в России как компетентный партнер в кирпичной промышленности: рекомендательный заказ выполнен в рекордные сроки! . . . . .58**

А.Е. МЕРЗЛИКИН, Д.Б. НЕКЛЮДОВ

**Эффективный способ борьбы с колеей асфальтобетонных покрытий дорог . . . . .60**

С целью замедления процесса образования колеи на асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог предложено армировать дорожное покрытие металлической сеткой. На основании метеоусловий эксплуатации установлена оптимальная толщина слоя усиления экспериментальных участков дорог. Проанализированы факторы, обеспечивающие максимальное сцепление армирующей прослойки с выше- и нижележащими слоями дорожных одежд.

И.А. ХОЛМЯНСКИЙ

**Определение минимального количества проб при нахождении истинного значения исследуемого параметра . . . . .62**

Анализируется зависимость средних значений выборки от числа измерений при определении свойств строительных материалов. Показано, что в большинстве случаев при объеме выборки из десяти измерений обеспечивается попадание в заданный доверительный интервал среднего значения. В некоторых случаях это наблюдается и при семи измерениях. Нивелирование относительно среднего значения разбросов таких величин, как предел прочности, при расчете долговечности строительных конструкций опасно. Решить эту проблему можно на основе исследований влияния на долговечность мощности распределения параметра.

Ю.В. КРАСОВИЦКИЙ, Е.В. РОМАНЮК, Е.Л. ЗАСЛАВСКИЙ,  
Е.В. АРХАНГЕЛЬСКАЯ, А.А. МАНЬКОВ, Н.Н. ЛОБАЧЕВА**Унифицированный экспериментальный стенд и система мониторинга для оценки эффективности фильтровальных перегородок . . . . .66**

Приведены схема унифицированного экспериментального стенда для изучения пылеулавливания зернистыми слоями со связанной структурой и схема мониторинга для автоматизации работы стенда и анализа кинетики процесса. Предложенная система позволяет обеспечить своевременный сбор информации одновременно с множества объектов, провести оперативный анализ информации для выявления опасных ситуаций и наладок работы оборудования. Кроме того, система позволяет выявить оптимальные условия для работы пылеулавливающего оборудования с наибольшей эффективностью, исключить ошибки, связанные с человеческим фактором.

**Российская неделя сухих строительных смесей – 2007 (информация) . . . . .68**

Российская неделя сухих строительных смесей (ССС) – это специализированные выставки «Сухие смеси, бетоны, растворы», «Все-российская ежегодная цементная биржа», «Модернизация цементной промышленности России и стран СНГ», «Бетонные заводы. Оборудование, опалубка», а также ряд конференций «MixBuild-2007», «ConLife-2007» и «Современный бетонный завод». В представленной статье дан краткий обзор интересных событий и мероприятий на прошедшей в ноябре 2007 г. в Москве Российской неделе сухих строительных смесей.

**Новые направления в производстве ПВХ-профилей . . . . .70**

Для производства ПВХ-профилей многие фирмы разрабатывают составы, конструкции и технологии, позволяющие использовать древесные и полимерные отходы, получать оконные профили и другие строительные изделия с повышенными теплоизолирующими и декоративными свойствами, а также более удобные при монтаже. Успешно ведутся разработки биостойчивых, биоразлагаемых, негорючих составов для профилей.

# Научно-технический журнал «Строительные материалы»

## Авторский состав

Доктора наук, академики (179)      Генеральные директора, руководители промышленности (99)



## География публикаций

Ближнее зарубежье (14)      Дальнее зарубежье (18)      Москва и Московская область (136)



Структура публикаций в журнале «Строительные материалы» за 2007 г.



В 2007 г. корпоративная награда, учрежденная в связи с 50-летием журнала «Строительные материалы» — памятный знак «Душа и Дело»<sup>®</sup>, была вручена заслуженному архитектору Российской Федерации и Республики Башкортостан, действительному члену РААСН Льву Васильевичу Хихлухе за многолетнее сотрудничество и большой вклад в становление и развитие тематического приложения «Строительные материалы: архитектура»



В соответствии с положением о конкурсе статей молодых ученых издательством «Стройматериалы» учреждены памятные знаки-символы для победителя конкурса и его наставника-руководителя



Главный редактор журнала «Строительные материалы»<sup>®</sup> Е.И. Юмашева вручает памятный знак генеральному директору SABO s.a. господину Д. Килиарису

## Уважаемые читатели, авторы, рекламодатели – коллеги!

Завершился очередной год нашей совместной работы. Мы уверены, что в прошедшем году журнал был вам полезен, что вы активно использовали в своей деятельности информацию, полученную с его страниц; развили в деловые отношения контакты, которые были завязаны на мероприятиях, проводимых редакцией. Об этом свидетельствуют ваши статьи, письма, звонки, планы рекламных кампаний.

Для редакции 2007 г. стал годом невосполнимой утраты. Ушла из жизни главной редактор и генеральный директор издательства «Стройматериалы» Маргарита Григорьевна Рублевская – человек, усилиями, волей и высочайшим профессионализмом которого в годы перестройки был сохранен отраслевой научно-технический журнал «Строительные материалы»<sup>®</sup>.

Новая редакция, сформированная под руководством М.Г. Рублевской в начале 90-х гг. прошлого века, не только восприняла все новое и прогрессивное в издательском деле, но и впитала и продолжает бережно сохранять и преумножать традиции издательской культуры, формирования отношений с авторами, читателями и рекламодателями. С этим бесценным багажом мы движемся дальше.

Анализ работы за 2006 г. показал, что практика издания тематических номеров уже не в полной мере удовлетворяет запросы читательской аудитории. Поэтому в 2007 г. был сделан упор на создание тематических подборок. В этом случае определенной теме посвящается часть объема журнала и не ущемляются интересы читателей, работающих в других тематических направлениях. Всего в 2007 г. было выпущено четыре тематических номера и 11 подборок.

На фоне развивающегося дефицита цемента и роста потребности в строительных материалах отражением тенденции развития отрасли стало увеличение доли статей о научных исследованиях и технологии производства материалов на основе известки – силикатного кирпича и ячеистого бетона автоклавного твердения. Этим темам были посвящены три тематические подборки.

Традиционно **редакция перевыполнила свои обязательства перед подписчиками** по объему издания – общее число страниц приложений «Наука», «Technology», «Архитектура» и «Бизнес» составило 184 стр., что почти на 44% больше заявленного по подписке. Это в очередной раз подтверждает правильность выбранного курса на структурирование тематики журнала, иллюстрирует возможность для авторов и рекламодателей обратиться к более целевой аудитории.

По мнению руководства издательства, редакции и редакционного совета, **произошли положительные изменения в структуре адресной информации и географии публикаций**. Адресная информация отечественных производителей в 2007 г. составила 81,6%, иностранных производителей – 10%, а информация о конференциях, семинарах и выставках – 8,4%.

Анализ географии публикаций показывает, что научно-технический и производственный потенциал регионов России восстанавливается и развивается. Число публикаций из Москвы и Московской области снизилось по сравнению с 2006 г. на 7,1% и составило 30,6% от общего числа публикаций. В то же время число публикаций из других городов России увеличилось почти на 10% и составило 54,5%; на прежнем уровне осталось число публикаций из зарубежных стран – 4% (4,2% в 2006 г.), а вот коллеги из стран бывших союзных республик активность снизили – 3,2% (7,5% в 2006 г.).

В сегменте рекламных публикаций львиную долю составляет отраслевая торгово-промышленная реклама – 76,1% от общего числа модульной рекламы. По количеству рекламных модулей также уверенно лидируют отечественные производители оборудования, запасных частей, добавок и сырьевых компонентов, научно-технических и инжиниринговых услуг, готовой продукции – 70,1% от общего числа торгово-промышленной рекламы.

В развитие актуального и высоко оцененного читателями проекта 2006 г. «Начинающему автору» (серия из 12 публикаций, посвященных методическим основам подготовки и написания научно-технических статей) в 2007 г. был проведен **конкурс статей молодых ученых**. Конкурсные статьи были опубликованы соответственно в номинации «Исследования в области строительного материаловедения» – в приложении «Наука» №10 (сентябрь), в номинации «Технология производства строительных материалов» – в приложении «Technology» №10 (ноябрь). Результаты конкурса подведены и будут опубликованы в журнале «Строительные материалы»<sup>®</sup> № 2, 2008 г.

В 2007 г. **была продолжена и расширена организационная работа по консолидации отрасли**. В марте с большим успехом прошло традиционное мероприятие редакции – V Международная научно-практическая конференция «Развитие керамической промышленности России – КЕРАМТЭК-2007». В ее работе приняли участие более 170 руководителей и специалистов предприятий по производству строительной керамики, ведущих отраслевых научно-исследовательских и учебных институтов, представители машиностроительных и инжиниринговых компаний из 33 регионов России и 9 зарубежных стран.

Редакцией в рамках проекта «КЕРАМТЭК» были организованы поездки руководителей и специалистов керамических предприятий в страны Европы. В Греции российские специалисты ознакомились с работой керамических заводов, работающих на оборудовании фирмы SABO,

# Материалы»® — надежный партнер отрасли во все времена

а также смогли оценить производственно-технические возможности фирмы по поставке оборудования, посетив проектно-технологическое и производственные предприятия фирмы.

При организации поездки во Францию мы совместили возможность посетить известную строительную выставку *Batimat-2007* в Париже, завод группы Винербергер в провинции Бургундия, работающий на оборудовании фирмы СЕРИК, а также производственное предприятие и промышленную лабораторию фирмы СЕРИК.

Новым проектом редакции стал научно-практический семинар «Состояние и перспективы развития производства силикатного кирпича», который успешно прошел 5 декабря 2007 г. В нем приняли участие около 100 руководителей и специалистов, представлявших заводы по производству силикатного кирпича, машиностроительные компании, консалтинговые и торговые организации из 28 регионов России, Украины и Германии. Следует отметить, что специалисты и ученые отрасли не встречались в аналогичном формате с конца 80-х гг. прошлого века, поэтому прошедший семинар многие его участники назвали знаковым событием новой истории подотрасли.

В 2007 г. **претерпела изменения выставочная политика издательства.** Известно, что в настоящее время в выставочном бизнесе развиваются негативные тенденции. Это искусственное увеличение числа выставок путем формального деления одной экспозиции на несколько выставок, снижение уровня представительства на стендах (руководители предприятий и организаций, ведущие специалисты и топ-менеджеры присутствуют на стендах крайне редко), сближение или наложение сроков проведения выставок не только в разных городах, но и в пределах одного региона, смещение тематики строительных выставок в потребительский сегмент, как следствие, снижение посещаемости выставок специалистами. В связи с указанными явлениями падает эффективность очного участия в выставках научно-технических изданий.

Существенно снизился профессионализм и увеличилась ротация среднего звена менеджеров выставочных организаций. Не имея достаточной профессиональной подготовки, менеджеры по рекламе и PR выставочных организаций предъявляют к научно-техническим изданиям чрезмерно завышенные требования по числу и объему рекламных публикаций, эквивалентная стоимость которых существенно выше стоимости оказываемых выставкой услуг (размер стенда, публикация в каталоге, участие в выставочных мероприятиях и т. д.).

С целью оптимизации расходования средств, полученных от подписки и рекламы, рационального использования объема журнала руководство издательства приняло решение сократить очное участие в выставках. При сотрудничестве с выставочной организацией во главу угла в дальнейшем будут ставиться качество выставочного мероприятия, прогнозируемая эффективность работы на нем, а также тенденции развития строительного комплекса в регионе. В 2007 г. стенд журнала «Строительные материалы»® был представлен на крупнейших строительных выставках в Москве, Санкт-Петербурге, Омске, Новосибирске, Алма-Ате.

По сравнению с участием в выставках работа на специализированных научных и отраслевых конференциях и семинарах существенно выше, несмотря на меньшее число участников мероприятий и сопоставимые расходы по участию. Поэтому в 2007 г. сотрудники редакции принимали участие практически во всех значимых отраслевых конференциях и семинарах. Во многом благодаря этой работе формируется перспективный тематический план, расширяется география публикаций, увеличивается число подписчиков, отечественных рекламодателей. Аналитические обзоры выставочных мероприятий и конференций опубликованы и находятся в открытом доступе на сайте журнала в Интернете.

В 2007 г. произошли еще два события, которые нельзя не отметить. Во-первых, **издательство переехало в новый офис.** Во-вторых, институт ЦНИИЭП жилища как учредитель оказал издательству «Стройматериалы» доверие, поручив издание журнала «Жилищное строительство». Научно-технический и производственный журнал «Жилищное строительство» в 2008 г. отмечает свое 50-летие. Это авторитетное и уважаемое среди специалистов издание, которое, так же как журнал «Строительные материалы»®, входит в рекомендуемый ВАК Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук.

Основными тематическими направлениями журнала «Жилищное строительство» являются: архитектурно-планировочные решения современного жилья и зданий социальнотыбыта; реализация национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России»; технология производства строительных работ; экономические аспекты жилищного строительства. Очевидно, что журнал «Жилищное строительство» комплементарен по тематике журналу «Строительные материалы»®.

Руководство издательства и редакция уверены, что выпуск двух журналов позволит существенно повысить экономическую и информационную эффективность периодических изданий, а также специальной литературы.

*Уважаемые коллеги! Мы работаем для вас и вместе с вами. Благодаря совместным усилиям наши дома станут просторнее и теплее, наши города – экологичнее и зеленее, а наша жизнь – лучше. Здоровья и удачи в Новом году. Оставляйтесь с нами!*

Редакция



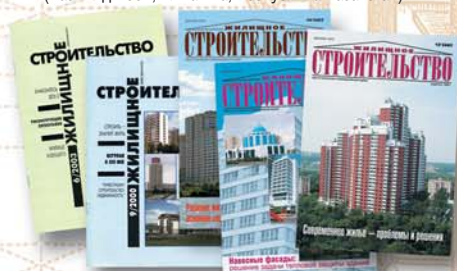
Группа российских руководителей и специалистов кирпичных предприятий на заводе Винербергер в Пон-де-Во (Бургундия, Франция)



Семинар «Состояние и перспективы развития производства силикатного кирпича» стал значимым событием



На стенде журнала и.о. генерального директора издательства «Стройматериалы» А.Б. Юмашев (справа) и региональный представитель фирмы БРААС В.Е. Перфильев (КазБилд-2007, Алма-Ата, Республика Казахстан)



С четвертого квартала 2007 г. в издательстве «Стройматериалы» издается научно-технический и производственный журнал «Жилищное строительство», который в 2008 г. отметит свое 50-летие

Н.П. САЖНЕВ, канд. тех. наук, Н.Н. САЖНЕВ, технический директор ООО «Евроблок», С.Л. ГАЛКИН, зам. директора по научной работе РУП «Институт БелНИИС» (Минск, Республика Беларусь)

## **Опыт производства и применения ячеисто-бетонных изделий автоклавного твердения в Республике Беларусь**

Строительные материалы, изделия и конструкции составляют 50–60% в структуре себестоимости строительства. Выбор эффективных ресурсо- и энергосберегающих, экологически чистых строительных материалов, изделий и конструкций существенным образом позволит уменьшить стоимость строительства, его трудоемкость и энергоемкость при одновременном повышении долговечности, качества и комфортности зданий, а также значительно уменьшить экологическое воздействие на окружающую среду.

Сырье для производства строительных материалов должно быть широко распространенным и экологически чистым. Такими сырьевыми материалами в природе являются вода, песок и карбонатные породы (известняк, мел, мергель), а также продукты из них — известь и цемент. Многосторонний анализ радиационной безопасности сырьевых материалов и строительных изделий показывает преимущества использования в жилищном строительстве силикатных изделий — автоклавного газобетона [1].

Для обеспечения минимальной материалоемкости производства расход сырьевых материалов на единицу продукции должен быть сравнительно невелик. Энергоемкость производства самих строительных материалов также должна быть минимальной, чтобы сократить добычу сырья для производства тепловой и электрической энергии, а также уменьшить выброс в атмосферу окиси углерода.

Проведенная аналитическая работа по технико-экономической оценке различных строительных материалов показала, что конструкции из ячеистого бетона по показателям материалоемкости, энергоемкости, капиталоемкости и общей трудоемкости выгодно отличаются от традиционных стеновых материалов [3–6].

С введением в странах СНГ новых нормативных показателей по тепловой защите зданий их строительство из традиционных стеновых материалов (кирпич, однослойные керамзитобетонные панели и т. п.) стало экономически невыгодным, так как потребовало бы увеличения толщины стен до технически нецелесообразных размеров — более 1 м.

Автоклавный ячеистый бетон имеет коэффициент теплопроводности в 2–3 раза ниже, чем у кирпичной кладки и керамзитобетона, применяемого при производстве стеновых панелей. В результате стены зданий из ячеистого бетона в 2–3 раза лучше удерживают тепло по сравнению с кирпичными при сохранении практически прежней толщины стеновых конструкций в пределах 400–600 мм. Это выгодно прежде всего по экономическим соображениям, так как объем стеновых камен-

ных конструкций сохраняется прежним с одновременным обеспечением их термического сопротивления, соответствующего новым нормативам при более низких стоимостных показателях.

Энергоемкость производства (с учетом производства вяжущих и заполнителей) ячеисто-бетонных панелей наружных стен по сравнению с керамзитобетонными панелями ниже примерно в два раза, а энергозатраты при эксплуатации зданий из ячеистого бетона в течение расчетного срока меньше примерно на 20%. Энергоемкость производства ячеисто-бетонных стеновых блоков в 1,8–2,7 раза меньше, чем для производства керамических камней и глиняного кирпича, а расход тепловой энергии при эксплуатации таких зданий (в расчете на 1 м<sup>2</sup> стены) меньше на 30–40%. Применение блоков из ячеистого бетона в стенах зданий вместо кирпича сокращает в 1,4–2 раза трудоемкость строительства.

В этой ситуации ускоренное развитие производства ячеистого бетона как наиболее эффективного, практически безальтернативного и освоенного в промышленных масштабах конструктивно-теплоизоляционного материала является одной из самых неотложных задач отрасли производства строительных материалов. Если учесть, что объем ячеистого бетона в стеновой конструкции может составлять 70–100%, то наращивание физических объемов его производства позволит существенно снизить общие трудозатраты, стоимость строительства и соответственно рыночную стоимость жилья при одновременном обеспечении новых нормативных показателей теплозащиты зданий.

Кроме оценки технико-экономических показателей эффективности использования различных стеновых материалов и изделий следует остановиться еще на одном немаловажном факторе, а именно на микроклимате помещений, или так называемой комфортности пребывания человека в зданиях со стенами из различных материалов. Известна градация различных стеновых материалов для комфортного проживания человека в домах, построенных из этих материалов, предложенная зарубежными исследователями и доложенная на международном симпозиуме по автоклавным строительным материалам в Ганновере более 20 лет тому назад. Первое место по комфортности согласно этой градации занимает дома со стенами из дерева, третье–четвертое — дома со стенами из ячеистого бетона, шестое–десятое места — стены из силикатного и керамического кирпича, а стены из керамзитобетона и обычного железобетона занимают последнее место. Промежуточные места в этой градации занимают стены со смешанными стеновыми материалами и изделиями. Как видно из приведенных данных, по

Основные производители	Произведено продукции, тыс. м <sup>3</sup>						
	2000 г.	2001 г.	2002 г.	2003 г.	2004 г.	2005 г.	2006 г.
Завод строительных конструкций ОАО «Забудова»	161	217,5	226,5	307,65	354,78	360	360,43
ОАО «Гомельстройматериалы»	125,9	143,2	204,6	246,06	280,48	300,4	313,32
ОАО «Гродненский КСИ»	183,3	177,12	213,48	247,17	262,06	262,6	263,4
АП «Минский КСИ»	–	126,8	157,9	99,6	144,71	162,1	163,23
ЗАО «Могилевский КСИ»	307	316,5	335,7	295,05	344,69	364,3	376,36
ОАО «Оршастройматериалы»	85,1	77,1	81,4	140,48	167,90	186,7	192,86
ОАО «Березовский КСИ»	40,5	53,3	56,1	79,3	116,42	126	131,2
ОАО «Сморгоньсиликатобетон»	–	146,6	143,53	179,51	234,96	194,1	201,3
ОАО «Любанский завод стеновых блоков»	61,3	66,2	80,2	80	112	119,3	200,62
<b>Итого</b> по предприятиям Республики Беларусь	<b>964,1</b>	<b>1324,3</b>	<b>1499,4</b>	<b>1674,85</b>	<b>2018</b>	<b>2075,5</b>	<b>2202,72</b>

экологическим показателям автоклавный ячеистый бетон наиболее близок к деревянным конструкциям. Использование этого материала в зданиях позволяет снизить величину радиационного  $\gamma$ -фона в помещениях [7]. Это особенно актуально для регионов Беларуси, Украины и России, пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС. Благодаря своим уникальным свойствам автоклавный ячеистый бетон дышит, регулируя влажность в помещениях. Строения из автоклавного ячеистого бетона являются достаточно долговечными. В отличие от дерева бетон не подвержен гниению и при этом обладает свойствами и дерева, и камня.

Обследования домов с конструкциями из ячеистого бетона, прослуживших достаточно длительный период – 40–50 лет и более, показали полное соответствие материала требованиям строительных норм и пригодности для дальнейшей эксплуатации. Более того, из всех типов стен эксплуатируемых жилых домов ячеисто-бетонные являются самыми теплыми, т. е. энергосберегающими. Их равновесная влажность в 4 раза ниже, чем у деревянных стен, паропроницаемость (способность дышать) в 3 раза выше, чем у дерева, в 5 – у кирпича, в 10 – у железобетонных трехслойных панелей.

Ячеистый бетон относится к пожаробезопасным материалам. Он не горит и эффективно препятствует распространению огня и высоких температур, а поэтому может применяться для возведения стен всех классов пожарной опасности [1].

Учитывая высокую технико-экономическую эффективность изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения, «Основными направлениями развития материально-технической базы строительства Республики Беларусь на период 1998–2015 гг.» ячеисто-бетонные изделия определены главным стеновым материалом, и до 2015 г. существующие мощности его производства должны быть увеличены в 2,1 раза. Согласно этому документу потребность в изделиях из ячеистого бетона к 2010 г. составит 2 951,9 тыс. м<sup>3</sup>, а к 2015 г. – 3 416 тыс. м<sup>3</sup>.

В Украине согласно государственной программе «Развитие производства ячеисто-бетонных изделий и их применение в массовом строительстве Украины на 2005–2011 гг.» планируется увеличение производства ячеисто-бетонных изделий и конструкций в 2011 г. до 6000–8000 тыс. м<sup>3</sup>. В 2006 г. в Украине произведено 590 м<sup>3</sup> ячеисто-бетонных изделий. На 1 тысячу жителей произведено около 13 м<sup>3</sup> изделий, что в 20 раз меньше, чем в Республике Беларусь.

В Российской Федерации планируется к 2010 г. увеличение производства автоклавного ячеистого бетона до 6100 тыс. м<sup>3</sup> и неавтоклавного до 2600 тыс. м<sup>3</sup>, а к

2020 г. соответственно 15100 и 8 100 тыс. м<sup>3</sup>, т. е. общее производство ячеистого бетона на 1 тысячу жителей составит 155 м<sup>3</sup> [8].

Следует отметить, что в 1991 г. в СНГ было выпущено около 5,7 млн м<sup>3</sup> ячеисто-бетонных изделий, из них 1,37 млн м<sup>3</sup> армированных стеновых панелей, плит перекрытий и перекрытий.

В Республике Беларусь в 1991 г. выпуск ячеисто-бетонных изделий составлял 1,7 млн м<sup>3</sup>, в том числе 0,34 млн м<sup>3</sup> армированных панелей для жилых, промышленных и общественных зданий. В таблице приведена динамика производства ячеистого бетона предприятиями Республики Беларусь.

В 2006 г. в Республике Беларусь выпуск ячеисто-бетонных изделий составил 2,2 млн м<sup>3</sup>, но при этом армированных изделий, в основном брусковых перемычек, только 8,8 тыс. м<sup>3</sup>. Резкое уменьшение выпуска армированных изделий по сравнению с 1991 г. вызвано увеличением объемов малоэтажного строительства, а также отсутствием надежной технологии их производства. Полагаем что с освоением каркасного строительства высотных зданий, дефицитом рабочей силы при строительстве, а также необходимостью сокращения сроков строительства и уменьшения трудозатрат объемы производства армированных изделий, естественно, будут возрастать. По нашему мнению, должно быть комплексное применение как армированных стеновых панелей, плит перекрытий и покрытий, так и неармированных блоков, в том числе крупноразмерных. Следует отметить, что незаслуженно практически забыто индустриальное производство составных армированных ячеисто-бетонных изделий – производство крупногабаритных изделий из исходных элементов. Возрождение забытой практики на новом техническом уровне поможет существенно улучшить структуру и техническую оснащенность стройиндустрии.

Следует отметить, что существующая и ставшая уже традиционной номенклатура изделий ограничивает возможности архитекторов, а габаритные размеры мелких блоков, являющихся наиболее массовой продукцией, не позволяют поддерживать высокий темп строительства без существенных затрат материальных и людских ресурсов. Кроме того, максимальная длина армированных стеновых панелей, плит перекрытия и покрытия не превышает 6 м.

Анализ продукции ведущих производителей ячеистого бетона в Европе, из которых в первую очередь следует выделить немецкий холдинг «Xella» и британскую компанию «Celcon», показывает, что основной упор в номенклатуре изделий сделан на выпуск укрупненных

блоков для кладки стен, стеновых панелей, плит перекрытий и покрытия длиной до 7,2 м включительно. Мелкие блоки выпускаются с карманами для удобства захвата при ведении кладки.

В связи с этим представляется целесообразным наряду с увеличением объема производства начать массовое производство в Республике Беларусь новых видов продукции — мелких блоков с карманами для механизированной кладки, крупных стеновых блоков, армированных стеновых панелей вертикальной резки, плит перекрытия номинальной длиной до 7,2 м. Использование этих изделий позволит, по предварительной оценке РУП «Институт БелНИИС», по сравнению с традиционными конструктивно-технологическими схемами зданий сократить сроки строительства на 15–20%, снизить трудозатраты на 12–15%, уменьшить удельную стоимость единицы общей площади на 10–12%. Это будет способствовать внедрению в практику строительства широкой гаммы гражданских зданий — жилых домов, школ, детских садов, учреждений здравоохранения, административных зданий и других объектов инфраструктуры населенных пунктов.

В Республике Беларусь к 2010 г. планируется довести объемы жилищного строительства до 6,2 млн м<sup>2</sup> в год, в том числе 30% на селе. В Минске к 2008 г. объем жилищного строительства должен составить 1,325 млн м<sup>2</sup>.

Действующие заводы по производству ячеисто-бетонных изделий не смогут в полном объеме обеспечить потребность строительства в автоклавном ячеистом бетоне. Планируемое увеличение объемов его производства невозможно без строительства новых современных заводов, так как в настоящее время практически все заводы ячеистого бетона превзошли проектные мощности. По данным Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь, дефицит в ячеисто-бетонных изделиях к 2010 г. составит 800 тыс. м<sup>3</sup>, а к 2015 г. может достигнуть 1,2–1,5 млн м<sup>3</sup>.

Изучив и критически проанализировав мировой и отечественный опыт производства ячеисто-бетонных изделий, ООО «Евроблок» в 2007 г. в Минске приступило к реализации проекта строительства завода по производству эффективных ячеисто-бетонных изделий нового поколения годовой мощностью 300–350 тыс. м<sup>3</sup> с возможностью увеличения мощности до 400 тыс. м<sup>3</sup>. Проектом предусматривается выпуск комплекта изделий на дом, в том числе и производство армированных ячеисто-бетонных изделий по ударной технологии [8, 9]. Продолжаются работы по строительству новых цехов и модернизации существующих производств ячеистого бетона на Минском КСИ, Березовском КСИ, ОАО «Красносельскстройматериалы».

Ударная технология базируется на использовании ударных воздействий для тиксотропного разжижения высоковязких смесей. Энергию и частоту этих воздействий назначают в зависимости от их реологических свойств ячеистобетонной смеси (патенты Российской Федерации № 66988, № 1049250, № 1058187, № 1081967). По сравнению с литьевой технологией ударная технология позволяет уменьшить расход сырьевых материалов: цемента на 20–30%, извести на 10–15%, газообразователя на 5–10%. При этом время выдержки на посту вызревания сокращается до 1–1,5 ч, а энергозатраты при автоклавной обработке уменьшаются в среднем на 8–10%. Следует отметить, что сочетание ударной отечественной технологии с резательной технологией фирмы «Маза-Хенке», обеспечивающей геометрическую точность изделий +1,5 мм по высоте, длине и ширине, позволит наладить выпуск продукции со стабильными физико-механическими показателями, не только отвечающими лучшим мировым аналогам, но и превосходящими их по некоторым параметрам. Так,

например, отпускная влажность готовых изделий при ударной технологии составляет 25% вместо 35% при литьевой технологии.

В настоящее время при массовом строительстве новых заводов ячеистого бетона, а также при реконструкции действующих заводов в странах СНГ, и в первую очередь в России, Республике Беларусь, Казахстане и др., немецкие фирмы — поставщики оборудования для производства ячеистого бетона предлагают ударную технологию производства неармированных ячеисто-бетонных блоков. Признавая преимущества ударной технологии по сравнению с литьевой, фирмы, производящие технологическое оборудование, очень осторожно относятся к производству армированных ячеисто-бетонных изделий по этой технологии.

Известно, что при формировании армированных массивов по литьевой технологии наблюдается так называемое всплытие арматуры, обусловленное увлечением (смещением) арматурных стержней вверх всплывающей смесью. Это явление уводит каркас от проектного положения в массиве и создает дополнительные напряжения от упругих сил арматуры, что отрицательно сказывается на качестве армированных изделий. При ударном формировании «всплывтия» арматурных каркасов не наблюдается.

При производстве армированных ячеисто-бетонных изделий определяющее значение приобретает создание оптимальной структуры бетона в околоарматурном пространстве. При литьевом способе формирования часто наблюдается неполное обволакивание смесью арматурных стержней, особенно в верхней части массива, обусловленное недостаточным для заполнения пустот около арматуры гидростатическим давлением смеси. Поскольку при ударном формировании мы имеем дело с низким водотвердым отношением, ликвидация этого явления приобретает определяющий характер для обеспечения необходимого сцепления арматуры с бетоном. При ударном формировании ускорение колебаний смеси находится в пределах от 10 до 30 м/с<sup>2</sup> и перегрузки, складываясь с гидростатическим давлением, ликвидируют пустоты у арматурных стержней.

На образование структуры бетона в околоарматурном пространстве оказывают влияние также колебания арматурных стержней, самих каркасов и формы. Эти колебания имеют различную частоту, интенсивность и, главное, разную длительность. Из-за различных параметров колебаний элементов системы во время ударного формирования непосредственно около арматуры образуется область, в которой смесь находится постоянно в предельно разрушенном (разжиженном) состоянии. За счет этого обеспечивается плавный переход от практически плотного бетона у арматуры до ячеистой структуры основного бетона. Толщина переходного слоя составляет 3–7 мм. Это обеспечивает полное обволакивание арматурных стержней смесью и увеличение прочности сцепления арматуры с бетоном в готовых изделиях. Прочность сцепления арматуры с бетоном находится в пределах 34–40% от прочности бетона при сжатии, в то время как прочность при изгибе находится в интервале 23–30% от прочности бетона. Ударная технология обеспечивает производство армированных ячеисто-бетонных изделий требуемой номенклатуры толщиной 100–400 мм в широком диапазоне плотности 400–700 кг/м<sup>3</sup> с высокими физико-техническими показателями [9].

В строительном комплексе Республики Беларусь автоклавный ячеистый бетон прочно занимает одно из ведущих мест как универсальный материал, позволяющий решать обширный класс инженерных задач, обеспечивающий современное качество и конкурентоспособность строительной продукции. Из ячеисто-бетон-



ных неармированных и армированных изделий (мелких и крупных блоков, стеновых панелей, перемычек, плит перекрытия и покрытия, ступеней), выпускаемых в Республике Беларусь, возводятся здания жилищно-гражданского назначения — жилые дома, гостиницы, детские сады и многое другое.

Автоклавный ячеистый бетон — один из немногих материалов, который применяют для устройства однослойных наружных стен. Их сопротивление теплопередаче не только удовлетворяет требованиям строительных норм, но и значительно их превышает. В современных домах с различными конструктивными системами толщина наружных стен, как правило, составляет не менее 400 мм. Для их устройства используют преимущественно блоки, изготовленные из ячеистого бетона средней плотностью не более 500 кг/м<sup>3</sup>. При толщине стены 400 мм, средней плотности ячеистого бетона 500 кг/м<sup>3</sup> и влажности в кладке наружных стен на тонкослойном (клеевом) растворе 5% расчетное значение сопротивления теплопередаче конструкции составляет  $R_0 = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ , а при плотности 400 кг/м<sup>3</sup> —  $R_0 = 3,4 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . И это при том, что нормативное значение сопротивления теплопередаче стен из штучных материалов согласно СНБ 2.04.01–97 составляет  $R_m = 2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . Такое, казалось бы, существенное превышение нормируемого значения является не совсем оправданным с позиций экономного расходования материала. Однако, как показывает зарубежная, а с недавнего времени и отечественная практика строительства, несколько большие капитальные вложения в строящийся дом, в частности в его наружные стены, впоследствии с лихвой окупаются за счет экономии энергоресурсов на отопление, особенно в условиях постоянного роста цен на энергоносители [9].

В индивидуальном секторе жилых домов ячеистый бетон занимает ведущее место, а объемы его применения возрастают пропорционально количеству строящихся зданий. Об этом наглядно свидетельствуют ежегодно возводимые в крупных и средних городах микрорайоны индивидуальной застройки. В Минске ячеистый бетон массово использован при строительстве микрорайонов по проспекту Газеты «Известия» и Большая Слепянка, а также при застройке элитными домами микрорайона Медвежино.

Автоклавный ячеистый бетон находит применение и при строительстве зданий малой и средней этажности (до 5 этажей включительно), причем в конструкциях не только несущих стен, но и междуэтажных перекрытий. Разработанная Институтом БелНИИС еще в конце 90-х гг. конструкция перекрытий из ячеистобетонных плит с железобетонным обвязочным контуром и замоноличенными межплитными швами хорошо зарекомендовала себя не только в зданиях со стеновой конструктивной системой, но также при неполном каркасе и в зданиях с несущим сталебетонным каркасом.

В последние годы разнообразие городской застройки белорусских населенных пунктов обеспечивают путем строительства зданий средней этажности, среди которых не последнее место занимают конструктивные стеновые системы с массовым применением ячеистого бетона. Современная массовая застройка столицы Беларуси, областных центров и относительно крупных городов характеризуется преобладанием многоэтажных зданий и зданий повышенной этажности. Такие строения возводят, как правило, с несущим каркасом, а наружные стены опирают на перекрытия в пределах каждого этажа. Для устройства поэтажно опертых стен как нельзя лучше подходит ячеистый бетон, который позволяет реализовать практически любые архитектурные решения.

Ячеистый бетон находит применение не только в массовом строительстве, но и при сооружении уникальных объектов, таких, например, как Национальная библиотека Беларуси. При устройстве наружных стен, закрытых спайдерным остеклением, использовали как ячеисто-бетонные блоки, так и армированные стеновые панели. Блоки из ячеистого бетона использовали на этом объекте также и для устройства перегородок. Наружные стены и перегородки стилобата и лифтового ствола также устроены с применением ячеистого бетона.

Применение автоклавного ячеистого бетона в строительном комплексе Республики Беларусь обеспечивается проведением комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполнением обследований и оценкой технического состояния несущих и ограждающих конструкций, разработкой комплектов нормативной, нормативно-технической и проектной документации, а также изданием технической литературы.

В части нормативной базы в Республике Беларусь введены в действие следующие нормативные документы: СТБ 1117 «Блоки из ячеистых бетонов»; СТБ 1034 «Плиты теплоизоляционные из ячеистых бетонов»; СТБ 1185 «Панели стеновые бетонные и железобетонные для зданий и сооружений»; СТБ 1332 «Блоки лотковые и перемычки из ячеистого бетона»; СТБ 1330 «Ступени лестничные из ячеистого бетона»; СТБ 1570–2005 «Бетоны ячеистые. Технические условия»; СТБ 1724–2007 «Утеплитель дробленый из ячеистых бетонов. Технические условия»; Пособие П8-04 к СНиП 3.03.01–87 «Проектирование и устройство тепловой изоляции наружных стен зданий и сооружений с применением изделий из ячеистого бетона».

В стадии разработки находится Технический кодекс установившейся практики (ТКП) «Проектирование конструкций малоэтажных гражданских зданий (до 5 этажей включительно) с комплексным применением ячеисто-бетонных изделий». Первая редакция передана проектными организациями на практическую апробацию в качестве справочного материала. Окончание разработки предполагается в 2008 г. Введены в действие типовые серии: Б2.000-3.07 «Узлы и детали сопряжений конструктивных элементов зданий с комплексным применением ячеистого бетона. Вып. 0. Материалы для проектирования»; Б2.030-1.04 «Звукоизоляция перегородок из блоков ячеистого бетона, узлы и детали. Вып. 0. Материалы для проектирования».

В состав переработанной типовой серии Б1.0201-9.07 «Универсальная архитектурно-строительная система каркасных зданий со сборно-монолитными перекрытиями» включен уточненный на основании опыта проектирования и строительства зданий с наружными поэтажно опертыми стенами выпуск 4-1 «Детали эффективных наружных стен», в котором основная часть посвящена стенам из ячеисто-бетонных блоков.

В 2006 г. издана монография «Применение ячеисто-бетонных изделий. Теория и практика» [1], в которой обобщены результаты отечественных и зарубежных исследований в области свойств ячеистого бетона, деформационно-прочностных показателей конструкций и методов их расчета, освещен опыт строительства и эксплуатации зданий в Республике Беларусь.

Проведены огневые испытания фрагментов стен и перегородок. На основании полученных результатов блоки из ячеистого бетона могут применяться не только для устройства стен и перегородок в зданиях всех степеней огнестойкости согласно классификации СНБ 2.02.01–98 «Пожарно-техническая классификация зданий, строительных конструкций и материалов», но также и для противопожарных преград 1-го типа с пре-

## Компания "ВНИР"

Компания "ВНИР" поставляет оборудование для промышленных лабораторий различного профиля:



Строительные лаборатории  
Дорожно-строительные лаборатории  
Мостостроительные лаборатории  
Лаборатории неразрушающего качества  
Материаловедческие и металлографические лаборатории  
Лаборатории механических, температурных и климатических испытаний  
Спектральные и химические лаборатории  
Оборудование для механических испытаний

Твердомеры  
Оборудование для климатических испытаний  
Оборудование для температурных испытаний  
Приборы для испытания цементов, бетонных смесей  
Приборы для испытаний бетонных и железобетонных конструкций



Испытание лакокрасочных материалов  
Весовое оборудование  
Приборы неразрушающего контроля качества  
Приборы для измерения температуры и влажности  
Геодезическое оборудование  
Приборы для испытания грунтов.  
Приборы для испытания битумов

Приборы для испытания битумов  
Приборы для испытания заполнителей  
Приборы для испытания асфальтобетона  
Приборы для контроля параметров автомобильных и железных дорог  
Оборудование для выбуривания кернов



Комплексные передвижные лаборатории



Отдел продаж: тел./факс +7 (495) 735-6531, 437-9800, 430-0428, 437-2274  
Отдел сервиса и метрологического сопровождения: тел./факс +7 (495) 437-5110  
Адрес: 119361 г. Москва, ул. Озерная, д.44  
Internet: www.vnir.ru E-mail: vnir@aha.ru  
Режим работы: с 9:30 до 18:00, выходные - сб, вскр.  
Условия работы: 100% предоплата, отгрузка со склада в Москве.

СТРОИТЕЛЬНОЕ ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

делом огнестойкости REI 150 (2,5 ч по всем критериям достижения предельного состояния).

В настоящее время завершается комплекс экспериментально-теоретических работ по изучению деформационно-прочностных показателей кладки из ячеисто-бетонных блоков, результатом которой станут предложения по расчету и конструированию каменных конструкций из этих изделий (планируются к разработке ТКП «Каменные и армокаменные конструкции». Строительные нормы проектирования»; ТКП «Каменные и армокаменные конструкции из ячеисто-бетонных блоков. Правила проектирования»; ТКП «Бетонные и железобетонные конструкции из ячеистых бетонов. Строительные нормы и правила проектирования»).

В заключение необходимо отметить, что благодаря усилиям белорусских ученых, проектировщиков, работников предприятий по производству строительных материалов и строителей ячеистый бетон по праву занял одно из ведущих мест среди современных эффективных материалов для любых типов зданий, удовлетворяющих потребности самого изысканного потребителя. Это свидетельствует о том, что ячеистый бетон в Республике Беларусь выходит на новый уровень своего развития, который обеспечит дальнейшее развитие отечественного строительного комплекса и будет способствовать повышению потребительских качеств, надежности и долговечности зданий.

### Список литературы

1. Галкин С.Л., Сажнев Н.П., Соколовский Л.В., Сажнев Н.Н. Применение ячеисто-бетонных изделий. Теория и практика. Минск: Стринко, 2006.
2. Воробьев Х.С., Балицкий В.С., Франивский А.А. Проблемы производства и применения изделий из ячеистого бетона в строительстве // Нові технології в будівництві. 2002. № 1(3).
3. Эвинг П.В. Экономическая эффективность применения и перспективы развития производства изделий из ячеистых бетонов // Сб. трудов НИПИСиликато-бетон «Производство и применение силикатных бетонов». 1976. № 15.
4. Павловский Я.М., Эвинг П.В., Селезский А.И., Кучихин С.Н., Лашков С.А. Предпосылки дальнейшего развития производства и применения ячеистого бетона в современных условиях // Строит. материалы. 1996. № 3.
5. Макарычев В.В., Кривицкий М.Я., Вирганская Н.О. Энергоемкость производства изделий из автоклавных ячеистых бетонов // Науч.-техн. реф. сб. Серия «Промышленность автоклавных материалов и местных вяжущих». ВНИИЭСМ, 1980. Вып. 4.
6. Граник Ю.Г. Ячеистый бетон – эффективный строительный материал // Белорусский строительный рынок. 2004. № 9–10.
7. Мартыненко В.А. Радиационная безопасность строительных материалов, автоклавного газобетона: Сб. науч. трудов. ПГАСА. Труды III научно-практического семинара «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона». Севастополь, 12–14 сентября, 2007.
8. Сажнев Н.П., Сажнев Н.Н. Производство армированных ячеисто-бетонных изделий по ударной технологии // Сб. научных трудов ПГАСА. Труды III научно-практического семинара «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона». Севастополь, 12–14 сентября, 2007.
9. Галкин С.Л. Применение изделий и конструкций из ячеистого бетона в жилищно-гражданском строительстве // Белорусский строительный рынок. 2006. № 9–10.

Реклама

В.Г. КОНСТАНТИНОВ, гл. инженер, В.В. МУЛЯРЧИК, канд. физ.-мат. наук, директор, ОАО «Завод горного воска» (Беларусь);  
И.П. ФАЛЮШИНА, Т.Я. ЦАРЮК, кандидаты техн. наук, В.Ю. ЯЧНИК, ведущий инженер, Институт проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси (Минск)

## Антиадгезионная смазка для металлических форм при производстве ячеистого бетона

В технологии производства изделий из тяжелых, легких, ячеистых бетонов, формируемых в металлических формах, не последнее место для их качества имеет смазка этих форм.

Сотрудниками Института проблем использования природных ресурсов и экологии НАН Беларуси совместно с ОАО «Завод горного воска» разработаны рецептуры и технологии получения антиадгезионных смазок для смазывания металлической и деревянной опалубки при производстве изделий из бетона. Для производства изделий из ячеистого бетона разработана смазка «Бетол-01».

В качестве основы смазки использовано высоковязкое минеральное масло. Для обеспечения требуемых эксплуатационных свойств смазки в ее состав введен комплекс антиадгезионных, вытесняющих, моющих и защитных присадок.

Наличие в смазке значительного количества маслорастворимых ПАВ позволяет создать на поверхности опалубки прочный разделительный слой, обладающий высокими антиадгезионными свойствами (относительная величина снижения адгезии бетона к стали составляет 99%), который хорошо удерживается на ее вертикальных поверхностях. Для повышения способности смазки защищать металлическую форму от коррозии в ее состав введен маслорастворимый ингибитор коррозии на основе остаточного продукта крекинга масляных фракций. Форму можно хранить длительное время на открытом воздухе и в дальнейшем использовать без снятия смазки.

По комплексу эксплуатационных характеристик смазка «Бетол-01» сравнима с немецкой смазкой Addinol F-150.

Смазку наносят на внутреннюю поверхность металлической формы распылением, щеткой, валиком или кистью. При необходимости смазку допускается нагревать до температуры 80°C. Оптимальный расход смазки

в зависимости от метода и температуры нанесения составляет 25–30 г/м<sup>2</sup> рабочей поверхности формы. При использовании электрофилтра на вентиляции отсоса на посту нанесения смазки налипание на электрофилтре отсутствует.

При хранении и использовании смазки «Бетол-01» на открытых участках в зимний период столкнулись с проблемой ее застывания при низких температурах. Для решения этой проблемы разработан дополнительный (зимний) вариант антиадгезионной смазки с более низкой температурой застывания за счет внесения депрессорных присадок.

По результатам токсикологической экспертизы смазка является малоопасным веществом и по степени воздействия на организм человека согласно ГОСТ 12.1.007–76 отнесена к 4-му классу опасности. Температура вспышки смазки в открытом тигле не ниже 210°C.

Производство смазки «Бетол-01» ТУ ВУ 100289079.016-2006 организовано ОАО «Завод горного воска», пгт Свислочь Пуховичского района Минской области.

При незначительной модификации она находит применение при производстве изделий из тяжелого бетона.

Применение смазки «Бетол-01» в производстве изделий из ячеистого бетона позволяет исключить прилипание бетона и обеспечивает быстрое и простое отделение опалубки, а также продлевает срок службы опалубки, защищая ее от коррозии. Смазка «Бетол-01» применяется в больших количествах на предприятиях Беларуси (ОАО «Сморгоньсиликатобен»; ЗАО «Могилевский КСИ»; ОАО «Гродненский КСИ»; АП «Минский комбинат силикатных изделий»; ОАО «Любаньский завод стеновых блоков») и на российских предприятиях (ОАО «Костромской силикатный завод»; ООО «Мордовский «Кирпич силикатный»; ЖБИ г. Костромы; ЗАО «Борский силикатный завод» Нижегородской обл.).



### ОАО «Завод горного воска»

Предприятие специализируется на производстве вспомогательных материалов для машиностроительной и химической отраслей: реагентов для строительства и ремонта скважин (реагент полимерный гидролизированный «Лигнопол», смазочная добавка ЗГВ-205, реагент-стабилизатор ЗГВ-280, реагент ОВП-1), консервационных и канатных смазок (КС-У, КС-Ун, Торсиол-35Э ЗГВ, пушечная, смазка для пропитки органических сердечников стальных канатов), смазочно-охлажда-

ющих технологических средств (СОТС МР-7, «Аквол-100», ЭМ-1, ЗГВ-Т), пластичных смазок (солидол, литол, графитная, циатим), масла для холодильных машин марки ХА-30, парафина НС.

Интенсивно расширяется рынок реагентов для строительства и ремонта скважин.

Программы развития завода получили высокую оценку Государственного экономического совета как соответствующие требованиям наукоёмких, высокотехнологичных производств.

222823, Республика Беларусь, Минская обл., Пуховичский р-н, пгт Свислочь

Тел (+3751713) 6-45-63, 6-45-81, 6-42-41

Тел/факс (+3751713) 6-41-69, 6-44-00, 6-42-63

E-mail: zgwwmarket@tut.by, zgw@tut.by

http://www.zgw.by

В.А. МАРТЫНЕНКО, канд. техн. наук, Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры (Днепропетровск, Украина)

## Производство изделий из автоклавного газобетона на Украине

В последние годы в экономике возросли инвестиционные возможности как государства и фирм, так и частных лиц. Это привело к повышению спроса на строительные материалы, и в частности на ячеистые бетоны. На Украине за 2006 г. производство мелкоштучных изделий из автоклавного газобетона выросло приблизительно на 125 тыс. м<sup>3</sup>, что в 1,6 раза больше среднегодового прироста производства за предыдущие пять лет (рис. 1). Основная доля прироста в 2006 г. достигнута за счет увеличения объемов производства на четырех предприятиях: ОАО «Обуховский ЗПИ», ОАО «Житомирский КСМ», ОАО «Белгород-Днестровский ЗЯБИ», ОАО «Купянский КСМ», а также за счет введения новой линии на ОАО «Днепропетровский ЗСМ» (рис. 2).

Вместе с тем рынок изделий из автоклавного газобетона на Украине еще далек от насыщения, наблюдается тенденция роста цен на этот материал. В 2002–2004 гг. средний темп роста цены на изделия из автоклавного газобетона находился на уровне 10–15% в год, в 2005 г. он составил уже 25%, а в 2006 г. достиг 30%. Такая тенденция обусловлена повышением спроса на данный вид материала и увеличением объемов строительства жилья и объектов социального назначения.

ОАО «Обуховский ЗПИ» является лидером по объемам производства и в 2006 г. достиг превышения проектной производительности линии «Универсал-60» на 75%. Также следует отметить, что по физико-техническим свойствам изготавливаемый газобетон находится на высоком уровне, а по размерным характеристикам мелкоштучные изделия, выпускаемые этим предприятием, являются наиболее точными из получаемых на резательных машинах «Универсал-60». С целью дальнейшего увеличения объемов производства изделий с отклонениями по геометрическим размерам не более ±1–1,5 мм на этом предприятии ведутся проектные и строительные работы по монтажу новой технологической линии с использованием импортного оборудования. Ввод такой линии позволит увеличить объемы производства изделий в 2 раза и более.

В 2006 г. почти в 2 раза возрос объем производства мелкоштучных изделий на ОАО «Купянский КСМ»,

что связано как со стабилизацией коллектива предприятия, так и с возросшими объемами потребления данного материала в регионе.

Однако по удельным показателям производства газобетонных изделий на 1000 жителей Украина не лидирует даже среди стран СНГ (рис. 3).

Прирост производства газобетонных изделий невозможен без строительства новых заводов и реконструкции действующих линий. Опыт Республики Беларусь по увеличению объемов производства и использованию газобетонных изделий в современных видах строительства доступного и комфортного жилья является очень ценным для развития этой отрасли на Украине.

На ОАО «Днепропетровский ЗСМ» в 2005 г. введена в эксплуатацию линия малой мощности по производству автоклавного газобетона. На Украине это первая реконструкция цеха силикатного кирпича с целью производства газобетонных изделий автоклавного твердения с использованием оборудования отечественного производства (рис. 4). Научно-технологические и проектные работы по реконструкции цеха выполнены с участием лаборатории ячеистых бетонов ПГАСА. Этот опыт реконструкции и основное технологическое формовочно-резательное оборудование могут быть использованы и на других подобных предприятиях для переоснащения линий силикатного кирпича. На этой линии установлено резательное оборудование с техническими возможностями по изготовлению изделий с точностью по геометрическим размерам до ±1–1,5 мм. На вновь введенной линии в 2005 г. произведено 2,5 тыс. м<sup>3</sup>, а в 2006 г. – 29 тыс. м<sup>3</sup> при работе линии в односменном режиме.

Лабораторией ячеистых бетонов ПГАСА также разработан ряд технических решений по увеличению производительности такой линии до 80–90 тыс. м<sup>3</sup>/год за счет увеличения объема формуемого массива, введения дополнительного технологического оборудования. Это позволит увеличить не только производительность линии, но и повысить технологичность процесса изготовления газобетонных изделий.

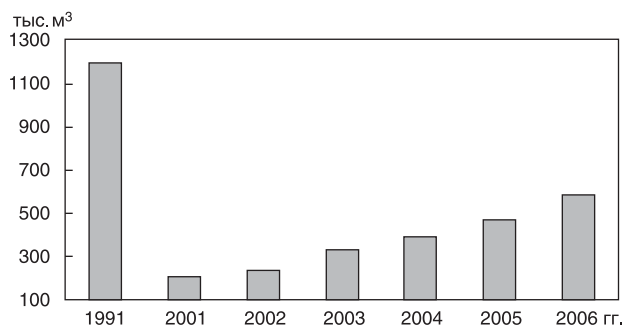


Рис. 1. Производство газобетонных изделий на Украине

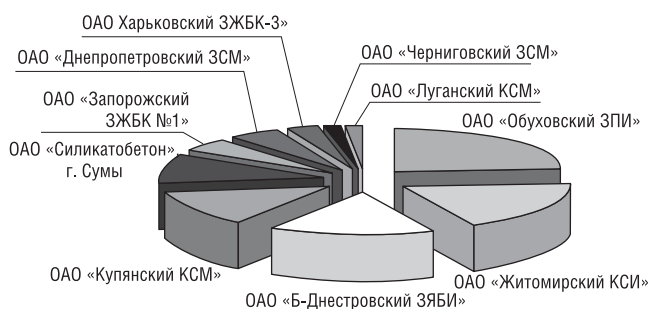


Рис. 2. Доля производства газобетонных изделий по предприятиям Украины

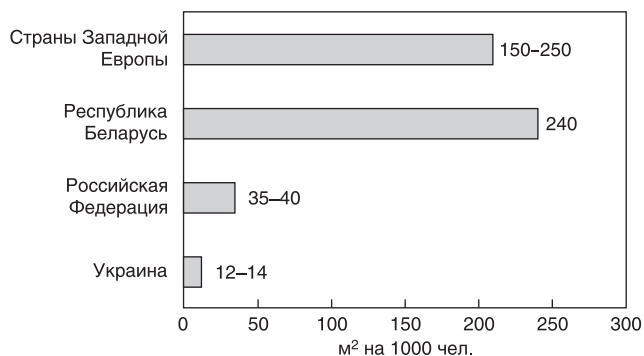


Рис. 3. Удельные показатели производства изделий из автоклавного газобетона на 1000 чел. населения некоторых стран

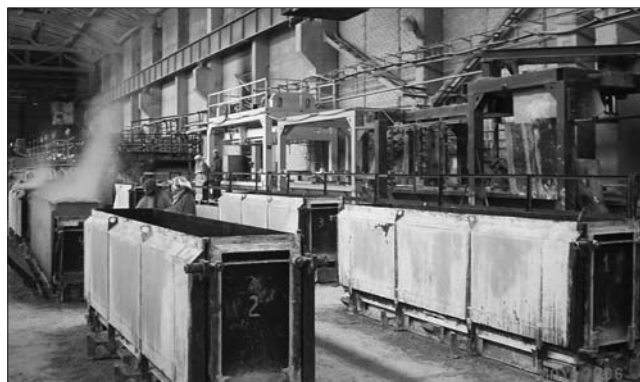


Рис. 4. Общий вид технологической линии производства газобетонных изделий после реконструкции цеха силикатного кирпича на ОАО «Днепропетровский ЗСМ»

В настоящее время мы проводим проектно-технологические работы по разработке нового оборудования отечественного производства для технологической линии с суточной производительностью 600–700 м<sup>3</sup> для строительства новых линий. Эти работы выполняются при финансовой поддержке ЧП «Автокрафт» для строительства завода газобетонных изделий при реконструкции сахарного завода, что целесообразно при использовании существующего технологического передела производства комовой извести.

Строительство новых предприятий с использованием дорогостоящего оборудования ведущих зарубежных фирм позволяет получать качественные изделия с точными геометрическими размерами. Привлекает высокая производительность технологических линий при минимальном количестве обслуживающего персо-

нала благодаря полу- или полностью автоматизированному процессу производства с единой системой управления. Однако стоимость такого оборудования очень высока и недоступна большинству наших отечественных предприятий. Кроме того, это неизбежно приведет к дополнительному росту цен на газобетонные изделия.

Для увеличения объемов производства газобетонных изделий кроме строительства новых заводов возможна реконструкция большинства действующих отечественных заводов автоклавного газобетона с заменой формовочно-резательного оборудования. Такое переоснащение ведет к повышению экономичности производства и улучшению качества изделий из газобетона, а также к расширению существующей номенклатуры изделий завода.

**14-19 марта  
2008 г.**

**Бангкок,  
Таиланд**



**Shangri-La hotel**  
BANGKOK

# Азиатский цементный форум

## «ИМПОРТ ЦЕМЕНТА В РОССИЮ»

Прямые деловые контакты с ведущими поставщиками цемента в Азии:  
Китай, Индия, Турция, Малайзия, Тайвань, Египет, Индонезия

Тел./Факс: +7 (495) 980-06-08  
e-mail: cement@rusmet.ru



Rusmet.ru  
Russian Metallurgy and World

## Производители автоклавного газобетона объединились в Национальную ассоциацию

20 декабря 2007 г. в Екатеринбурге состоялось учредительное собрание Национальной ассоциации производителей автоклавного газобетона (НААГ). В его работе приняли участие руководители, уполномоченные представители и наблюдатели 11 предприятий из Санкт-Петербурга, Воронежа и Воронежской области, Можайска (Московская обл.), Краснодара, Набережных Челнов (Республика Татарстан), Екатеринбурга и Свердловской области, Новосибирска, Ярославля.

Известно, что в 2006 г. была предпринята попытка создать профессиональное объединение газобетонщиков, однако она не увенчалась успехом. Главной причиной неудачи стало привлечение в ассоциацию поставщиков импортного оборудования для производства газобетона, а также торговых организаций. Это обусловило некоторый антагонизм целей и задач ее учредителей. Проанализировав результаты деятельности организации за год, ряд производителей автоклавного газобетона официально вышел из ее состава и выступил с инициативой создания ассоциации, которая объединяла бы только производителей. Данное предложение было поддержано.

На нейтральной территории в конференц-зале екатеринбургской гостиницы «Премьер-отель» участники собрания обсудили и утвердили окончательный вариант устава и других учредительных документов, которые предварительно были разосланы всем участникам.

Известный советский ученый в области автоклавного газобетона, ныне вице-президент компании «Aeroc International AS» Я.М. Паплавскис рассказал коллегам о деятельности Европейской ассоциации производителей газобетона и ее структуре. В Европе членство в ассоциации для производителя является своеобразным признаком качества продукции. Предложено разработать соответствующие критерии для вступления в Российскую ассоциацию производителей автоклавного газобетона.

В процессе обсуждения стратегических целей, а также оперативных и тактических задач ассоциации были выделены главные направления деятельности.

Первоочередной задачей, по единодушному мнению всех участников собрания, является завершение работы по введению в действие новых отраслевых нормативно-технических документов. Известно, что многие российские предприятия уже выпускают высококачественные газобетонные блоки со средней плотностью 350–400 кг/м<sup>3</sup> и классом по прочности при сжатии В1,5 и более. Изделия с такой прочностью могут быть использованы не только как теплоизоляция (согласно действующим ГОСТ 21520–89 и ГОСТ 25485–89), но и как стеновые блоки, воспринимающие силовую нагрузку. Применение блоков в наружных стенах для многих регионов позволит отказаться от дополнительного утепления, что, безусловно, экономически выгодно.

Некоторое время назад ряд предприятий профинансировал и организовал работу по разработке нового стандарта взамен ГОСТ 21520–89 и ГОСТ 25485–89. В настоящее время работа над новым стандартом, имеющим статус межгосударственного и приведенного в соответствие с основными положениями стандартов Евросоюза EN 771-4:2003 и EN 1745:2002 (Е), завершается, он проходит необходимые процедуры согласования и утверждения.

Важнейшими направлениями работы вновь созданной ассоциации должны стать аналитическая, статистическая и информационная.

Учредительное собрание Национальной ассоциации производителей автоклавного газобетона (НААГ) начинает работу

Вице-президент компании «Aeroc International AS» Я.М. Паплавскис рассказывает коллегам о деятельности Европейской ассоциации производителей газобетона

Зам. главного инженера ЗАО «Воронежский комбинат строительных материалов» Г.А. Арцыбашев (слева) и генеральный директор ОАО «Завод ячеистых бетонов» В.Б. Песков

Слева направо: продукт-менеджер ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр Можайск» О.В. Малявин, директор завода «Сибит» Г.В. Лашин, генеральный директор ОАО «Главновосибирскстрой» И.А. Святобогов, коммерческий директор ООО «Аэрок Санкт-Петербург» С.И. Полонский

Генеральный директор ОАО «Лискинский газосиликат» И.Б. Грובовенко (справа) и директор ОАО «Завод ячеистых бетонов» А.П. Кондюков

Не секрет, что в настоящее время нет объективной отраслевой аналитической информации. Число и территориальное размещение производителей, даже крупных, работающих на современном импортном оборудовании, известно приблизительно, так как далеко не все инвесторы стремятся афишировать работу по созданию предприятий. Судить об ассортименте, объеме и качестве выпускаемой продукции можно по приблизительным рыночным оценкам. Внедрение научно-технических достижений, в том числе разработок отечественных ученых, часто на разных предприятиях идет без учета опыта коллег. С целью оптимизации бизнеса, повышения культуры и цивилизованности конкуренции ассоциация должна и будет иметь максимально полную информацию о работе отрасли.

На основе объективной аналитической отраслевой информации в ассоциации будет планироваться внутренняя и внешняя информационная работа. Во внешней информационной работе главными задачами ставятся объективное и технически грамотное представление автоклавного газобетона и возможностей его применения в современном строительстве; создание положительного образа как материала, так и предприятий – членов ассоциации; предоставление заинтересованным инвесторам, государственным и общественным организациям объективной актуальной информации. Задачами внутренней информационной работы будут обмен научно-технической и коммерческой информацией, обсуждение результатов внедрения технических новинок и др.

Важнейшей проблемой отрасли многие руководители и специалисты предприятий считают подготовку кадров. Выпускники вузов часто не имеют достаточных теоретических знаний, практически не владеют вопросами теории машин и механизмов, существенно переоценивают свои возможности. Разработка концепции повышения квалификации сотрудников отрасли, а также сотрудничества с вузами – стратегические задачи ассоциации.

В ходе учредительного собрания ассоциации было принято уникальное для отечественных отраслевых объединений решение – создать в рамках ассоциации научно-консультационный совет. Его функциями будут проведение научно-исследовательских работ по плану, составленному на основании заявок членов ассоциации; экспертная оценка технических новинок, предлагаемых к внедрению; систематизация научно-технической информации и доведение ее до предприятий отрасли и др.

После проведения переговоров и консультаций учредителями НАОГ стали шесть предприятий, ее президентом избран директор ООО «Рефтинское объединение «Теплит» В.Н. Левченко, исполнительным директором назначен Г.И. Гринфельд, председателем научно-консультационного совета – Я.М. Паплавский. Журнал «Строительные материалы»<sup>®</sup> стал информационным партнером ассоциации.

Участники собрания посетили предприятия ООО «Рефтинское объединение «Теплит». В г. Березовский Свердловской области они познакомились с работой автоматизированной линии германской фирмы «Верхан» мощностью 240 тыс. м<sup>3</sup> в год, запущенной в 2004 году. В п. Рефтинский Свердловской области с 1989 г. работает отечественная линия по производству газобетонных блоков мощностью 120 тыс. м<sup>3</sup> в год. В настоящее время на этой производственной площадке завершается монтаж новой технологической линии «Верхан». Старая линия будет демонтирована, а на ее место установят современный завод по производству специальных сухих строительных смесей. На нем предполагается выпускать клеевые и штукатурные составы для газобетона.

Посещение предприятий Рефтинского объединения «Теплит» практически стало первым ассоциативным мероприятием по обмену опытом. Специалисты осмотрели все технологические переделы, получили исчерпывающую информацию по работе оборудования и технологии. Особенно интересовали коллег вопросы использования в производстве сухой золы-уноса Рефтинской ГРЭС, которая применяется как кремнеземистый наполнитель с определенной активностью, а также новых паст-газообразователей отечественного производства.

После проведения процедуры юридической регистрации учредительных документов ассоциации ее участники соберутся для обсуждения бюджета, рабочего плана на 2008 г.

*Е.И. Юмашева*

## Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона (НАОГ)

193091, Санкт-Петербург, Октябрьская набережная, д. 40  
Телефон/факс (812) 587-74-78.

Исполнительный директор НАОГ *Гринфельд Глеб Иосифович*



Посещение предприятий Рефтинского объединения «Теплит» практически стало первым ассоциативным мероприятием по обмену опытом



Специалисты осмотрели все технологические переделы, получили исчерпывающую информацию по технологии и работе оборудования



Директор ООО «Рефтинское объединение «Теплит» В.Н. Левченко (второй слева) показывает новую линию «Верхан»



С целью увеличения мощности автоклавного цеха на производстве в п. Рефтинский устанавливается новый автоклав ОАО «Уралхиммаш»

Н.Н. ФЕДОСОВ, директор ООО «Сморгоньсиликатобетон»  
(г. Сморгонь, Республика Беларусь)

## **ОАО «Сморгоньсиликатобетон»: европейское качество, доступное каждому**

Продукция ОАО «Сморгоньсиликатобетон» не редкость для Беларуси. В общем объеме выпуска предприятиями стройиндустрии стеновых материалов изделиям из ячеистого бетона принадлежит уже свыше 30%. И эта доля имеет явную тенденцию к увеличению. Речь, однако, сегодня о другом. Когда говорят, что продукция продукции рознь, главное, что имеют в виду, качество. Так вот, ячеисто-бетонные изделия старого поколения по всем статьям проигрывают сегодняшней продукции ОАО «Сморгоньсиликатобетон».

ОАО «Сморгоньсиликатобетон» выпускает изделия из ячеистого бетона марок Д400, Д450, Д500, Д600. Класс по прочности на сжатие от 1,5 до 3,5. Теплопроводность 0,11–0,14 Вт/(м·°С). Основные размеры блоков 249хhх625 мм. Ширина (h) может меняться от 100 до 500 мм с шагом 5 мм. Изделия предназначены для кладки на клею. По прочности при сжатии, теплопроводности, усадке при высыхании, звукоизоляции, предельным отклонениям размеров по длине, ширине и толщине, трудоемкости кладки, экологичности они превосходят лучшие зарубежные аналоги.

Сморгонский завод в свое время был одним из первопроходцев создания ячеисто-бетонного производства в Беларуси. И опыт в этом деле здесь накоплен немалый. Однако к 2001 г. из-за предельной изношенности оборудования и неконкурентоспособности выпускаемой продукции он оказался в тяжелейшем экономическом положении. Государство не могло допустить падения градообразующего предприятия, и было открыто финансирование инвестиционного проекта по приобретению и установке немецкой технологической линии. Реконструкция осуществлена в рекордно короткие сроки, и 25 апреля 2005 г. начато серийное производство новой продукции. Фактически создан новый завод, способный производить блоки из ячеистого бетона современно-го европейского уровня.

В ОАО «Сморгоньсиликатобетон» реализована не имеющая аналогов в мировой практике технологи-

ческая схема производства, объединившая лучшие отечественные достижения в области формования ячеисто-бетонной смеси на основе ударной технологии и зарубежных технологий разрезки массива-сырца с предварительным кантованием его на 90°. Ударная технология, которая внедрена еще не на всех предприятиях РБ по сравнению с литьевой и вибрационной, имеет очевидные преимущества, оказывая решающее влияние на качество продукции.

Изготовленные по ударной технологии на немецком оборудовании изделия при одинаковой плотности с теми, что выпускаются литьевым способом, принятым в Германии, имеют прочность при сжатии на 6–10% выше за счет уменьшения на 30% содержания воды при приготовлении ячеисто-бетонной смеси. Поскольку водотвердое отношение смеси снижается до величин 0,4–0,48, морозостойкость изделий повышается. Если содержание воды в порах бетона повышено, при замерзании она превращается в лед, увеличиваясь в объеме на 9,1%, давит на стенки пор и разрушает бетон.

Несомненным достоинством является то, что послеавтоклавная влажность сморгонского ячеистого бетона 21–25%, в то время как даже на заводах Германии она не опускается ниже 35%. Секрет опять же заключается в соединении ударной технологии с немецкой автоматизированной системой дозирования сырьевых компонентов. В результате вес 1 м<sup>3</sup> изделий (Д500) при влажности 21–25% не превышает 625 кг, что дает значительную экономию при транспортировке.

И конечно же от уровня влажности ячеисто-бетонных блоков зависят их теплоизоляционные свойства. Чем ниже коэффициент теплопроводности, тем лучше материалы держат тепло, тем меньше затрат на отопление построенных помещений, тем благоприятнее в них микроклимат. Низкая влажность ячеисто-бетонных изделий – это еще и сухая поверхность стен, что имеет ключевое значение для их отделки.

Итак, новая технологическая линия (рис. 1) позволяет выпускать изделия с высокими физико-техничес-



Рис. 1. Технологическая линия по производству автоклавного газобетона на ОАО «Сморгоньсиликатобетон»



Рис. 2. Резательный комплекс





Рис. 3. Упаковочная машина

кими характеристиками, в том числе с возможностью выполнения на торцевых поверхностях блоков системы паз—гребень. Номенклатура типоразмеров ячеистых блоков возросла в десятки раз, что способно удовлетворить любые запросы потребителя.

Вместе с тем едва ли не самое главное, что определяет высокое качество ячеисто-бетонных изделий, — геометрическая точность размеров. Оборудование позволяет достигать этого с истинно немецкой скрупулезностью. Бесшумно повернув массив на продольный борт, резательный комплекс (рис. 2) филигранно разрезает его короткой струной на блоки заданной величины. Изделия имеют отклонения по высоте  $\pm 1$  мм, по ширине и длине  $\pm 2$  мм. Благодаря этому строители получили возможность вести кладку блоков на клею, что, в свою очередь, не только уменьшает расход штукатурного раствора при кладочных и отделочных работах, но, главное, снижает потери тепла через межшовное

пространство, исключая мостики холода, образуемые при традиционной кладке на цементный раствор.

В интересах потребителя решена проблема упаковки изделий в соответствии с современными требованиями. Так, готовые изделия пакетируются на поддоны П2-V с вертикальной обвязкой по 1,88; 2 м<sup>3</sup>. Упаковка производится машиной фирмы SIGNODE (рис. 3).

Следует подчеркнуть еще одно имеющее важное значение обстоятельство. При всех равных параметрах используемых сырьевых материалов для производства изделий из ячеистого бетона в Беларуси только ОАО «Сморгоньсиликатобетон» применяет песок (собственного производства), добываемый гидронамывом. Благодаря этому содержание в нем SiO<sub>2</sub> до 90%, а илстых и глинистых не более 5%, и предприятие имеет стабильно высокие показатели по прочности и морозостойкости изделий. Это подтверждено заключениями Белорусского независимого испытательного центра НИИСМ.

В ОАО «Сморгоньсиликатобетон» внедрена система менеджмента качества в соответствии с требованиями стандарта EN ISO 9001:2000 и его национального аналога СТБ ИСО 9001—2001.

Изделия из ячеистого бетона, выпускаемые ОАО «Сморгоньсиликатобетон», имеют сертификаты соответствия не только Республики Беларусь, но и Российской Федерации, Украины. ОАО «Сморгоньсиликатобетон» имеет право маркировать свою продукцию SE-маркировкой в соответствии с требованиями Директивы строительных изделий 89/106/ЕЭС европейских гармонизированных стандартов на продукцию. В 2007 г. предприятие стало лауреатом конкурсов в области качества «Лучшие товары Республики Беларусь», «Лучший строительный продукт года», «Премии Правительства Республики Беларусь за достижения в области качества», «Премии Гродненского облисполкома за достижения в области качества».

**ОАО «Сморгоньсиликатобетон»**

производит и реализует:

- блоки из ячеистого бетона;
- кирпич силикатный;
- камень бортовой;
- плитку тротуарную;
- элементы ограждений;
- смеси сухие строительные.

РБ, г. Сморгонь, пр-т Индустриальный 17-101  
 Контактные телефоны:  
 (+375 1592) 92-2-72, 33-7-74, 55-2-05  
 e-mail: office@ssb.by, sales@ssb.by



Комплексные решения по вопросам упаковки в промышленности строительных материалов:

- изготовление автоматического упаковочного оборудования по техническому заданию заказчика;
- автоматические упаковочные машины для вертикальной и горизонтальной обвязки продукции на паллетах полиэстеровыми лентами производства фирм SIGNODE и STRAPEX;
- автоматические паллетообмотчики серии «OCTOPUS» для упаковки продукции в стретч-пленку, с функциями автоматического наложения верхнего покрывного листа и нанесения логотипа производителя;
- ручной пневматический и комбинированный инструмент для обвязки PET лентами;
- обеспечение расходными упаковочными материалами и запасными частями со склада г. Москва.

**ООО «АЕТ» — официальный дистрибьютор компании SIGNODE в России**

105082, Москва, ул. Большая Почтовая, д. 36, стр.1, 4-й этаж  
 Тел.: (495) 975-80-72, 975-80-73      Факс: (495) 975-80-71  
 E-mail: aetmsk@co.ru      www.aetgroup.ru

В.В. ВЛАСОВ, канд. техн. наук, Л.Г. БАРСУКОВА, канд. хим. наук,  
Г.Г. КРИВНЕВА, канд. хим. наук, Е.В. БАУТИНА, канд. техн. наук,  
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

## **Структурные изменения ячеистого силикатного бетона в ограждающих конструкциях после длительной эксплуатации**

За последние годы объем производства ячеистых бетонов в нашей стране и за рубежом неуклонно возрастает. При этом существующие и строящиеся жилой и производственный фонды требуют решения задачи по их сохранению и содержанию в состоянии, пригодном для эксплуатации по назначению в течение установленного срока службы с наименьшими экономическими затратами на обслуживание и ремонт. Поэтому важно изучить изменения состава, структуры и свойств ячеистого бетона, произошедшие после длительной эксплуатации в ограждающих конструкциях.

Решение поставленной задачи возможно на основе комплексной оценки параметров состояния структуры и свойств ячеистого бетона ограждающих конструкций.

В процессе эксплуатации материал находится под действием внутренних «самопроизвольных» процессов и внешних (механических, климатических и химических) воздействий эксплуатационной среды [1]. Все это приводит со временем к необратимым структурным изменениям цементирующих веществ и, как следствие, к изменению эксплуатационных свойств материала. Происходящие изменения могут носить как конструктивный, так и деструктивный характер.

Из факторов внешней среды, вызывающих изменение свойств силикатных автоклавных материалов, наиболее сильнодействующим считается химический фактор, в частности карбонизация, степень влияния которого на напряженно-деформированное состояние материала на порядок выше других. При воздействии углекислого газа возможно связывание свободного гидроксида кальция в карбонаты, образование гидрокарбосиликатов и гидрокарбонатов, гидролиз новообразований с образованием более низкоосновных гидросиликатов, дальнейший синтез новообразований за счет связывания аморфного кремнезема с гидроксидом кальция, образование гидросиликатов с повышенным содержанием гидратно-связанной воды.

Проникая в бетон, углекислый газ адсорбируется на стенках капилляров, покрытых пленкой воды, где растворяется с образованием угольной кислоты, которая диссоциирует с образованием карбонат- и бикарбонат-ионов. В ре-

зультате жидкая фаза насыщается ионами угольной кислоты. Растворимость последней определяется величиной рН бетона [2], которая, в свою очередь, главным образом зависит от содержания гидроксида кальция и высокоосновных форм гидросиликатов. При этом образовавшиеся высокоосновные гидросиликаты являются нестабильными. Начинается их гидролиз с образованием низкоосновных гидросиликатов и гидроксида кальция; происходящая при этом глубокая химико-минералогическая перестройка цементирующих веществ материала может вызывать как повышение, так и снижение показателей эксплуатационных свойств.

В Воронеже накоплен многолетний опыт освоения производства и применения газосиликата. Сегодня можно говорить о более чем 40-летней практике эксплуатации жилого фонда общей площадью около 6 млн м<sup>2</sup>, построенного с применением газосиликата.

Для оценки влияния исходного состояния структуры, влажностных условий эксплуатации и вида отделки на изменение состава и структуры газосиликата после длительной эксплуатации в условиях естественной карбонизации были выбраны объекты с одинаковым сроком эксплуатации, характеристика которых представлена в табл. 1.

Выполненными исследованиями по изучению изменения состава и структуры газосиликата в ограждающих конструкциях с различным исходным состоянием структуры цементирующего вещества, оцениваемого по коэффициенту завершенности процесса структурообразования ( $K_{з.с.}$ ), (объекты I, II) выявлено, что характер изменений в исследуемых объектах в целом одинаков, но величина изменений различна (табл. 2).

В газосиликате объекта I ( $K_{з.с.} = 0,76$ ; 43 года эксплуатации) степень карбонизации увеличилась в 2,9 раза, что свидетельствует о карбонизации гидросиликатов, так как если исходить из того, что в начальный период эксплуатации в реакцию с  $CO_2$  воздуха вступает свободный гидроксид кальция, находящийся в структуре газосиликата, то согласно данным химического анализа степень карбонизации должна была бы увеличиться всего на 0,1%. Наряду с образованием карбонатов в

**Таблица 1**

Индекс объекта	Срок эксплуатации, годы	$K_{з.с.}^*$	Вид отделки	Относительная влажность воздуха ф, %, в период эксплуатации		Прочность при сжатии (средняя), МПа		Влажность наружных слоев, %	
				в летний период	в зимний период	начальная	в срок определения	начальная	в срок определения
I	43	0,76	Окраска цементными составами	55–60	65–75	5,2	4,9	20	3,4
II	44	0,6	То же	55–60	65–75	4,9	4,6	22	3,2
III	42	0,76	То же	65–70	75–80	5,2	4,3	21	5,5
IV	40	0,76	Отделка дробленным гранитным щебнем	55–60	65–75	5,2	7,8	20	3

\*  $K_{з.с.}$  – степень завершенности структурообразования силикатных автоклавных материалов, которая может быть определена отношением параметров состояния структуры, фиксируемых при принятых i-x технологических условиях, к предельному состоянию, принципиально достижимому при данной технологии [1].

Таблица 2

Структурные характеристики	Объект исследования							
	I		II		III		IV	
	A	Б	A	Б	A	Б	A	Б
Степень карбонизации $C_k$ , г/г	0,19	0,55	0,18	0,78	0,19	0,68	0,19	0,52
Степень связности оксида кальция $C_{CaO}$ , г/г	0,81	0,45	0,82	0,22	0,81	0,31	0,81	0,41
Степень связности диоксида кремния $C_{SiO_2}$ , г/г	0,38	0,17	0,38	0,16	0,38	0,12	0,38	0,27
Содержание цементирующих веществ по массе $C_n$ , доли	0,49	0,26	0,48	0,19	0,49	0,18	0,49	0,29
Содержание гидратно-связанной воды, %	5,6	6,9	5,4	6,7	5,6	5,8	5,6	6,1
pH	10,4	9,8	10,3	8	10,4	8	10,4	8,5

**Примечание.** А – характеристики материала на начало эксплуатации; Б – характеристики материала по окончании обследования.

структуре газосиликата образуются и гидрокарбосиликаты кальция типа  $mCaO \cdot nSiO_2 \cdot kCaCO_3 \cdot pH_2O$ , о чем свидетельствует различная степень изменения  $CaO_{связ}$  и  $CaO_{карб}$  (соответствующие дифракционные максимумы на рентгенограммах). О карбонизации имеющихся новообразований свидетельствует также снижение в 2,2 раза содержания связанного диоксида кремния, который, вероятно, выделялся из структуры новообразований в виде геля кремнекислоты. Величина изменения степени связности оксида кальция  $C_{CaO}$  (снизилась в 1,8 раза) и степени связности диоксида кремния  $C_{SiO_2}$  (снизилась в 2,2 раза) позволяет сделать вывод, что образовавшиеся при автоклавной обработке гидросиликаты в процессе эксплуатации под действием атмосферного  $CO_2$  переходят в гидросиликаты меньшей основности и в комплексные соединения – гидрокарбосиликаты. Это подтверждается также снижением величины pH, которая уменьшилась с 10,4 до 9,8. В процессе структурных изменений гидросиликатов происходит не только снижение их основности, но и образование гидросиликатов с повышенным содержанием химически связанной воды – тоберморита  $5CaO \cdot 6SiO_2 \cdot 9H_2O$ , тоберморитового геля и окенита  $3CaO \cdot 6SiO_2 \cdot 6H_2O$ , о чем свидетельствует увеличение количества гидратной воды в газосиликате в среднем в 1,2 раза по сравнению с первоначальным ее содержанием.

В газосиликате объекта II ( $K_{з.с.} = 0,6$ ) процессы структурных изменений протекают более интенсивно, чем в газосиликате объекта I. Так, степень карбонизации газосиликата за 44 года эксплуатации увеличилась в 4,3 раза (в объекте I – в 2,9 раза), степень связности оксида кальция в гидросиликате снизилась в 3,7 раза (в объекте I – в 1,8 раза), а степень связности диоксида кремния уменьшилась в 2,5 раза (в объекте I – в 2,2 раза). Также произошло существенное снижение величины pH до 8 (в объекте I величина pH составляет 9,8). Состав новообразований этого объекта, как показал дифференциально-термический и рентгенофазовый анализ, представлен в основном карбонатами в форме кальцита и незначительным содержанием тоберморитоподобных гидросиликатов типа  $CSH(I)$  и гиролита  $2CaO \cdot 3SiO_2 \cdot 2H_2O$ .

Произошедшие структурные изменения, в свою очередь, вызвали изменение прочностных показателей: в газосиликате с  $K_{з.с.} = 0,6$  прочность при сжатии снизилась на 15%, а в газосиликате с  $K_{з.с.} = 0,76$  осталась неизменной.

Наибольшее влияние на скорость карбонизации бетонов оказывает их влажность, так как разложение гидросиликатов кальция и рост кристаллов карбонатов кальция происходят только через раствор, поэтому материал в высушенном состоянии практически не подвержен карбонизации [3]. В газосиликате объекта III после длительной эксплуатации в условиях повышенной влажности произошли более существенные изменения состава и структуры по сравнению с объектом I. Степень карбонизации за 42 года эксплуатации увеличилась в 3,6 раза (в объекте I – в 2,9 раза), степень

связности оксида кальция снизилась в 2,6 раза (в объекте I – в 1,8 раза), а степень связности диоксида кремния уменьшилась в 3 раза (в объекте I – в 2,2 раза), произошло снижение величины pH с 10,4 до 8 (в объекте I pH снизилась с 10,4 до 9,8). В газосиликате наблюдается повышение содержания карбонатов и низкоосновных тоберморитоподобных гидросиликатов с  $C/S < 0,8$ . Значительная скорость структурных изменений обусловила появление повреждений, что отразилось на его эксплуатационных свойствах. В газосиликате, эксплуатируемом в условиях повышенной влажности, отмечено заметное (в 1,2 раза) снижение прочности при сжатии, чем в аналогичном газосиликате, эксплуатируемом в нормальных условиях.

Исследованиями по изучению изменения состава и структуры газосиликата в зависимости от вида отделки наружной поверхности ограждающих конструкций зданий (объекты I и IV) установлено, что в газосиликате панелей с отделкой гранитным щебнем величина структурных изменений меньше, чем в газосиликате окрашенных панелей. Так, в газосиликате объекта IV через 40 лет эксплуатации ( $K_{з.с.} = 0,76$ ) степень карбонизации увеличилась в 2,7 раза (в газосиликате объекта I – в 2,9 раза), степень связности диоксида кремния уменьшилась в 1,5 раза (в объекте I – в 2,2 раза), степень связности оксида кальция в обоих объектах снизилась в 1,8 раза. В структуре газосиликата объекта IV преобладают гидросиликаты тоберморитовой группы и более низкоосновные гидросиликаты – окенит, гиролит, что подтверждается результатами рентгенофазового и дифференциально-термического анализов. Разнообразный минералогический состав новообразований обеспечивает способность газосиликата еще длительное время противостоять негативному воздействию углекислоты.

Проведенные исследования заложили основы для разработки надежных методов оценки полного и остаточного ресурса конструкций из ячеистого силикатного бетона, начиная с их создания до любого момента эксплуатации.

**Список литературы**

1. Чернышов Е.М., Адоньева Л.И., Старновская Н.И. Структурные факторы «старения» силикатных автоклавных материалов // Долговечность конструкций из автоклавных бетонов: Тез. докл. V Республ. конф. Таллин, 1984. С. 176–179.
2. Будников П.П., Ивахно Н.В. Воздухостойкость вяжущих материалов на основе извести и минеральных добавок // Строит. материалы. 1961. № 5. С. 10–12.
3. Гумуляускас А.Д., Павлюк Г.Е. Исследование структурообразования и свойств цементирующего вещества автоклавного бетона // Долговечность конструкций из автоклавных бетонов: Тез. докл. II Республ. конф. Таллин, 1975. С. 27–29.
4. Чернышов Е.М., Власов В.В., Баутина Е.В. Прогнозирование полного и остаточного ресурсов ограждающих конструкций из ячеистого бетона. Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2007. 194 с.

С.Б. ПРОХОРОВ, директор, М.А. КОРОТКИЙ, коммерческий директор,  
ООО «НСК-ТЕК» (Екатеринбург)

## **Опыт и особенности применения алюминиевых паст марок «Газобетолайт», «Газобетолукс» и «Газобетопласт»**

Как правило, в качестве газообразователя в производстве автоклавного газобетона используют алюминиевые пудры ПАП-1 или ПАП-2, основная область применения которых лакокрасочная промышленность. Производители порошковой металлургии проводят контроль таких показателей, как кроющая способность, состав и количество примесей, количество жиров, что является определяющим для лакокрасочных заводов; но не проводят контроль и анализ наиболее важных показателей для производителей ячеистого бетона – кинетики газовыделения, содержания активного алюминия. Использование алюминиевых пудр в качестве газообразователя имеет ряд существенных недостатков: гидрофобность, высокая степень пыления, а следовательно, взрывоопасность, неудовлетворительные санитарно-гигиенические условия труда.

Многолетняя практика показала низкую эффективность подбора газообразователя на основании существующих паспортных данных, их явно недостаточно. Отечественные производители ячеистого бетона стали формировать требования к новому виду сырья – специализированному газообразователю. Все перечисленное послужило для нашего предприятия отправной точкой в изучении и разработке алюминиевых паст для производства газобетона.

Исторически сложилось так, что в течение последних десяти лет ООО «НСК-ТЕК» из поставщика алюминиевых пудр и порошков в статусе регионального представителя ООО «СУАЛ – Порошковая Металлургия – Краснотурьинск» (ООО «СУАЛ-ПМ-Краснотурьинск»), сделав качественно новый шаг, стало не только поставщиком, но и основным разработчиком алюминиевых паст в России.

ООО «НСК-ТЕК» является центром взаимодействия разработчиков, производителей и потребителей алюминиевых газообразователей. Координация действий велась по всем направлениям: сбор первичной информации, ее обработка, привязка к производственно-

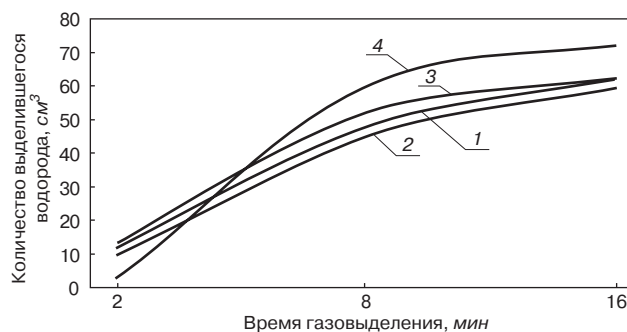
му процессу изготовления с внесением изменений в существующие нормативные документы и, безусловно, оперативная обратная связь. В июле 2005 г., была принята программа по внедрению нового семейства газообразователей – алюминиевых гидрофильных паст марок «Газобетолайт», «Газобетолукс» и «Газобетопласт». Основными участниками этого проекта являются ООО «НСК-ТЕК» – разработка, финансирование и координация проекта; Уральское отделение РАН – научное обеспечение проекта; ООО «Рефтинское объединение «Теплит» – лабораторные и промышленные испытания; ООО «СУАЛ-ПМ-Краснотурьинск» – производитель опытных и промышленных партий алюминиевых паст.

Начиная с декабря 2005 г. было подготовлено и проведено восемь полномасштабных экспериментов: синтезирование многокомпонентных органических добавок (МОД); производство на их основе алюминиевых паст; изготовление лабораторных образцов; выпуск ячеистобетонных блоков в условиях серийного производства; составление итоговых отчетов всеми участниками программы. Планирование каждого последующего эксперимента проводилось на базе тщательного анализа предыдущих результатов, включающих следующие показатели: активность МОД; относительная скорость гомогенизации суспензии; активность и расход алюминиевой суспензии; вязкость и расплыв газобетонной смеси; время и интенсивность газовыделения; высота и относительная скорость подъема опытных образцов; температурный режим (начальная и конечная температура); наличие и интенсивность выхлопов, величина просадки опытных образцов; внешний вид образцов; соответствие опытных образцов требуемым физико-механическим свойствам.

Это позволило определить оптимальную рецептуру газообразователей, которая дает возможность, плавно меняя компонентный состав, производить алюминиевые пасты с учетом особенностей технологии конкретного производителя ячеистого бетона, химико-минералогичес-

**Таблица 1**

	Количество выделившегося водорода, см <sup>3</sup> , за время, мин		
	2	8	16
«Газобетопласт» (пониженная активность 78,6%)	0	18	46
«Газобетопласт» (активность 81,8%)	2	36	58
«Газобетолайт» (1% активной добавки, активность 91%)	12	48	62
«Газобетолайт» (5% активной добавки, активность 89,1%)	17,4	62,4	69,7
«Газобетолукс» (8% активной добавки, активность 87,9%)	21,8	60,9	66,1



**Рис. 1.** Кинетика газовыделения алюминиевых пудр и алюминиевых паст: 1 – «Газобетолайт» (1% активной добавки, активность 91%); 2 – алюминиевая пудра ПАП-1; 3 – алюминиевая пудра ПАП-2; 4 – алюминиевая паста CR0006 (Индия)

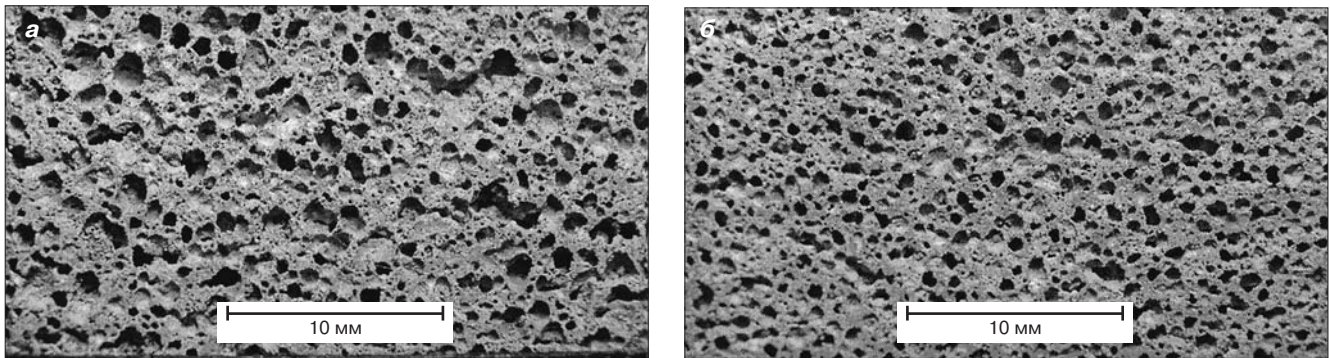


Рис. 2. Макроструктура лабораторных образцов газобетона: а – на основе алюминиевой пудры ПАП-1, обработанной стиральным порошком; б – на основе алюминиевой пасты «Газобетолит» с 1,5% содержанием активной добавки

кого состава используемого сырья и в ряде случаев улучшить физико-механические свойства готовой продукции.

Безусловно, требуется учитывать качество и способ производства исходных пудр, геометрию частиц алюминиевого порошка, а также состав и способ внесения в пудру пастообразующей добавки. В результате по итогам выполненных работ в ноябре 2006 г. ООО «НСК-ТЕК» и ООО «СУАЛ-ПМ-Красноурьинск» выпустили и утвердили ТУ 1791–001–75754739–2006 на специализированные алюминиевые пасты марок «Газобетолит», «Газобетолюкс», «Газобетопласт» для производства газобетона. Центром гигиены и эпидемиологии проведены токсиколого-гигиенические и радиологические исследования на соответствие алюминиевых паст требуемым нормам, выданы санитарно-эпидемиологические заключения.

Необходимо отметить, что в ходе реализации программы были протестированы как отечественные, так и импортные пасты. При оценке свойств учитывались основные требования к алюминиевым газообразователям: гранулометрический состав; кинетика газовыделения; гидрофильность и скорость гомогенизации суспензии; степень пыления; стабильность свойств газообразователя и приготовленной суспензии во времени; срок хранения.

Получены следующие результаты: при схожести показателей перечисленных выше основных требований и параметров отечественные пасты в большинстве своем отличает нестабильность, а импортные аналоги, по данным производителей, имеют ограниченный срок хранения как в виде исходной пасты (3–6 мес), так и в составе суспензии (до 24 ч). Этих недостатков у алюминиевых гидрофильных паст марок «Газобетолит», «Газобетолюкс», «Газобетопласт» не наблюдается и их сроки хранения соответственно в виде исходной пасты 1 год, в составе суспензии 48–72 ч.

В табл. 1 показана кинетика газовыделения алюминиевых паст, разработанных ООО «НЕК-ТЕК», а на рис. 1 приведена кинетика газовыделения алюминиевых пудр и отечественной и зарубежной алюминиевых паст.

Руководством и отделом главного технолога ООО «Рефтинское объединение «Теплит» перед ООО «НСК-ТЕК» была поставлена задача предоставить партию алюминиевой пасты с кинетикой газовыделения, идентичной пудре ПАП-1 (производства ООО «СУАЛ-ПМ-Красноурьинск»), обеспечивающей в условиях технологии ударного формования массива сохранение высокого качества конечной продукции. Это позволило не менять технологический процесс, оставить без корректировки утвержденные технологами рецепты газобетонной смеси и использовать такие преимущества паст, как гидрофильность, снижение пыления, улучшение санитарно-гигиенических условий труда, устранение взрывоопасного очага в помещении для приготовления суспензии. На основе представленных нами образцов алюминиевых паст специалисты ООО «Рефтинское объединение «Теплит» провели лабораторные испытания согласно утвержденным в производстве рецептам газобетонной смеси и в условиях, максимально приближенных к производственному процессу с имитацией ударных воздействий. В ходе лабораторных испытаний фиксировались основные физико-механические свойства газобетонной смеси и лабораторных образцов, прошедших автоклавную обработку. Макроструктура лабораторных образцов представлена на рис. 2, промышленных – на рис. 3. Физико-технические свойства приведены в табл. 2.

В ходе лабораторных испытаний было установлено, что при содержании МОД от 1 до 1,5% достигается равномерная мелкопористая структура. При увеличении процентного содержания МОД (более 1,5%) процесс газобетонирования плавно ускоряется, увеличивая скорость подъема смеси.

В результате к промышленным испытаниям была представлена партия алюминиевой пасты «Газобетолит» с 1% содержанием активной добавки.

Промышленные испытания показали соответствие выпущенной продукции государственным стандартам, также было отмечено сокращение времени пригото-

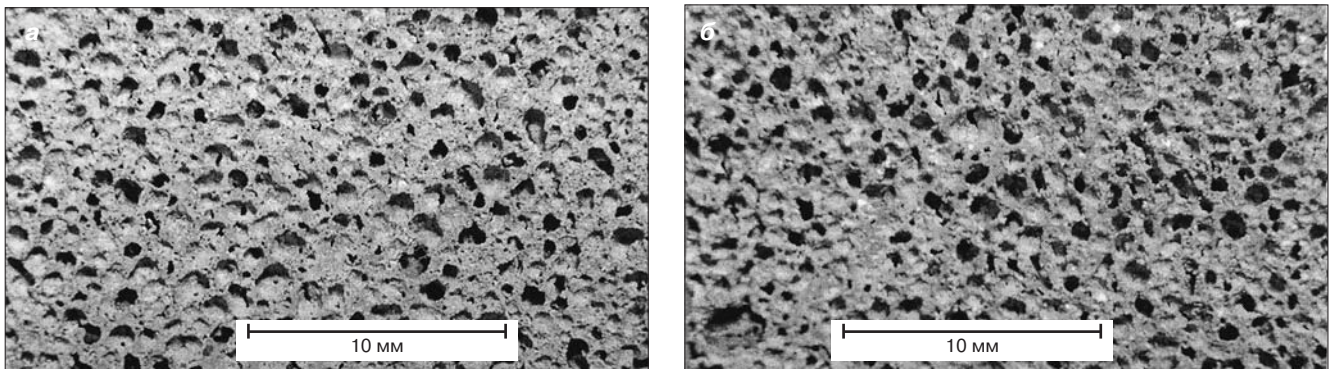


Рис. 3. Макроструктура промышленных образцов газобетона: а – на основе алюминиевой пудры ПАП-1, обработанной стиральным порошком; б – на основе алюминиевой пасты «Газобетолит» с 1% содержанием активной добавки

**Таблица 2**

Показатели	Лабораторные образцы на основе		Промышленные образцы на основе	
	ПАП-1	«Газобетолойт»	ПАП-1	«Газобетолойт»
Время приготовления суспензии, мин	40	20	40	20
Начальная температура смеси, °С	44–45	44–45	43–44	43–44
Расплав смеси по Суттарду, см	12,5	12,5	13–15	13–15
Время набора $H_{max}$ , мин	12	9	9–12	9–11
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	450,5	470,9	441,7	446,6
Прочность при сжатии, МПа	3,52	4,62	4,82	4,93
Размер пор, мм	0,04–3	0,016–1,1	0,04–1,5	0,016–1,2
Количество пор на 1 см <sup>2</sup>	72	89	70	80
Просадка в период набора пластической прочности, см	–	–	1,5–3	1–2

ния суспензии и уменьшение просадки в период набора пластической прочности.

По результатам двухлетней работы разработана и представлена полная номенклатурная линейка алюминиевых паст для производства газобетона. С 2007 г. в промышленное производство поступили алюминиевые пасты, хорошо зарекомендовавшие себя как для литьевой, так и для ударной технологии. Одними из первых потребителей стали крупные и активно развивающиеся заводы Центрального региона. ООО «Воскресенский газосиликатный комбинат» с момента запуска (август 2006 г.) был ориентирован специалистами нашего предприятия на применение алюминиевых паст. Вся продукция этого предприятия выпускается с использованием алюминиевой пасты и удовлетворяет государ-

ственным стандартам. Также в качестве примера можно привести ОАО «Лискигазосиликат», использующее оборудование и технологию фирмы Wehrhahn. С начала пуска (апрель 2007 г.) в качестве газообразователя применяются алюминиевые пасты.

С июля 2007 г. до промышленного производства доведена алюминиевая паста марки «Газобетолойт», специально разработанная для ООО «Рефтинское объединение «Теплит».

Практика показала, что тесный союз участников программы, нацеленность на общий результат стали прочной основой в формировании новых подходов в разработке, производстве и внедрении высокоэффективных газообразователей для производства ячеистого бетона автоклавного твердения.

Центр по разработке и внедрению  
 новых видов газообразователей

**Специализированные алюминиевые пасты  
 для производства ячеистого бетона  
 «Газобетолойт», «Газобетолукс», «Газобетопласт»**

Использование алюминиевых паст позволяет:

- значительно снизить или полностью исключить пыление,
- снизить риск возникновения взрыва и пожара,
- улучшить санитарно – гигиенические условия труда и экологию производства,
- учесть особенности технологического процесса,
- исключить операцию обработки растворами ПАВ,
- получить качественную однородную суспензию в холодной воде,
- обеспечить однородную структуру газобетона при формировании массива.

ООО «НСК-ТЕК», Россия, г. Екатеринбург, ул. Черепанова 23, оф. 112.  
 e-mail: nsk-tek@tkural.ru, тел./факс: (343) 373-98-58, 373-98-66, 373-98-68



Как по нотам ...



**Институт новых технологий и автоматизации промышленности строительных материалов**

Комплекты оборудования по выпуску пенобетона.

Органический пенообразователь для приготовления легких пенобетонов и оборудование для его производства.  
Поставка, отладка технологии.

Комплектные заводы по выпуску лицевого керамического кирпича «под ключ».

Серия промышленных установок «Каскад» для высокоэффективной первичной переработки глины.

Серия сертифицированных составов «Унисоль» для удаления высолов с кирпичной кладки.

Россия, 644113, Омск-113, ул. 1-я Путевая, 100

Тел./факс: (3812) 440-471, 440-472, 420-608

E-mail: info@inta.ru

www.inta.ru

реклама

19-21 марта 2008



открой перспективы

# ЯРОСЛАВСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ



четвертая  
специализированная  
выставка

WWW.YCFEXPO.YAROSLAVL.RU

Оргкомитет: (4852) 733-181, 951-980 • E-mail: ycf@yarinfo.com

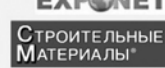
Организаторы



ИНФОКОМ  
www.yarinfo.com



Информационные спонсоры



I-STROY.RU

EXPONET

УДК 666.973.6

И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ, канд. техн. наук, генеральный директор,  
 Г.Я. ШАЕВИЧ, исполнительный директор,  
 Л.А. КАРАБУТ, канд. техн. наук, начальник технологического отдела,  
 В.М. БЕСКОРОВАЙНИЙ, инженер Института Новых Технологий и Автоматизации промышленности строительных материалов (ООО «ИНТА-СТРОЙ», Омск)

## Повышение эффективности производства пенобетонов неавтоклавного твердения

Эффективность любой технологии может быть оценена по двум основным параметрам – качеству строительного материала и его себестоимости, которая определяется в том числе и циклом производства. Одним из возможных способов сокращения сроков производства пенобетона неавтоклавного твердения является термовлажностная обработка (ТВО) изделий.

Наиболее приемлемым на наш взгляд является режим ТВО, обеспечивающий не только ритмичную работу предприятия, но и учитывающий особенности состава пенобетонной смеси и процессов гидратации вяжущего.

Особенностью процессов формирования структуры пенобетонов пониженной плотности является наличие внешнего слоя, который настолько ограничивает теплоотдачу от внутреннего пространства, что практически исключает влияние окружающей среды на изменения температуры в центре массива.

С целью определения критической толщины изолирующего слоя пенобетона на производственной базе института была проведена серия экспериментальных работ. Датчики регистратора температуры ИРТ-4 располагались в трехгнездовых формах № 1, № 2 размером 1800×900×600 мм на различной глубине (табл. 1, 2). В форме № 2 для максимальной и равномерной теплоотдачи с обеих сторон центральная секция не заполнялась пенобетонной смесью. Промышленные формы были заполнены пенобетонной смесью плотностью 520 кг/м<sup>3</sup>.

Форма № 1 была установлена в центре камеры ТВО на втором ярусе. Максимальная температура в камере ТВО составляла 35°C. Форма № 2 оставалась в цехе при температуре окружающей среды около 12°C. Время выдержки форм 16 часов.

Обобщенные результаты, представленные на рис. 1 и 2 (номера кривых на этих рисунках соответствуют номерам датчиков табл. 1 и 2), позволяют сделать следующие выводы:

- толщина внешнего слоя, ограничивающего теплоотдачу от внутреннего пространства, для пенобетона плотностью 520 кг/м<sup>3</sup> составляет около 150 мм;
- максимальная температура разогрева пенобетонной смеси в большей степени зависит от конструкции форм, чем от температуры окружающей среды;
- максимальный градиент температуры сохраняется между краем и центром формы независимо от глубины погружения термопар.

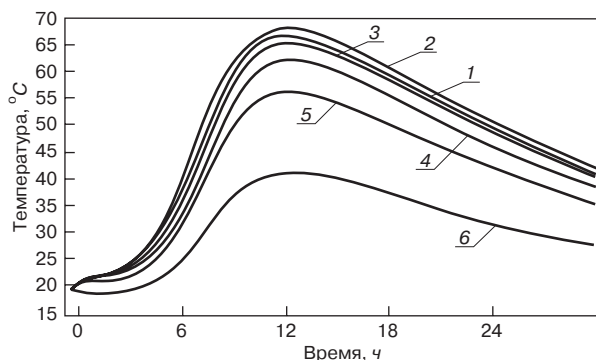
Дополнительная термообработка пенобетона в пропарочных камерах хотя и ускоряет темпы набора расплубочной прочности, но в дальнейшем не всегда способствует увеличению марочной прочности пенобетона.

Значительный градиент температуры резко ухудшает свойства пенобетона (повышает усадочные деформации, снижает трещиностойкость), особенно если воздействия перепада температуры приходится на период пластического состояния пенобетонной системы. Рост температуры смеси объективно зависит от количества вяжущего, его активности и состава.

Для снижения температуры гидратации цемента, как правило, часть вяжущего заменяют минеральным компонентом. С целью практического изучения влияния количества минерального наполнителя на рост температуры пенобетонных смесей на производственной базе института были изготовлены образцы пенобетона разной плотности с использованием портландцемента П500Д0 и золы электрофильтровой ( $S_{уд} = 6000 \text{ см}^2/\text{г}$ ).

**Таблица 1**

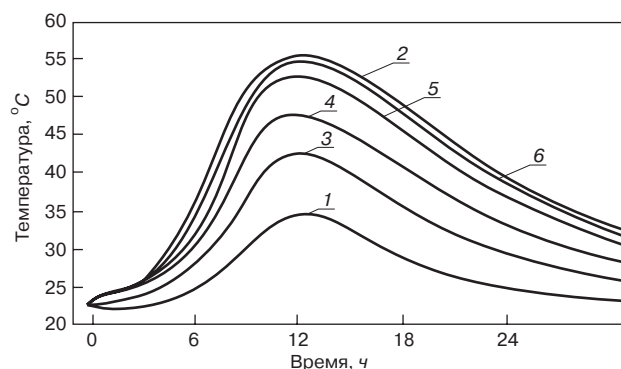
№ датчика	1	2	3	4	5	6
Глубина погружения, L, мм	300	250	200	150	100	50
Расстояние до боковой поверхности формы, мм	450					



**Рис. 1.** Динамика изменения температуры пенобетона D400 в форме № 1

**Таблица 2**

№ датчика	1	2	3	4	5	6
Глубина погружения, L, мм	300	300	150	150	150	150
Расстояние до боковой поверхности формы, мм	20	150	40	80	120	150



**Рис. 2.** Динамика изменения температуры пенобетонного массива в форме № 2



В качестве пластификатора использовалась комплексная добавка Реламикс-Т2 в количестве, обеспечивающем получение равноподвижных смесей. Образцы выдерживались в камере тепловой обработки. Состав и физико-механические характеристики образцов пенобетона приведены в табл. 3.

Для объективного анализа качества пенобетона разной плотности использовался показатель приведенной высоты  $H_{пр}$  [1], который характеризует самонесущую способность материала. Если сравнивать материалы на чистом цементе, то, как следует из табл. 3, наибольшей внутренней прочностью и оптимальной структурой обладает пенобетон пониженной плотности. На наш взгляд, увеличение количества цемента в системе не столько способствует упрочнению межпоровых перегородок, сколько снижает трещиностойкость и повышает усадочные деформации в материале, в том числе за счет растущего градиента температуры между центром и поверхностью изделия. Это, в свою очередь, снижает внутреннюю прочность системы в целом. Использование минерального компонента дает возможность выпуска пенобетона высокого качества ( $R_{сж}$ ,  $H_{пр}$  имеют максимальные значения).

Полученные в производственных условиях данные позволяют выявить общие закономерности:

- увеличение плотности пенобетона и объемной концентрации цемента способствует значительному разогреву смеси;
- существенное снижение температуры гидратации цемента наблюдается при замене более 20% вяжущего электрофильной золой;
- замена части вяжущего электрофильной золой способствует увеличению прочности пенобетона в марочном возрасте за счет бронирования межпоровых перегородок частицами с высокой удельной поверхностью;
- в каждом интервале плотности существует определенное количество минерального компонента, которое позволяет получить материал большой внутренней прочности и оптимальной структуры ( $H_{пр}$  максимальна).

Однако, используя вяжущее, в состав которого входит минеральный наполнитель, следует принять во внимание необходимость обязательного прогрева таких изделий для набора распалубочной прочности. В противном случае гидратация цемента существенно замедляется, что ведет к снижению оборота форм. Зависимость сроков схватывания цементного теста от состава вяжущего и температуры твердения представлена в табл. 4.

Применение минеральных наполнителей совместно с пластификаторами при оптимальной тепловой обработке пенобетонных смесей позволяет существенно ускорить набор распалубочной прочности, а следовательно, повысить производительность предприятия в целом. В табл. 5 приведены физико-механические характеристики образцов пенобетона марки по плотности D500, изготовленного на цементе ПЦ400Д20 с использованием 30% электрофильной золы ( $S_{уд} = 6000 \text{ см}^2/\text{г}$ ).

Рекомендованные составы пенобетонных смесей позволили снизить себестоимость готовой продукции за счет использования в качестве комплексного вяжущего смеси цемента марки ПЦ400Д20 и золы взамен однокомпонентного вяжущего – цемента марки ПЦ500Д0. Предложенные режимы ТВО способствовали уменьшению на 15°C температурного градиента в массиве пенобетона, что положительно сказалось на качестве выпускаемой продукции.

В заключение отметим, что при совершенствовании процесса производства пенобетона неавтоклавного твердения на стабильно работающем предприятии на первый план выходят вопросы не столько обеспечения

Таблица 3

Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Компоненты, %		T <sub>max</sub> образцов, °C	R <sub>сж</sub> , МПа в 28 сут. возрасте	H <sub>пр</sub> , км в 28 сут. возрасте
	ПЦ500Д0	Зола			
399	100	0	91	1,1	0,69
401	85	15	85	1,3	0,81
400	80	20	80	1,2	0,78
500	100	0	94	1,6	0,64
496	80	20	78	2	0,81
497	70	30	75	2,5	1,01
502	60	40	70	2,7	1,07
502	50	50	69	2,2	0,87
598	100	0	97	2	0,56
601	70	30	80	3	0,83
600	60	40	73	4,5	1,25
599	50	50	70	4,7	1,31
601	40	60	68	3,9	1,08

Таблица 4

Состав вяжущего			T <sub>тво</sub> , °C	Начало схватывания	Конец схватывания
Цемент, %	Зола, %	Пластификатор, %			
100	–	–	25	1 ч 56 мин	3 ч 40 мин
70	30	–	25	2 ч 05 мин	5 ч 05 мин
70	30	0,3	25	2 ч 04 мин	4 ч 14 мин
100	–	–	70	1 ч 19 мин	2 ч 10 мин
70	30	–	70	1 ч 50 мин	2 ч 40 мин
70	30	0,3	70	1 ч 30 мин	2 ч 10 мин

Таблица 5

Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Возраст образцов, сут	T <sub>тво</sub> , °C	W, %	R <sub>сж</sub> , МПа	H <sub>пр</sub> , км
470	1	90	35,5	1,35	0,61
470	2	90	31,5	2,08	0,94
481	2	60	39,9	0,51	0,22
454	2	30	43,5	0,33	0,16

качества выпускаемой продукции, сколько его стабильности вне зависимости от внешних факторов.

Таким образом, приведенные результаты исследований с учетом наработок наших коллег [2, 3] позволяют с известной долей уверенности утверждать, что повышение эффективности производства пенобетонов неавтоклавного твердения прямо зависит от учета особенностей используемого сырья, индивидуального подбора режимов тепловой обработки, жесткого соблюдения технологического регламента производства.

Список литературы

1. Шлегель И.Ф., Булгаков А.Н., Афанасьев Ю.Г. К вопросу оценки качества ячеистых бетонов // Строит. материалы. 2003. № 6. С. 13–15.
2. Шахова Л.Д., Черноситова Е.С. Ускорение твердения пенобетонов // Строит. материалы. 2005. № 5. С. 3–7.
3. Коломацкий А.С. Процессы твердения цемента в пенобетоне // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2003. № 4. С.138–145.

## **Прочность неавтоклавного пенобетона и возможные пути ее повышения**

Неавтоклавный пенобетон как строительный материал для ограждающих конструкций в последние 10–15 лет занял достаточно видное положение среди традиционных строительных материалов. В первую очередь этому способствовала потребность в дешевом строительном материале, который можно было бы производить на простом оборудовании и с минимальным набором доступных сырьевых компонентов, в том числе и в построечных условиях. Задача массового производства неавтоклавного пенобетона была успешно решена стараниями ряда фирм – производителей оборудования. В настоящее время в стране работает большое количество различного оборудования по производству пенобетона: миксерные смесители фирм «Фибробетон», «Новые строительные технологии» (Москва) и др.; планетарные смесители фирм «Оргтехстрой-1» (г. Обнинск, Калужская обл.), Тульского завода «Стройтехника» и др.; миксерное баросмесительное оборудование фирм «СтройМеханика» (Тула), «Декор-Строй» (г. Старая Русса, Новгородская обл.), «АДС Совби» (Санкт-Петербург), «Стромрус» (Москва), «Дорстэн проект» (Москва) и др.; баросмесительное оборудование цементного раствора и готовой пены фирм «ОПК» (Калуга), «ТехноСтрой» (Москва), «Кварк» (Ижевск) и многое другое, а также оборудование непрерывного производства пенобетона с раздельным приготовлением цементного раствора и пены с последующим их смешиванием фирм «Анкор-Челябинск» и «Приват-Деал» (Краснодар). Такое разнообразие эксплуатируемого оборудования для производства пенобетона, с одной стороны, способствует его совершенствованию и развитию технологии, а с другой – создает дополнительные трудности для производителей пенобетона, особенно малого и среднего бизнеса, в частности для ведения технологического контроля и анализа качества продукции.

В технологии производства неавтоклавного пенобетона накопилось много проблем, но главная – получение прочностных показателей, сравнимых с автоклавным ячеистым бетоном одинаковой плотности. При поиске путей повышения прочностных свойств пенобетона нельзя ориентироваться на технологии полукустарных производств. Существует и постоянно совершенствуется известная технология раздельного приготовления цементного раствора (теста) и пены заданного качества с последующим их смешиванием и подачей готовой пенобетонной смеси к месту заливки. Эту технологию, хотя она и содержит некоторые проблемные моменты, заключающиеся в том, что отдельные операции ее технологического процесса, особенно активация цементного теста, требуют совершенствования, а оборудование (активатор, накопитель и др.) – соответствующей доработки, можно рассматривать как технологию, способную решить обозначенные задачи. Эта технология конвейерная и позволяет механизировать наиболее трудоемкие операции; формирование массивных блоков и их распиловка дисками обеспечивает получение точных

размеров пенобетонных блоков и высокое качество их поверхности. Твердение пенобетона в массиве позволяет эффективно использовать экзотермию гидратирующегося цемента и снижать энергозатраты при его тепловой обработке.

Следует упомянуть хорошо известные технологические факторы для повышения прочности цементных материалов: снижение водотвердого отношения, в том числе за счет применения пластификаторов; применение дисперсно-волоконистых добавок; применение ускорителей твердения; применение тонкодисперсных минеральных модификаторов (микрокремнезема, зол, шлаков и др.); повышение активности вяжущего.

По всем этим вопросам в настоящее время имеется достаточное количество рекомендаций и технических решений. Использование в технологии неавтоклавного пенобетона различных пластифицирующих добавок, ускорителей твердения, тонкодисперсных модификаторов и дисперсно-армирующих волокон практикуется довольно широко [1–5]. Следует только добавить, что пластифицирующие добавки целесообразнее применять с эффективными стабилизаторами, например акриловыми загустителями (гидролизованном акрилонитрилом, полиакриламидом и др.). Не стоит забывать, что при использовании ускорителей придется иметь дело уже с комплексными добавками (пенообразователь + пластификатор + ускоритель + стабилизатор), а они могут химически взаимодействовать в приготовленных рабочих компонентах и в цементном тесте, когда оно находится еще в накопителе. Поэтому при выборе добавок необходимо заранее в лаборатории изучить их совместимость. Результаты таких испытаний представлены в табл. 1. Кроме того, выбирая ускоритель, необходимо проверять его влияние не только на скорость твердения цемента, но и на растекаемость цементного теста, так как одни ускорители загущают цементное тесто, а другие пластифицируют (табл. 2).

В случае необходимости применения тонкодисперсных добавок (зол, шлаков) для улучшения реологических характеристик пенобетонной смеси и предотвращения ее оседания в форме в состав смеси добавляют активаторы твердения этих добавок в количестве до 3%. Их выбирают в зависимости от основности зол и шлаков. Если золы и шлаки кислые, то добавляют продукты щелочного характера (соли щелочно-земельных металлов), а если основные, то добавляют кислые кремнеземистые продукты. Однако при использовании повышенного количества зол и шлаков, которые в своем составе всегда содержат  $\text{CaO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и  $\text{SO}_3$ , в процессе твердения материала при определенных условиях эксплуатации могут образовываться высокоосновные гидросульфаталюминаты кальция (эттрингит). Эти продукты, размещаясь в поровом пространстве твердеющего материала, увеличиваются в объеме и разрушают структуру материала.

Применение механоактивации в процессе подготовки составляющих пенобетонной смеси позволяет получать

Таблица 1

Наименование и расход компонентов						РН вспенивающего раствора	Объем, л / кратность пены при вспенивании раствора в миксере за 1 мин	Отделение воды, мл, из пены в сосуде объемом 300 мл за 15 мин / жизнеспособность пены, мин
Вспенивающий водный раствор 3% концентрации		Пластификатор		Ускоритель твердения				
Наименование ПАВ	Количество, мл	Наименование	Количество, мл	Наименование	Количество, г			
Пионер-152	500			–	–	6	4 / 8	25 / 23
				K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	30	12	2 / 4	
				Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	30	12	4,5 / 9	23 / 22
				CaCl <sub>2</sub>	30	6	4,5 / 9	25 / 20
				Ca <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	30	6	4,5 / 9	27 / 18
				Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	30	5	4,5 / 9	21 / 24
				Ca(OH) <sub>2</sub>	30	12	4 / 8	10 / 57
				Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	30	12	4,5 / 9	15 / 33
				NaOH	30	12	5 / 10	13 / 35
				Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	20	9	4 / 8	12 / 47
				Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	10			
				Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	10	7	4,5 / 9	12 / 41
				CaCl <sub>2</sub>	20			
С-3	1,25	ЛСТ	1,25	–	–	6	4 / 8	17 / 33
				–	–	5	4 / 8	20 / 28
Пионер-402	500			–	–	5	4,5 / 9	11 / 45
				K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	30	12	4,5 / 9	26 / 19
				Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	30	12	4,5 / 9	28 / 18
				CaCl <sub>2</sub>	30	5	2 / 4	
				Ca <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	30	5	1 / 2	
				Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	30	5	1 / 2	
				Ca(OH) <sub>2</sub>	30	12	3 / 6	
				Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	30	12	4,5 / 9	20 / 25
				NaOH	30	12	2 / 4	
				С-3	1,25	ЛСТ	1,25	–
ПБ-люкс	500			–	–	5	4,5 / 9	15 / 33
				K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	30	12	4,5 / 9	8 / 62
				Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	30	12	4,5 / 9	6 / 83
				CaCl <sub>2</sub>	30	6	5 / 10	22 / 21
				Ca <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	30	5	4,5 / 9	22 / 23
				Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	30	5	4,5 / 9	15 / 33
				Ca(OH) <sub>2</sub>	30	12	4,5 / 9	20 / 25
				Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	30	12	4,5 / 9	15 / 33
				NaOH	30	12	5 / 10	16 / 28
				Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	20	8	4,5 / 9	5 / 100
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	10							
ПБ-2000	500			–	–	6	4,5 / 9	17 / 29
				K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	30	12	3,5 / 7	25 / 30
				CaCl <sub>2</sub>	30	6	4,5 / 9	20 / 25
Пионер-БИО	500			–	–	5	4 / 8	20 / 28
				K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	30	12	4 / 8	36 / 16
				CaCl <sub>2</sub>	30	5	4,5 / 9	10 / 50
Ареком-4	500			–	–	6	4,5 / 9	15 / 33
				K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	30	12	4 / 8	20 / 28
				CaCl <sub>2</sub>	30	5	4,5 / 9	30 / 17
ЭСТ	500			–	–	5	3 / 6	10 / 75

**Таблица 2**

Наименование и расход добавок			Растекаемость цементного теста с распылом 130 мм при введении добавок, мм
Ускоритель твердения, 1% от массы цемента	Жидкое стекло, 0,5% от массы цемента	Суперпластификатор «С-3», 0,5% от массы цемента	
NaF	–	–	140
Формиат натрия	–	–	140
Тиосульфат натрия	–	–	120
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	–	–	100
NH <sub>4</sub> Cl	–	–	100
FeCl <sub>3</sub>	–	–	100
Релаксол	–	–	140
KCl	–	–	100
CaCl <sub>2</sub>	–	–	120
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	–	–	100
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	–	–	70
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	–	–	90
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	–	–	140
NH <sub>4</sub> SO <sub>4</sub>	–	–	100
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	–	–	120
CaCl <sub>2</sub>	–	С-3	130
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	–	С-3	260
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	–	С-3	200
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	–	С-3	135
CaCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	–	90
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	–	110
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	–	120
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	–	80

пенобетон с более высокими физико-механическими свойствами. С целью рационального и эффективного применения измельчающего оборудования в производстве пенобетона средней плотностью 800 кг/м<sup>3</sup> и выше лучше использовать стержневые мельницы; в производстве пенобетона средней плотностью 500–800 кг/м<sup>3</sup> весьма эффективно работают дезинтеграторы с ударно-динамическим воздействием на обрабатываемый материал и высокооборотные активаторы цементно-песчаного раствора с горизонтально расположенным рабочим органом; при производстве пенобетона средней плотностью 400 кг/м<sup>3</sup> и ниже можно с успехом использовать как дезинтеграторы, так и роторно-пульсационные аппараты кавитационного измельчения (РПА).

Возвращаясь к технологическому процессу производства пенобетона по раздельной технологии и непосредственно к стабильности его ведения (от этого зависит в первую очередь однородность свойств материала и его качество), считаем целесообразным поделиться своим опытом регламентации всех операций по приготовлению формовочной смеси и получению пенобетона. Эта регламентация технологических операций представлена в табл. 3. Она очень полезна для проведения анализа качества продукции и последующей корректировки состава или процесса, если это будет необходимо.

Значительно более высоких достижений в вопросе улучшения физико-механических характеристик неавтоклавного пенобетона можно достигнуть, если тепло-

изоляционный пенобетон плотностью 200–300 кг/м<sup>3</sup> перевести в категорию композиционного материала, а пенобетон плотностью 300–500 кг/м<sup>3</sup> производить на бесцементном золошлакосиликатном вяжущем. Теплоизоляционный пенобетон в варианте композиционного материала легко позволяет избавиться от присущих ему недостатков, если в его структуре кроме минерального вяжущего будет работать полимерное связующее, которое увеличивает прочность при растяжении. Полимерное связующее (обычно вводится в состав смеси в количестве до 3,5%, чтобы не изменить пожарную классификацию «негорючий материал») существенно модифицирует структуру пенобетона и уменьшает его сорбционное увлажнение. Такой материал нами был разработан и называется «Пенобетон теплоизоляционный неавтоклавный «ЭКСТРАПОР» (ТУ 5767-001-18896209–2000). «ЭКСТРАПОР» изготавливается из вспененной композиции, включающей портландцемент, воду, пенообразователь, полимерное акриловое связующее, пластификатор, а при необходимости стабилизатор и волокнистый наполнитель (фибру). Следует отметить, что формовочная смесь этого материала имеет достаточно высокую вязкость, что позволяет гидрофобизировать структуру пенобетона в объеме за счет введения в ее состав гидрофобизатора. Полимерное связующее отверждается комплексом органических и минеральных продуктов из состава формовочной смеси и продуктов химических реакций гидратации цемент-

Таблица 3

Компоненты	Плотность, кг/л	Требования к компонентам	Ориентировочная дозировка, %	Точность дозирования, %	Единица измерения	Расход компонентов, подача рабочих композиций в составах и показатели свойств форм-смеси и пенобетона	
						№ состава	
						контролируемые параметры	фактические результаты
<b>Цементное тесто</b>	2			1,5	л(кг)/мин	40 (80)	
Цемент (М500 Д0)-белгородский		С <sub>3</sub> А до 6%		1,5	кг	310	
Песок				2	кг	-	
Минер. порошок-зола			до 30% к цем.	1,5	кг	30	
Вода				1	л	105	
Пластификатор ЛСТ			0,5% к цем.	1	кг	1,5	
Активизатор Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>			1–3% к цем.	1	кг	3	
Сумма					кг	449,5	
<b>Вспенивающий р-р</b>				1	л/мин	12,5	
Вода				1	л	65	
Пионер 152			3% к воде	1	кг	1,95	
Ускоритель Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>			1% к цем.	1	кг	3,5	
Сумма					кг	70,45	
Стабилизатор			0,5% к цем.	1	кг	-	
Сжатый воздух					л/мин(атм)	200–250	
Общая сумма израсходованных компонентов					кг	519,95	
Раствор для затворения цементного теста	Жизнеспособность / температура				ч/°С	7 / 18–30	
Вспенивающий р-р	Жизнеспособность / температура				ч/°С	7 / 18–20	
Цементное тесто	Плотность				кг/л	1,8–2,1	
	Распływ				см	13–15	
Пена	Жизнеспособность				ч	1	
	Плотность				г/л	60–70	
	Выход				л/мин	170–180	
Пенобетонная смесь	Плотность				г/л	450–575	
	Распływ				см	15–17	
	Время затвердевания				ч	1,5–3	
	Выход				л/мин	190–200	
Пенобетон	Плотность				кг/м <sup>3</sup>	351–450	
	Температура саморазогрева через 12 ч				°С	70–90	
	Прочность через 12 ч/28 сут				МПа	0,6 / 0,8–1	
В/Ц						0,42–0,53	
Отношение объема цементного теста к объему вспенивающего раствора						2,5–3,5	
R <sub>28</sub> / γ <sub>0</sub>						0,02–0,025	

**Таблица 4**

Наименование показателей	Значения показателей в зависимости от средней плотности в сухом состоянии, кг/м <sup>3</sup>	
	200	300
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	150–250	251–350
Прочность при сжатии, МПа	0,35–0,7	0,7–1
Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,065	0,08
Сорбционная влажность, мас. %	10	10

ных составляющих с активизаторами твердения. При этом отвержденный полимер свою высокую прочность, эластичность и водостойкость окончательно приобретает в процессе высыхания. Пенобетон «ЭКСТРАПОР» может использоваться для тепловой изоляции ограждающих конструкций жилых, гражданских и промышленных зданий и сооружений, в том числе кровли, а также как теплоизоляционный материал при малоэтажном строительстве. Основные физико-механические и теплофизические свойства пенобетона «ЭКСТРАПОР» приведены в табл. 4.

За последние 25–30 лет в качестве вяжущего при производстве вспененных строительных материалов кроме цемента достаточно широкое распространение получили шлакощелочные вяжущие (ШЩВ). Вначале главным сырьем для производства ШЩВ являлись основные металлургические шлаки. Изготавливали из этих вяжущих различные огнеупорные материалы, в том числе легковесные. Но огнеупорные материалы, изготовливаемые с применением таких вяжущих, не обладают водостойкостью. Впоследствии стали использовать низкоосновные шлаки, а затем и золы тепловых электростанций. В этом случае для активации вяжущих свойств у шлаков и зол применяют жидкое стекло.

В наших экспериментах по разработке пенобетона на золошлакосиликатном вяжущем (ЗШСВ) работу проводили с использованием золы Канско-Ачинского бассейна (КАБ) основного состава, кислых алюмосиликатных зол Дорогобужской ТЭС (Смоленская обл.) и ТЭЦ-22 (Москва), золошлаковой смеси Дорогобужской ТЭС, трепела и жидкого стекла с его расходом 30% в составе формовочной смеси. Разработан водостойкий пенобетон плотностью 200–500 кг/м<sup>3</sup>, который затвердевает через 30–60 мин, может твердеть в естественных условиях, а для ускорения твердения подвергаться тепловой обработке при 100°С. Например, образцы пенобетона с соотношением золы ТЭЦ-22 и трепела 50:50% средней плотностью 280 кг/м<sup>3</sup> имели прочность при сжатии после тепловой обработки при 100°С 1,28 МПа, коэффициент размягчения 0,72 и теплопроводность 0,078 Вт/(м·°С), что соизмеримо со свойствами автоклавного газосиликата. Дополнительный прогрев при температуре 200–250°С улучшает физико-механические свойства материала, подвергнувшегося тепловой обработке при 100°С, на 15–20%. Высокие физико-механические свойства и водостойкость материала на ЗШСВ объясняются образованием преимущественно в процессе гидратации вяжущего гидроалюмосиликатных и цеолитоподобных соединений.

Стоимость сырьевых компонентов в 1 м<sup>3</sup> пенобетона из ЗШСВ средней плотностью 300 кг/м<sup>3</sup> составляет 1770 р. Возможно его применение в качестве эффективного стенового материала, конкурентоспособного эффективного

утеплителя кровли специальных зданий и сооружений, легковесного огнеупорного материала.

В порядке реализации собственных представлений о технологии раздельного приготовления цементного теста и пены при производстве пенобетона в настоящее время создано и запущено опытное производство неавтоклавных пенобетонных стеновых блоков в г. Дорогобуж Смоленской обл. на производственной базе ООО «ТЕПЛОИЗОПЛАСТ». При подготовке и создании этого производства мы постарались устранить наиболее сложные проблемные вопросы технологии. Первоочередным в этом перечне вопросов была активация цементного теста. Учитывая, что для этих целей на первом этапе по экономическим соображениям не представлялось возможным использовать дезинтегратор или РПА, мы разработали эффективный активатор с продолжительностью активации до 5 мин, принципиально отличающийся от активаторов известных конструкций. Активатор состоит из смесительного бака объемом 0,5 м<sup>3</sup>, узла смешивания и привода. Бак и узел смешивания, представляющие собой цилиндрические чаши с разными диаметрами, соединяются конической вставкой. Узел смешивания имеет мешалку, закрепленную на приводном валу. Лопастей мешалки наклонены под углом 45° по отношению к вертикальной оси, что обеспечивает направление потока обрабатываемой среды снизу вверх. При этом в центральной части узла смешивания создается зона разрежения, а в периферийной – напора. Вращение лопаток в одну сторону направляет поток вверх, а в другую сторону – вниз и в выгрузочный патрубок. Лопатки на приводном валу закрепляются тангенциально, чем обеспечивается возможность для введения в состав перемешиваемой смеси дисперсного волокна. Сложное движение среды, возникающее в активаторе, способствует активному перемешиванию компонентов, а кавитационные процессы (сжатие и резкое расширение воздушных пузырьков, в результате чего в пузырьках образуется давление до 2000 атм), возникающие в вихревых потоках перемешиваемого цементного теста при срыве их с лопаток рабочего органа и в результате резкого изменения скорости движения теста при выходе его из чаши узла смешивания в коническую часть бака активатора, активно разрушают и диспергируют частицы цемента.

Кроме активатора разработан более простой в обслуживании смеситель цементного теста с пеной, механизм, перемещающий формы – тележки по туннелям камеры тепловой обработки, резательный комплекс по распиловке массива на пенобетонные блоки с помощью дисков с твердосплавными наплавками и др. оборудование. Следующим этапом работы является отработка составов и режимов твердения пенобетона.

**Список литературы**

1. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. М.: Стройиздат, 1989.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Стройиздат, 1998.
3. НИИЖБ Госстроя СССР. Рекомендации по применению в бетонах золы, шлака и золошлаковой смеси тепловых электростанций. М.: Стройиздат, 1986.
4. НИИЖБ Госстроя СССР. Пособие по применению химических добавок при производстве железобетонных конструкций и изделий. М.: Стройиздат, 1989.
5. Касторных Л.И. Добавки в бетоны и строительные растворы. Ростов н/Д.: Феникс, 2005.

**ООО «НТЦ ЭМИТ» Тел.: (495) 351-96-73, (916) 908-73-13**

Л.Д. ШАХОВА, канд. техн. наук, В.С. ЛЕСОВИК, д-р техн. наук,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Модели образования пеноцементоминеральных систем

Анализ закономерностей получения поризованных цементных растворов показал, что они резко отличаются от закономерностей формирования тяжелых бетонов. Макроструктура тяжелых бетонов закладывается на начальном этапе при подборе гранулометрического состава крупных и мелких заполнителей. Макроструктура поризованного цементного камня определяется не только свойствами исходных компонентов – пенообразователя и цемента, но и способом воздухововлечения, последовательностью смешивания, химическими и физическими процессами, протекающими на границах раздела фаз.

Анализ полученных модельных систем пенобетонных смесей и пенобетонов с точки зрения синергетики позволил выявить простые структуры, из которых складывается более сложная система композиционного поризованного цементного камня: пенная пленка, припленочный слой и цементный раствор в межпоровом пространстве, который изменяется со временем и переходит в цементный камень [1].

Простые структуры в несколько деформированном виде продолжают существовать внутри более сложной организации пенобетонной смеси и пенобетона и заполнять определенные иерархические уровни. Посредством топологии расположения, согласованности движения и благодаря определенному подбору простых структур достигается синхронизация роста во всей области локализации сложных структур. Причем малые флуктуации, обусловленные хаосом на микроуровне, приводят к существенным различиям в развитии структур на макроуровне. Хаотические флуктуации обуславливают стохастическое, турбулентное поведение на макроуровне.

На основе результатов экспериментов были разработаны модели образования пеноцементных структур, включающие механизм и последовательность процессов.

**Модель 1.** Получение пенобетона по классической растровой технологии.

Последовательность процессов образования пеноцементоминеральной системы.

1. *Образование пенной структуры за счет адсорбции молекул ПАВ на границу газ–жидкость.* Скорость процесса определяется скоростью образования новых поверхностей раздела, т. е. скоростью воздухововлечения, градиентом концентрации молекул ПАВ в объеме вещества и на границе.

При этом молекула на поверхности раздела газ–жидкость имеет большую свободную энергию Гельмгольца, чем молекулы в объеме жидкости.

Для двухфазной системы справедливо уравнение [2]:

$$dU = TdS - p'dV'' - p'dV' + \sigma dA, \quad (1)$$

где  $dU$  – изменение внутренней энергии;  $dS$  – изменение энтропии;  $p'dV'$  – давление и объем одной фазы;  $p'dV''$  – давление и объем другой фазы;  $A$  – площадь раздела поверхностей;  $\sigma$  – поверхностное натяжение.

Отсюда следует, что изменение свободной энергии Гельмгольца  $F$  равно

$$\left(\frac{\partial F}{\partial A}\right)_{T, V'', V'} = \sigma.$$

При постоянном объеме  $V$  и температуре  $T$  и при стремлении системы к минимуму свободной энергии Гельмгольца площадь поверхности раздела стремится к минимуму, что повышает давление в воздушных пузырьках. Для увеличения поверхности раздела требуется энергия, т. е. необходимо совершить работу по приращению поверхности. Для пенообразователей, имеющих разное значение поверхностного натяжения, затраченная энергия по приращению поверхности (увеличению воздуходождения в системе) разная. Для системы с синтетическими пенообразователями, понижающими поверхностное натяжение на границе в два раза по сравнению с водой, затраты энергии незначительные. Но удержать воздушный пузырек при данном значении  $\sigma$  труднее, о чем свидетельствуют невысокие значения устойчивости пен.

Для белковых пенообразователей значение поверхностного натяжения всего на 10–15% ниже поверхностного натяжения воды. Поэтому вовлечь воздух в такую систему сложнее, но устойчивость пен на этих пенообразователях выше.

2. *Получение цементного раствора.* При контакте цементных частиц с водой сразу начинает протекать физическая и химическая адсорбция. Это подтверждается быстрым изменением pH и температуры раствора. Вокруг цементных частиц образуется двойной электрической слой из диполей воды и ионов  $Ca^{+2}$ , которые начинают поступать в раствор мгновенно.

3. *Получение пеноцементного раствора.* При смешивании пены и цементного раствора на пенные пузырьки начинают оказывать влияние силы трения, возникающие при механическом перемешивании двух сред с разной плотностью. Известно, что гомогенизация в первую очередь определяется исходной плотностью смешиваемых сред, интенсивностью перемешивания. В этом процессе пенные поры претерпевают изменение объема и формы, молекулы ПАВ могут сдираться с их поверхности и активно адсорбироваться на поверхность цементных частиц. Вследствие этого на границе раздела газ–жидкость концентрация молекул пенообразователей снижается, идет активное гашение пены. Кратность пеноцементной смеси становится ниже, чем кратность исходной пены. Пеногашение зависит от вязкости и упругости пенной пленки, адсорбционной активности молекул ПАВ на границах раздела фаз газ–жидкость и жидкость–твердое. При всех прочих равных условиях устойчивость пеноцементной системы выше на белковых пенообразователях.

**Модель II.** Получение пенобетона по кавитационной баротехнологии.

При одновременном аэрировании пеноцементного раствора происходят два процесса: вовлечение воздуха в систему и выход его наружу при недостаточной удерживающей способности массы. Вовлечение воздуха в смесь осуществляется за счет образования каверн воздухововлекающими элементами смесителя. Вероятность образования каверн и объем вовлеченного воздуха зависят прежде всего от скорости вхождения воздухововлекающих элементов в систему, их размера и конфигурации. В ходе образования воздушного следа гидростатическая сила сообщает смеси ускорение, направленное внутрь каверны. Кинетика захлопывания каверны и последующее ее разобщение на множество мелких пузырьков определяются скоростью развития каверны (зависит от типа смесительного агрегата и режима перемешивания) и реологическими характеристиками массы. Введение в состав смесей грубодисперсного компонента приводит к усилению разрывов сплошности, возникновению множества локальных нарушений струи, увеличению турбулентности, а в результате увеличению захваченного в единицу времени объема воздуха. Возможен и такой механизм, когда на поверхности частицы (в полостях, углублениях) образуется сначала зародыш пузырька, который затем увеличивается вследствие перенасыщения воздухом. Внутри вовлеченного в смесь воздушного пузырька в форме шара развивается давление  $P_k$  в соответствии с первым законом капиллярности:

$$P_k = 2\sigma_{г-ж} / R_{п}, \quad (3)$$

где  $R_{п}$  — радиус пузырька;  $\sigma_{г-ж}$  — поверхностное натяжение на границе воздух–жидкость.

Значение  $P_k$  существенно влияет на прочность закрепления частиц минералов на пузырьке, а также на жесткость поверхности пузырька при изменении его размера.

На каждую частицу в дисперсных системах действуют сила тяжести  $F_g$  (гравитационная сила) и подъемная сила Архимеда  $F_A$ :

$$F_g = m_g = v \cdot \rho \cdot g \quad \text{и} \quad F_A = v \cdot \rho_0 \cdot g, \quad (4)$$

где  $m$  и  $v$  — масса и объем частицы;  $g$  — ускорение свободного падения;  $\rho$ ,  $\rho_0$  — плотность частиц дисперсной фазы и дисперсной среды соответственно.

Скорость движения частиц радиуса  $R$  равна:

$$W = \frac{2g(\rho - \rho_0)R^2}{9\eta}, \quad (5)$$

где  $\eta$  — динамическая вязкость среды.

Если плотность частиц больше плотности среды ( $\rho > \rho_0$ ), идет осаждение, при  $\rho < \rho_0$  — всплывание частицы. Отсюда следует, что при равной вязкости среды скорость оседания твердых частиц будет выше, чем скорость всплывания воздушных пузырьков.

Поэтому в высокоскоростных мешалках образование пены и пеноцементной смеси возможно только при определенных условиях. Увеличение скорости потока после начала кавитации влечет за собой быстрое возрастание числа развивающихся пузырьков, при этом плотность среды снижается, происходит объединение пузырьков в общую кавитационную и течение переходит в струйное. Вращение обуславливает не только напряжение сдвига вдоль концентрических слоев, но также и дополнительное, нормальное напряжение, которое действует перпендикулярно вектору напряжения сдвига [3]. Это нормальное напряжение заставляет вязкоупругие жидкости подниматься вверх по вращающимся валом и создает нормальную силу (сила Вайссенберга). В высокоскоростных мешалках открытого типа большое

воздухововлечение ведет к изменению реологических характеристик пеномассы. Вязкоупругая пеномасса через определенное время поднимается по валу ротора, при этом дальнейшего вовлечения воздуха в пеномассу не происходит.

Нагнетательная кавитация происходит при чрезвычайно высоком нагнетательном давлении. Высокое нагнетательное давление вызывает циркуляцию жидкости внутри замкнутого пространства. При этом в область пониженного давления поступает газ, не позволяющий захлопываться кавитационным пузырькам. В этом случае обеспечивается равновесное давление в пузырьке.

По этому принципу созданы установки для производства пенобетона под давлением, позволяющие получать пенобетонные массы низкой плотности с большим воздухововлечением.

Необходимо учитывать также, что подъемная сила и сила, прижимающая частицу к пузырьку (сила адгезии), должны быть больше силы тяжести частицы. Этого можно достичь тонким измельчением минеральной составляющей.

Из теории флотации известно [4], что вероятность закрепления частицы на пузырьке газа зависит как от гидродинамических параметров процесса (скорости, размера и формы пузырька и частицы, времени их контакта при соударении, массы частицы и заряда поверхности), так и от свойств поверхности пузырька и частицы.

Основной причиной низкой вероятности удержания минеральных частиц в слое пены является, по мнению авторов [4], разрушающее воздействие турбулентных потоков пульпы на слой пены и коалесценция пузырьков.

В условиях турбулентного движения пеноцементная система перемещается по криволинейной траектории, что вызывает появление центробежной силы, под действием которой пузырьки воздуха, имеющие плотность меньше плотности раствора, начинают двигаться в растворе от периферии вихря к его центру и одновременно всплывать. Твердые частицы, плотность которых больше плотности раствора, наоборот, движутся в растворе от центра вихря к периферии и одновременно тонут под действием силы тяжести.

Н.Б. Урьев [5] для описания условия образования коагуляционных контактов между пузырьками воздуха и твердыми частицами приводит уравнение:

$$F(W, h) = -6\pi\eta \frac{dh}{dt} = 6\pi\eta RW, \quad (6)$$

где  $F$  — сила, противодействующая сближению двух частиц;  $W$  — начальная скорость;  $\eta$  — вязкость дисперсной среды;  $h$  — расстояние между частицами;  $R$  — радиус частиц.

При высокоскоростном перемешивании идет активное воздухововлечение и система из вязкого состояния переходит в вязкоупругоэластичное состояние.

Прилипание частицы к пузырьку происходит с преодолением энергетического барьера. В данной технологии при использовании синтетических пенообразователей активно идет нейтрализация заряда поверхности воздушного пузырька за счет прилипания минеральных частиц с положительно и нейтрально заряженными поверхностями. Поэтому введение в систему нейтрально заряженных частиц приводит к повышению устойчивости системы, формированию пор более правильной геометрической формы.

В работе [5] отмечается, что в динамических условиях существенную роль в достижении динамической агрегативной устойчивости дисперсий приобретает структурно-механический барьер, образуемый адсорбционными слоями ПАВ на поверхности частиц, и свойства этих слоев.



С позиций нелинейной термодинамики поризация пенобетонной смеси является неравновесным процессом. Образование пузырька требует некоторого избыточного давления воздуха в нем. По окружности сечения пузырька действует сила поверхностного натяжения  $2\pi R_0\sigma$ , которая стремится уменьшить объем пузырька. Противостоит этому избыточное давление  $\Delta p$  внутри пузырька. На площадь сечения пузырька  $\pi R_0^2$  действует сила давления, равная  $\pi R_0^2 \cdot \Delta p$ . При равновесии сил давления и поверхностного натяжения имеем:

$$2\pi R_0\sigma = \pi R_0^2 \cdot \Delta p. \quad (7)$$

Так как цементный раствор имеет высокую вязкость, при смешивании происходит процесс гашения пены за счет механического разрушения пенной пленки твердыми минеральными частицами. Таким образом, для компенсации снижения воздуха в системе необходимо при смешивании подводить к ней воздух. Это возможно только в замкнутых условиях, т. е. под давлением. С точки зрения термодинамики уравнение, определяющее равновесное состояние поризованного элемента, имеет вид:

$$P_w = P_L + P_\tau + P_\eta, \quad (8)$$

где  $P_w = 2\sigma/R_0$  определяет избыточное давление (давление Лапласа) воздуха внутри пузырька радиусом  $R_0$ ;  $P_\tau$  — давление, обусловленное упруговязкими (сдвиговыми) свойствами уплотняемого материала;  $P_\eta$  — давление вязкого деформирования, действующего по всей поверхности поры.

Отсюда давление, которое создается в воздушном пузырьке, должно противостоять всем сдвиговым усилиям, возникающим в системе при смешивании. Таким образом, давление в воздушном пузырьке в момент смешивания должно быть повышенным.

При меньшем значении поверхностного натяжения на границе газ—жидкость для синтетических пенообразователей по сравнению с природными давление в пузырьке равных размеров будет меньше примерно в два раза. Следует учитывать тот факт, что равновесие на границе раздела фаз для синтетических пенообразователей достигается за считанные секунды. Отсюда следует, что при перемешивании идут процессы воздухоовлечения и разрушения воздушных пузырьков до тех пор, пока вязкость системы не увеличится и система не достигнет квазиравновесного состояния. Увеличению вязкости системы способствует дополнительное введение твердой минеральной фазы.

Таким образом, быстрое протекание физико-химических процессов на границе фаз в результате динамического воздействия способствует ускорению самоорганизации пористой структуры под действием сил поверхностного натяжения и адсорбции на минеральных частицах.

**Модель III.** Получение пенобетона по технологии обжиге-релаксация.

Последовательность процессов образования пеноцементоминеральной системы заключается в образовании пенной пленки вокруг воздушных пузырьков в условиях повышенного давления, при этом воздух растворяется в пенном растворе; в получении цементного раствора в отдельном агрегате; в смешивании раствора пенообразователя с растворенным в нем воздухом с цементным раствором.

При смешивании цементного раствора и раствора пенообразователя затрачивается меньше энергии, так как разница плотностей двух смешиваемых сред меньше. Распределение пены в цементном растворе идет в поризаторе под высоким давлением, таким образом, пена вдавливается в цементный раствор. Под действи-

ем высокоскоростного смесителя две среды быстро гомогенизируются. При выходе из поризатора сжатый воздух начинает расширяться. Молекулы ПАВ равномерно распределяются на границе газ—жидкость. При этом образуется мелкодисперсная структура пор. Сжатый воздух при расширении оказывает уплотняющее действие на межпоровые стенки, при движении по трубопроводу цементные частицы в межпоровом пространстве дополнительно уплотняются за счет компактной укладки в свободном пространстве. Все эти процессы позволяют получать пенобетоны низкой плотности оптимальной структуры и повышенной прочности.

Предложенные модели и алгоритм самоорганизации сложной поризованной пеноцементной системы позволяют прогнозировать характер структурообразования в системе с разными видами пенообразователей и предлагать технологические решения получения пенобетона оптимальной структуры.

#### Список литературы

1. *Князева Е.Н., Курдюмов С.П.* Основания синергетики. Синергетическое мировидение. М.: КомКнига, 2005. 240 с.
2. *Пригожин И., Конденуди Д.* Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур. М.: Мир, 2002. 461 с.
3. *Шрамм Г.* Основы практической реологии и реометрии. М.: КолосС, 2003. 312 с.
4. *Абрамов А.А.* Флотационные методы обогащения. М.: Недра, 1984. 392 с.
5. *Урьев Н.Б.* Динамика контактных взаимодействий дисперсных систем и материалов // Коллоидный журнал. 1999. Т. 61. № 4. С. 455–462.

## Выставка

### “Дизайн. Интерьер. Мебель”

Ярославль, 17-19 апреля 2008г.

#### СПРАВКА:

- 30 % россиян планируют ремонт в квартире (по данным ВЦИОМ). Услуги по строительству, ремонту и обустройству жилища наиболее востребованы у населения.

- Ярославская область занимает 4 место в ЦФО по соотношению денежных доходов с величиной прожиточного минимума и 3 место по размеру среднемесячной заработной платы (по данным Администрации Ярославской обл.). Это говорит об экономическом потенциале области и достаточно высоком уровне доходов населения.

- Потребитель готов платить, но за качественные и профессиональные услуги.

- Участие в выставке «Дизайн. Интерьер. Мебель» - своевременно и экономически выгодно для демонстрации возможностей производителя.

#### РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

- ДИЗАЙН СРЕДЫ: Благоустройство. Ландшафтное строительство. Малые архитектурные формы. Наружное освещение. Малоэтажное строительство

#### - ДИЗАЙН ИНТЕРЬЕРА:

Архитектурное проектирование, дизайн, отделка интерьеров, программное обеспечение. Предметы интерьера и декора. Строительные и отделочные материалы. Электротехнические приборы и изделия, бытовая техника. Профессиональная уборка.

- МЕБЕЛЬ: Мебель. Проектирование, дизайн, программное обеспечение, технологии. Фурнитура, механизмы и комплектующие. Инструмент.

Полная версия разделов и деловой программы:  
[www.energo-resurs.ru](http://www.energo-resurs.ru)  
(4852) 45-06-46

Л.А. УРХАНОВА, канд. техн. наук, Восточно-Сибирский государственный технологический университет (г. Улан-Удэ, Республика Бурятия);  
С.А. ЩЕРБИН, А.И. САВЕНКОВ, кандидаты техн. наук, П.С. ГОРБАЧ, инженер, Ангарская государственная техническая академия (Иркутская область)

## **Использование вторичного сырья для производства пенобетона**

В настоящее время пенобетон занимает все более прочные позиции в строительстве. Этот материал характеризуется огнестойкостью, высокими тепло-, звуко- и пароизоляционными свойствами, пониженной средней плотностью, что позволяет успешно применять его как в монолитном домостроении, так и для изготовления большой номенклатуры строительных изделий. Сравнительный анализ существующих технологий производства пенобетона указывает на предпочтительность безавтоклавных пенобетонов при уменьшении их деформативности, достижении устойчивых высоких прочностных показателей и при решении проблем экологичности, снижения расхода цемента, повышения скорости твердения и достижения равномерной пористой структуры [1].

Сложная экологическая обстановка в совокупности с ростом цен на энергоносители стимулирует интерес к вторичному использованию бетона в строительном производстве. Широкое распространение

получает использование бетонного лома, образующегося в результате разборки ветхого жилья; отходов, образующихся при производстве ячеистого бетона (обрезков, некондиционной продукции, отходов автоклавной обработки) в производстве пенобетона [2, 3].

В Республике Бурятия и Иркутской области ежегодно образуется около 130 тыс. т золы-уноса, которая не находит применения и в огромных количествах скапливается в золоотвалах, являющихся стационарными очагами загрязнения окружающей среды. Большое количество исследований направлено на поиск вариантов промышленного использования побочного продукта тепловых электростанций – золы-уноса и тонкодисперсного побочного продукта выплавки ферросилиция и его сплавов – микрокремнезема в производстве эффективных строительных материалов, в том числе пенобетона [4].

Поэтому представляет интерес использование отходов промышленности в производстве малоклинкерных

вяжущих композиций и пенобетона. Для получения смешанных вяжущих и пенобетона безавтоклавного твердения использовали портландцемент (ПЦ) марок ПЦ400Д20, ПЦ500Д0; золу-уноса Улан-Удэнской и Ангарской ТЭЦ-1; песок новоселанский  $M_{кр} = 1,35$ ; микрокремнезем – отход цеха кристаллического кремния Братского алюминиевого завода и ЗАО «Кремний»; пенообразователи ПБ-2000, Ареком-4, Пента ПАВ 430А, Биопор, Centripor SK 120; пенообразователь на основе протеина. Микрокремнезем Братского алюминиевого завода является тонкодисперсной добавкой ( $S_{уд} = 850-900 \text{ м}^2/\text{кг}$ ), в то время как микрокремнезем ЗАО «Кремний» имеет  $S_{уд} = 180-220 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Усредненный химический состав сырьевых материалов представлен в табл. 1.

В проводимых исследованиях малоклинкерные вяжущие вещества, или смешанные цементы (СЦ), получали путем тщательного перемешивания портландцемента, доменного гранулированного шлака, золы-уноса и тонкодисперсного микрокремнезема в соотношениях, указанных в табл. 2. Для модифицирования свойств СЦ использовали пластификаторы и ускоритель твердения. В качестве пластификатора был использован цитрат калия в количестве 1 мас. %, в качестве ускорителя твердения – сульфат натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в количестве 2 мас. %.

Введение пластифицирующей добавки в количестве 1 мас. % в состав вяжущих позволило снизить их водопотребность в среднем на 12–20% при увеличении прочности на 30–40% (табл. 3), а также улучшить реологические характеристики цементного теста.

Микрокремнезем является тонкодисперсной добавкой, увеличивающей водотвердое отношение (В/Т). Однако присутствие его в количестве 10% повышает эффективность действия пластификатора – цитрата калия и позволяет снизить В/Т, что приводит к увеличению прочности композиций (состав СЦ 2). Реакция пуццоланизации между кремнеземом и гидроксидом каль-

**Таблица 1**

Оксиды	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	FeO	SO <sub>3</sub>	ППП
Зола-уноса	61,88	20,11	4,6	4,16	2,26	0,59	0,41	2	0,59	3,4
Доменный гранулированный шлак	36,32	11,36	38,72	0,97	8,41	0,55	0,28	–	0,18	0,9
Микрокремнезем	>90	<1	<1	<1	<1		0,09	0,26	0,15	0,82

**Таблица 2**

Состав	Состав смешанных цементов, мас. %			
	ПЦ	Доменный гранулированный шлак	Зола-уноса	Микрокремнезем
СЦ 1	20	50	30	–
СЦ 2	20	40	30	10
СЦ 3	10	50	30	10
СЦ 4	10	60	30	–
СЦ 5	10	80	–	10

Таблица 3

Состав	В/Т	Прочность при сжатии после ТВО (t=95°C, τ=1,5+6,5+1,5 ч), МПа	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут		
			1	7	28
ПЦ400 без добавки	0,28	32	15	30	48
ПЦ400 с добавками	0,25	45	38	46	55
СЦ 1 без добавки	0,32	24	4	26	31
СЦ 1 с добавками	0,28	32	2	14	46
СЦ 2 без добавки	0,34	25	3	20	33
СЦ 2 с добавками	0,25	50	5	32	60
СЦ 3 с добавками	0,27	5	1	5	10
СЦ 4 с добавками	0,3	4	1	2	6
СЦ 5 с добавками	0,25	15	2	25	42

Таблица 4

Вяжущее	Вид пенообразователя	Количество пенообразователя, мас. %	В/Т	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность после ТВО, МПа	
					при изгибе	при сжатии
СЦ 2	На основе протеина	0,3	0,3	780		3,5
		0,5	0,3	580		2,5
		1	0,3	400		1,5
СЦ 2	Centripor SK 120 10% раствор	0,3	0,3	1090	1,35	6,5
		0,5	0,3	940	1,1	3,5
		1	0,3	580	1	3,5
СЦ 2	Centripor SK 120 15% раствор	0,5	0,3	670	1,15	4,2

ция цемента приводит к образованию дополнительно низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH (I), что подтверждается результатами физико-химического анализа. Следует отметить, что пуццолановый эффект микрокремнезема в смешанных цементах значительно проявляется в возрасте 3–28 сут твердения. В целом введение цитрата калия и сульфата натрия сокращает сроки схватывания смешанных цементов.

На оптимальных составах смешанных цементов СЦ 1 и СЦ 2 и на чистом портландцементе проведены исследования по получению пенобетона безавтоклавного твердения по классической технологии согласно СН 277–80. Проведены многофакторные эксперименты по подбору состава пенобетона, обеспечивающие его качественную макроструктуру. При определении оптимальных составов и режимов изготовления исследовали влияние на качество и строительно-технические свойства пенобетона следующих техноло-

гических факторов: соотношение кремнеземистого компонента и вяжущего в смеси, текучесть растворной смеси и соответствующее ей В/Т, вид и количество пенообразователя. Результаты исследований доказывают возможность получения пенобетона на смешанном цементе (СЦ 2) с добавкой 1% цитрата калия и 2% сульфата натрия (табл. 4).

Использование золы-уноса в качестве заполнителя исследовали при получении пенобетона на основе ПЦ. Массовое соотношение зола:песок изменяли в диапазоне 0,25–1. Грубодispersный микрокремнезем добавляли как активную минеральную добавку в состав ПЦ в количестве 0–20 % массы цемента.

Анализ результатов исследований (рис. 1, 2) показал, что увеличение содержания золы-уноса в пенобетоне приводит к увеличению прочности образцов. Наибольшая прочность была получена при одинаковом массовом содержании песка и золы-уноса. Применение микрокремнезема также повышает

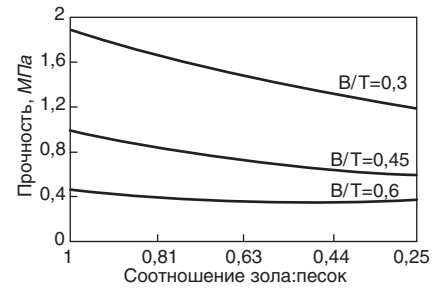


Рис. 1. Влияние массового соотношения зола:песок на прочность пенобетона

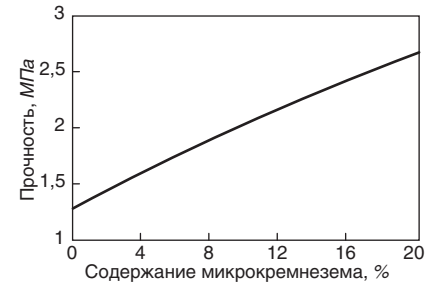


Рис. 2. Зависимость прочности пенобетона от содержания микрокремнезема

прочность образцов пенобетона (рис. 2); прирост прочности достигал 60% при содержании микрокремнезема 15–20 мас. %. При этом для равнотермостойких бетонных смесей расход цемента сокращается на 30%, тогда как такое же количество микрокремнезема в пенобетонной смеси при постоянном расходе цемента значительно увеличивает ее пластичность.

Использование отходов промышленности и побочных продуктов позволяет увеличить прочность пенобетона. Кроме того, доступность и низкая стоимость сырья позволяет снизить себестоимость продукции, а при больших объемах производства улучшить экологическую ситуацию в Бурятии и Иркутской области.

Список литературы

1. Дашицыренов Д.Д., Заяханов М.Е., Урханова Л.А. Эффективный пенобетон на основе эффузивных пород // Строит. материалы. 2007. № 4. С. 50–51.
2. Чистов Ю.Д., Гусенков С.А., Краснов М.В. Теоретические основы создания ячеистого бетона из пылевидных отходов дробления бетонного лома // Международная научно-практическая конференция «Поробетон 2005». Белгород, 2005. С. 85–89.
3. Лаукайтис А.А. Исследование влияния добавок молотых отходов ячеистого бетона на его свойства // Строит. материалы. 2004. № 3. С. 33.
4. Бертов В.М., Собкалов П.Ф. Использование золы-уноса в производстве пенобетона // Строит. материалы. 2005. № 5. С. 12.

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**Итоги развития промышленности строительных материалов Ленинградской области**

Более 2 млрд р. инвестиций в развитие производственных мощностей предприятий промышленности строительных материалов ожидается по итогам 2007 г.

По данным Петростата, в 2006 г. в расширение производства строительных материалов, включая нерудные строительные материалы, инвестировано 1,85 млрд р.; за первое полугодие 2007 г. инвестировано 1,32 млн р. В 2008 г. запланированы инвестиции в объеме более 3 млрд р.

В 2007 г. почти всем предприятиям и инвесторам удалось выполнить инвестиционные планы по реконструкции и модернизации оборудования. Состоялся ввод в строй второй очереди производства железобетонных изделий и конструкций ОАО «Завод ЖБИ № 1» в г. Гатчина. На полную мощность – более 230 тыс. м<sup>3</sup> в год новая линия выйдет в 2008 г., что эквивалентно почти 400 тыс. м<sup>2</sup> жилья в год.

В г. Сланцы введен в эксплуатацию новый завод по производству пенобетона ЗАО «ЕвроАэроБетон», который также планирует выйти на полную мощность – 240 тыс. м<sup>3</sup> блоков из пенобетона в наступившем году. Начато производство стеновых блоков из пенобетона в г. Пикалево, где открылся завод ООО «Пенобетон» мощностью около 60 тыс. м<sup>3</sup> блоков в год.

В 2007 г. на полную мощность вышел завод ООО «Бетон» (ПО «Возрождение») по производству товарного бетона и растворов для КАД и мостовых сооружений в Ломоносовском районе. Введен второй завод ОАО «ROSSTRO-Velox»

(технологии монолитного строительства в несъемной опалубке из щепоцементных плит), который увеличит мощность предприятия до 280 тыс. м<sup>2</sup> жилья в год.

В Подпорожском районе запущена новая производственная линия ООО «Карьер Шелейки» по добыче щебня мощностью до 900 тыс. т в год. ОАО «Гранит-Кузнечное» (Группа ЛСР) ввело в эксплуатацию новый дробильно-сортировочный завод фирмы «Telsmith» (США). Его главная особенность – мобильность на базе самоходного агрегата на гусеничном ходу и перемещаемых комплексов на колесном шасси. Инвестиции в этот проект составили около 200 млн р. Проектная мощность мобильного завода 60 тыс. м<sup>3</sup> щебня в год.

Предприятием «МеликонПоляр» запущены две новые линии по выпуску бетонных вибропрессованных изделий.

В 2007 г. начались проектные и подготовительные работы по строительству нового завода ООО «Цемент» мощностью 2 млн т в год в Сланцевском районе. ОАО «Сланцевский цементный завод «ЦЕСЛА» приступил к модернизации оборудования с объемом инвестиций 215 млн р.; начата разработка нового сырьевого месторождения и строительство второй очереди производства, что позволит увеличить мощность предприятия и объем производства на 1,2 млн т цемента в год к 2009 г.

ЗАО «Метахим» (Волховский цементный завод) в начале 2008 г. планирует увеличить мощность предприятия до 600 тыс. т цемента в год за счет запуска третьей печи.

По материалам отдела информации  
Правительства Ленинградской области

**Датчане вышли на строительный рынок Санкт-Петербурга**

Датский производитель строительных материалов «Н+Н International A/S» подписал с правительством Ленинградской обл. соглашение о строительстве завода по производству газобетона. Это будет головное предприятие целой сети аналогичных заводов, которые компания намерена построить на территории России и Украины в течение пяти лет. Общий объем инвестиций в строительство заводов может достичь 200 млн евро. «Н+Н International A/S» – один из крупнейших производителей газобетона в Европе. Под торговой маркой Sirogex он работает на рынках Финляндии, Швеции, Норвегии и Германии.

Первое предприятие стоимостью 30 млн евро будет построено в пос. Кикерино Волосовского района Ленинградской обл. в первом квартале этого года. Площадь участка, предоставленного властями под предприятие, составляет 10,1 га. В ходе реализации инвестиционного проекта компании будут предоставлены на-

логовые льготы на общую сумму 300 млн р. В ноябре будет выпущена тестовая партия газобетона. Общая мощность завода – 400 тыс. м<sup>3</sup> автоклавного пористого бетона в год при том, что по оценкам датской компании потребность Ленинградской обл. в этом продукте сейчас составляет около 1 млн м<sup>3</sup> в год и непрерывно растет. ООО «X+X Рус», зарегистрированное в пос. Кикерино, будет координировать строительство еще пяти заводов в России и одного на Украине. Их мощность и стоимость будет аналогична заводу в Ленинградской обл. На территории региона уже расположено несколько предприятий, производящих газобетон. Продукция нового завода будет очень востребована рынком, особенно на фоне заявленных в Петербурге крупных строительных проектов.

По данным исследовательской компании ЗАО «Решение», емкость рынка газобетона Петербурга и Ленинградской обл. составляет 650 тыс. м<sup>3</sup>.

По материалам агентства  
«РосБизнесКонсалтинг»

**В Челябинской области увеличились мощности производства ССС**

В конце ноября 2007 г. компания ООО «Строй Кварц» (Челябинская обл.) запустило вторую технологическую линию по производству ССС торговой марки «ВуПрос». Вторая технологическая линия спроектирована и поставлена машиностроительной компанией «Вселуг» и выполнена в классическом вертикальном виде. Производительность новой линии составляет 30 т/ч ССС на цементной основе и включает силосы, дозирующее оборудование, смеситель и фасовочную группу.

Завод по производству сухих строительных смесей ООО «Строй-Кварц» построен на базе Кичигинского горно-обогатительного комбината ОАО «Кварц», который владеет богатейшим месторождением кварцевых песков в России. Первая очередь производства была запущена в 2004 г. Производство ССС ведется по немецкой технологии с использованием немецких компонентов и добавок. Выпуск смесей ведется с применением системы менеджмента качества.

По материалам  
компании «Вселуг»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**Итоги НП «Московская фондовая биржа» за 2007 г.**

За прошедший год общий объем торгов на МФБ составил более 40 млрд р., что более чем в 11 раз превосходит аналогичный показатель 2006 г.

В течение года в состав членов партнерства вступили 10 новых членов, было исключено 2. Всего на конец года членами НП «МФБ» являются 125 организаций. На торгах ценными бумагами зарегистрировано 1713 сделок (в 1,3 раза больше, чем в 2006 г.), продано 479,8 млн ценных бумаг (в 2,2 раза больше, чем в 2006 г.) на сумму около 3 млрд р. (в 3 раза больше аналогичного показате-

ля 2006 г.). Количество аккредитованных участников на конец года составило 77.

В 2007 г. количество участников торгов Секции товарного рынка МФБ составило 432 (в 3,4 раза больше, чем на конец 2006 г.). Наибольший рост объема торгов зафиксирован в отделении «Строительные материалы»: продано 8,9 млн т цемента различных марок на сумму около 32,5 млрд р. (в 12 раз больше, чем в 2006). За прошедший год на МФБ было реализовано около 18% общего объема производства цемента в РФ.

По материалам  
пресс-службы МФБ

**ГК «БОРОДИНО» построит завод по производству кирпича**

В январе 2008 г. Группа Компаний «Бородино» подписала контракт с компанией «SOLINCER INTERNATIONAL S.L.» (Испания) на производство и пусконаладку технологической линии для собственного завода по выпуску кирпича в Калужской обл. Специалисты компании осуществляют проект в кооперации с предприятиями, принадлежащими ГК «Бородино», при этом услуги испанской стороны составили 9 млн евро. Машины испанского производства будут завозиться партиями с марта по октябрь текущего года. Общая сумма инвестиций Группы в создание завода «под ключ» оценивается в 20 млн евро. Срок окупаемости проекта 60 месяцев.

В настоящее время компания «Бородино-Строй» (строительный дивизион Группы Компаний) уже ведет строительство производственного корпуса и фундаментов под оборудование, которое планирует завершить в апреле 2008 г. Автоматизированный кирпичный завод расположится на участке в 9 га, площадь производственного цеха составит 19,5 тыс. м<sup>2</sup>. Проектная годовая мощность предприятия достигает 60 млн условного

кирпича или 500 т обожженной продукции в сутки. Завод будет выпускать более 35 видов высококачественного облицовочного керамического кирпича.

В проекте учтены климатические особенности России и характерные свойства кирпичных глин, предусмотрено формирование утепленного глинозапасника и шихтозапасника, установка более производительного оборудования, улучшено качество переработки, внесены изменения в операцию резки, транспортно-укладочные системы, процессы сушки и обжига. Производство будет оснащено высокотехнологичным и безопасным для окружающей среды испанским оборудованием «Solincer S.I.». Часть оборудования будет поставлена на предприятие в кооперации с Савеловским машиностроительным заводом, который в соответствии с соглашением изготовит металлоемкое оборудование по предоставленным чертежам.

Строительство кирпичного завода — крупный инвестиционный проект для Калужской обл. Благодаря его реализации в экономику региона будет привлечено около 700 млн р.

По материалам  
Группы Компаний «Бородино»

**В Башкирии будут производить минеральную вату для технической изоляции**

В Давлекановском районе предполагается построить завод минераловатных теплоизоляционных изделий, который станет одним из звеньев промышленного узла по производству строительных материалов и изделий. В узел войдут шесть предприятий по производству основных материалов, востребованных в строительстве, — минеральной ваты, сэндвич-панелей, газобетонных блоков, железобетонных изделий и отопительного оборудования.

На первом этапе планируется ввести в эксплуатацию линию с объемом производства 35–40 тыс. т минеральной ваты в год, с вводом второй линии объемы достигнут 75–80 тыс. т. Третий этап предполагает выход производства на качествен-

но новый уровень и изготовление специализированной изоляции, потребности в которой ныне восполняются только импортом. Это изоляция для турбин, термоблоков, емкостей в нефтегазовой сфере и др.

ООО «Атек» (Уфа), являющееся инвестором этого проекта, предполагает, что объемы выпускаемой продукции завода при выходе на проектную мощность достигнут 80 тыс. т в год, что позволит обеспечивать технической изоляцией не только республику, но и выходить на российский и казахстанский рынки. С момента закладки первого камня до ввода в эксплуатацию пройдет 2,5 г., а сроки окупаемости производства определены разработчиками в четыре года.

По материалам информационного  
агентства «Башинформ»

**Новинка от челябинских конструкторов**

Автономный регистратор процесса сушки керамического кирпича разработан специалистами ООО НПП «Интерпроект» (Челябинск). Прибор предназначен для графической регистрации основных параметров процесса сушки кирпича и других изделий в сушильной камере: усадки и температуры кирпича, влажности и температуры среды в камере. Регистратор устанавливается

непосредственно на кирпич-сырец и проходит вместе с ним процесс сушки. Может также использоваться для регистрации процессов сушки древесины, термообработки бетона и др.

Прибор может автоматически регистрировать 3–5 параметров процесса сушки в любой локальной зоне камеры.

По материалам  
НПП «Интерприбор»

В.В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, А.Б. БУХАЛО, инженер,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## **Пеногазобетон на нанокристаллическом порообразователе**

В последнее время изделия из ячеистого бетона находят все более широкое применение в качестве эффективного стенового материала. Это связано с тем, что при низкой плотности и теплопроводности они имеют достаточно высокие прочностные показатели.

Под ячеистым бетоном чаще всего подразумевают два разных по своим свойствам и технологическим переделам материала – пенобетон и газобетон. В пенобетоне поризация формовочной массы осуществляется механическим способом, в газобетоне – за счет газовыделения при химическом взаимодействии исходных компонентов смеси. Существует также механикохимический способ поризации с применением одновременно пенообразователя и газообразователя. Такой способ поризации рассматривался еще в 70-х гг. XX в. Е.С. Силаенковым и А.В. Волженским [1], но не получил широкого распространения. В настоящее время авторами [2] проведен комплекс исследований по разработке рецептурно-технологических параметров производства пеногазобетона, рассмотрены возможные варианты приготовления смеси, приведены показатели физико-механических свойств материала, а также разработана технологическая схема производства.

В настоящее время большое количество научно-исследовательских работ [3–5] направлено на увеличение прочности при постоянной плотности за счет введения различных модификаторов. Однако при разработке теплоизоляционных ячеистых бетонов для получения состава со стабильными характеристиками необходимо проводить анализ влияния всех составляющих смеси, их количества, особенностей технологии введения, специфики структурообразования и обязательной совместимости составляющих между собой. Только после проведения такого многофакторного анализа можно добиться создания высокоэффективных теплоизоляционных материалов.

Предварительные результаты показали целесообразность использования вяжущих низкой водопотребности (ВНВ). Применение ВНВ позволяет редуцировать водотвердое отношение без изменения реологических и технологических характеристик смеси, благодаря чему в смеси в период вспучивания не происходит разрывов и образования щелевидных пустот и свиелей, существенно сократить сроки схватывания, стабилизируя массив и предотвращая усадочные деформации. Для приготовления ВНВ-100 был использован суперпластификатор на основе поликарбоната и портландцемент в соответствии с рекомендациями авторов [6] с содержанием  $C_3S$  63% и  $C_3A$  5%.

В ходе исследований решалась задача разработки состава неавтоклавного пено- и газобетона на основе ВНВ-100.

Для проведения исследований использовали пенообразователь на основе лаурилсульфата натрия; газообразователи – алюминиевую пудру и нанокристаллический поризатор (НП). НП представляет собой активированный алюминий в оболочке ПАВ; поскольку толщина оболочки нефиксирована, гранулометрический состав НП был полидисперсным.

Приготовление пеногазобетона заключалось в смешивании в сухом состоянии вяжущего и пенообразователя, затворении смеси водой и дальнейшем перемешивании с алюминиевой суспензией. Твердение образцов проходило в нормальных условиях. Для определения физико-механических характеристик были отформованы образцы-балочки пено-, газо- и пеногазобетона на различных газообразователях. Испытания образцов в возрасте 28 сут проводили в соответствии с ГОСТ 10180–90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

Для разработки составов использовали метод математического планирования эксперимента. Проведен трехфакторный эксперимент, в котором в качестве факторов варьирования были приняты удельная поверхность вяжущего ВНВ-100 (450–550 кг/м<sup>2</sup>), расход пенообразователя (0,5–1,5%) и водотвердое отношение (0,4–0,5).

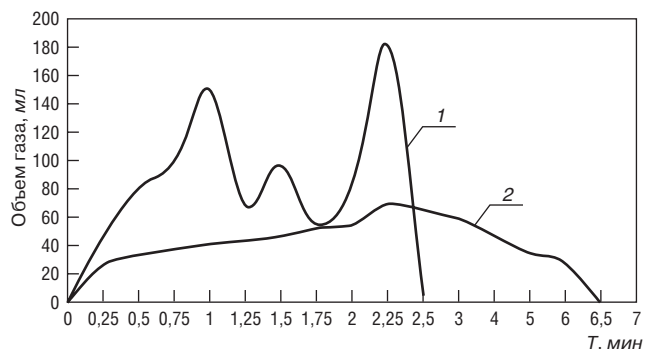
Выходными параметрами для подбора оптимального состава служили средняя плотность, пределы прочности при сжатии и при изгибе. На основе полученных данных для дальнейшего анализа выбраны составы пеногазобетона на традиционном газообразователе – алюминиевой пудре и на нанокристаллическом поризаторе с показателем плотности 300 кг/м<sup>3</sup> и прочностью при сжатии 0,65 МПа. В таблице приведены физико-механические характеристики полученных составов пенобетона, газобетона, пеногазобетона.

Для данных образцов проведены результаты расчетно-теоретических исследований взаимосвязи элементов структуры пенобетона с позиции структурной топологии неупорядоченных систем [7]; были определены структурно-топологические характеристики, в том числе и общая пористость образцов (см. таблицу).

Очевидно, что при столь высокой степени поризации качество пористой структуры приобретает определяющее значение для материала в целом. Как показали результаты исследований, наиболее однородной структурой обладает пеногазобетон на нанокристаллическом поризаторе. Структура пеногазобетона характеризуется наличием равномерно распределенных замкнутых полидисперсных пор.

Визуальное наблюдение за усадкой образцов при твердении показало, что величина усадки образцов пено-

Тип бетона	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при изгибе, МПа	Рассчитанная общая пористость, %
Пенобетон	335	0,2	0,1	0,8
Газобетон	348	0,45	0,2	0,79
Пеногазобетон на алюминиевой пудре	310	0,65	0,4	0,81
Пеногазобетон на НП	300	0,65	0,35	0,84



Кинетика газообразования в зависимости от газообразователя: 1 – алюминиевая пудра; 2 – НП

газобетона на НП значительно меньше, чем образцов пено- и газобетона. Отмечено, что пористая структура образцов пеногазобетона на алюминиевой пудре неоднородна, а на поверхности образцов присутствуют усадочные трещины, чего не наблюдается при использовании НП. Отсутствие заметной усадки и характер распределения твердой фазы полученного пеногазобетона обусловлено, вероятно, ускорением схватывания за счет применения ВНВ (начало схватывания 10 мин) и особенностями НП, а именно его полидисперсным составом и особенностями газообразующей способности. При сравнении газообразующей способности НП и алюминиевой пудры одинаковой массы было отмечено, что выделение газа при использовании алюминиевой пудры проходит в течение 2,5 мин, характер течения реакции скачкообразный (см. рисунок). НП показал более стабильное выделение газа в течение 6,5 мин. Таким образом, НП в силу полидисперсности приводит к более равномерному газовыделению в течение длительного времени без ярко выраженных пиков. За счет медленного равномерного газовыделения НП формирование пористой структуры может идти одновременно с кристаллизацией. При этом газ-

зовыделение не нарушает пористую структуру и уплотняет межпоровые перегородки, смещая частицы вяжущего к уже сформировавшимся порам пены. В течение 10 мин до начала схватывания в смеси на поверхности частиц вяжущего начинает образовываться аморфный высокоалюминатный гель, по краям которого появляются зародыши эттрингита и синегита. Минералы имеют соответственно игольчатое и трубчатое строение, и для того чтобы не происходило их разрушение, реакция газозыделения должна протекать равномерно и закончиться до момента их кристаллизации, что обеспечит отсутствие механических нарушений и, как следствие, более высокие прочностные показатели системы в целом.

Полученный пеногазобетон на нанокристаллическом поризаторе при плотности 300 кг/м<sup>3</sup> имеет коэффициент теплопроводности 0,067 Вт/(м·°С) и замкнутую пористость, что позволяет ему быть конкурентоспособным.

#### Список литературы

1. *Силаенков Е.С.* Долговечность изделий из ячеистых бетонов. Москва: Стройиздат, 1986. 387 с.
2. *Завадский В.Ф., Дерябин П.П., Косач А.Ф.* Технология получения пеногазобетона // Строит. материалы. 2003. № 6. С. 2–4.
3. *Величко Е.Г., Комар А.Г.* Рецептурно-технологические проблемы пенобетона // Строит. материалы. 2004. № 3. С. 26–29.
4. *Ромахин В.А., Коковин О.А.* Влияние карбоната калия на рост сырцової прочности пенобетона // Строит. материалы. 2005. № 1. С. 45–47.
5. *Ахундов А.А., Удачкин В.И.* Перспективы совершенствования технологии пенобетона // Строит. материалы. 2002. № 3. С. 10–11.
6. *Шахова Л.Д., Рахимбаев Ш.М., Черноситова Е.С. и др.* Роль цемента в технологии пенобетонов // Строит. материалы. 2005. № 1. С. 42–44.
7. *Хархардин А.Н.* Структурная топология пенобетона // Известия вузов. Строительство. 2003. № 2. С. 18–25.



## Харьковский государственный технологический университет строительства и архитектуры

3 – 5 апреля 2008

Харьков, Украина

# I международная научно-практическая конференция «Товарный бетон – новые возможности в строительных технологиях»

### Направления:

- ◆ теория и практика,
- ◆ компоненты, состав, свойства и технологии
- ◆ твердение и уход за бетоном в конструкциях
- ◆ контроль качества и мониторинг свойств
- ◆ бетоны нового поколения и их технология

**Целевая аудитория** – производители и потребители товарного бетона; производители и поставщики компонентов, оборудования, опалубки; строительные организации, проектные организации, вузы.

Информационные спонсоры – журналы «Строительные материалы»® (Москва), «Строительные материалы и изделия» (Киев), «Бетон и железобетон в Украине»

Контакты: тел./факс +38 (057) 755-97-95, 755-37-44 E-mail: oks\_rek@mail.ru

Р.Г. ДОЛОТОВА, канд. техн. наук, Тывинский государственный университет (г. Кызыл, Республика Тыва); В.Н. СМИРЕНСКАЯ, канд. техн. наук, В.И. ВЕРЕЩАГИН, д-р техн. наук, Томский политехнический университет

## **Оценка активности низкокремнеземистого сырья и его пригодности в качестве заполнителя ячеистого бетона**

На современном этапе развития строительной индустрии и тенденции роста инвестиционной активности в строительном комплексе изделия из ячеистого бетона являются весьма перспективными и эффективными строительными материалами, так как при относительно небольшой средней плотности обладают достаточной прочностью, необходимой для производства как изделий конструкционного назначения, так и материалов с хорошими теплоизоляционными свойствами.

Изделия из ячеистых бетонов наилучшим образом адаптированы к сложному климату и экономическим условиям Сибирского региона и имеют ряд важных достоинств: недефицитное сырье (цемент, известь, песок или другие кремнеземсодержащие материалы, газо- или пенообразователи); высокий уровень технологий и ответственного оборудования; хорошие физико-механические и теплотехнические характеристики.

При использовании в составах ячеистых бетонов местных кремнеземсодержащих заполнителей важной является оценка их активности.

Традиционно в качестве вяжущего ячеистого бетона используется портландцемент, низкокремнеземистого заполнителя – сырье с высоким содержанием свободного кварца – кварцевые пески, содержащие не менее 75 % SiO<sub>2</sub>. Доступными источниками местного кремнеземсодержащего сырья как потенциального резерва минерально-сырьевой базы промышленности строительных материалов являются полевошпатово-кварцевые пески и различные виды техногенных материалов, использование которых в производстве ячеистых бетонов должно соответствовать требованиям соответствующих стандартов. Поэтому окончательное заключение о пригодности нетрадиционных кремнеземсодержащих природных и техногенных сырьевых материалов в составе ячеистых бетонов различного назначения делается после комплекса технологических исследований.

В данной работе представлены результаты комплексных исследований физико-химических и технологических свойств кремнеземсодержащего минерального сырья Республики Тыва – природного песка и вскрышных пород угледобычи с целью определения их активности и оценки пригодности в качестве заполнителей для технологии газобетона неавтоклавного твердения различного функционального назначения. Пески Кы-

зыльского месторождения и вскрышные породы, образующиеся при добыче угля Каа-Хемского месторождения, по своим запасам и имеющимся накоплениям могут использоваться в производстве ячеисто-бетонных изделий различного назначения. Выбор объектов исследований производили по результатам предварительной оценки свойств кремнеземсодержащих материалов, соответствующих требованиям ГОСТ 25485–89 «Бетоны ячеистые. Технические условия» и экономической целесообразности, в том числе оптимальных транспортных затрат по доставке сырья на производство и готовой продукции к потребителю.

Природное кремнеземсодержащее сырье Республики Тыва характеризуется специфическими геологическими условиями образования, что определяет особенности его химико-минералогического состава и свойств.

Изучение физико-механических свойств кремнеземсодержащих материалов (табл. 1) показало, что они отвечают соответствующим требованиям ГОСТ 25485–89, предъявляемым к заполнителям ячеистого бетона.

Анализ гранулометрического состава исходных кремнеземсодержащих материалов позволяет классифицировать их как среднезернистые и крупнозернистые, что не обеспечит качественной поризации и устойчивости ячеисто-бетонных масс при их газоспучивании и вызревании. Поэтому при подготовке кремнеземсодержащих заполнителей производился их помол до удельной поверхности 1500–6000 см<sup>2</sup>/г. При этом установлено, что помол материалов до удельной поверхности 2500 см<sup>2</sup>/г обеспечивает необходимую степень дезинтеграции кристаллов основных минералов, что позволяет прогнозировать повышение их химической активности и определить возможности последующего фракционирования измельченных материалов с достаточным уровнем выхода полезного продукта для получения высококачественных ячеисто-бетонных изделий с повышенным уровнем эксплуатационных свойств.

По данным петрографического и рентгенофазового методов анализа, основными породообразующими минералами песка и вскрышных пород являются β-кварц и минералы полевых шпатов в различном соотношении (ортоклаз, альбит, анортит).

Исследуемое кремнеземсодержащее сырье имеет повышенное содержание оксидов щелочных металлов,

**Таблица 1**

Материал	Содержание оксидов, мас. %						
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O	ППП
Песок	65,06	17,37	3,97	6,6	1,47	3,5	2,03
Вскрышные породы	68,96	11,73	4,65	2,5	2,48	4,04	5,64



Таблица 2

Вид кремнеземистого материала, его фракции, мм	Показатель активности, $(CaO + R_2O)/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$	Гидравлическая активность по поглощению извести из насыщенного раствора, мг/г	Потенциальная реакционная способность по содержанию растворимого $SiO_2$ , ммоль/л	Пуццолановая активность по поглощению извести при кипячении, %	Гидравлическая активность по поглощению гипса из насыщенного раствора
Кварцевый песок*	0,24	45	36	3,95	38,5
Полевошпатово-кварцевый песок ( $S_{уд} = 2500 \text{ см}^2/\text{г}$ )	0,47	26	30	1,67	170
1,25–0,63	–	26		1	168
0,63–0,315	0,43	28		1,25	174
0,315–0,14	0,56	31,5		1,6	183
0,14 и менее	0,76	35,5		1,5	185
Полевошпатово-кварцевые вскрышные породы ( $S_{уд} = 2500 \text{ см}^2/\text{г}$ )	0,4	31,5	35	1,89	185
1,25–0,63	–	30,01		1,1	177
0,63–0,315	0,59	35,1		1,4	180
0,315–0,14	0,79	39,15		1,8	185
0,14 и менее	1,02	42,07		1,66	190

\* Для сравнения активности исследуемого низкокремнеземистого сырья приведены экспериментальные данные активности для кварцевого песка с валовым содержанием оксида кремния 87,9%.

что нежелательно для технологии ячеистого бетона, причем с увеличением степени дисперсности содержание щелочных оксидов увеличивается, что свидетельствует о более выраженной полевошпатовой минерализации их более тонких фракций.

В соответствии с принятым в современной практике исследований порядком оценки химических свойств по активности сырьевых материалов в работе сделан акцент на комплексное изучение реакционной способности низкокремнеземистых материалов по отношению к насыщенным растворам, имитирующим составы цементосодержащих систем.

Наиболее важной химической характеристикой кремнеземосодержащих материалов, используемых в технологии вяжущих и изделий на их основе, является содержание в них активного кремнезема, определяющего реакционную способность сырья по отношению к извести и продуктам гидратации цемента. Химическая активность кремнеземосодержащих материалов зависит от содержания в них активного кремнезема и характеризуется способностью материала вступать в химическое взаимодействие с различными реагентами с образованием водостойких соединений.

Оценка химической активности низкокремнеземистого сырья проводилась по их пуццолановой активности, потенциальной реакционной способности и гидравлической активности (табл. 2).

Пуццолановая активность песка и вскрышных пород исследовалась по ускоренной методике при кипячении проб в насыщенном растворе гидроксида кальция в течение одного часа с последующим титрованием раствора соляной кислотой. Пуццолановая активность низкокремнеземистого сырья рассчитывалась по разнице содержания гидроксида кальция в исходном растворе и после взаимодействия с пробами в течение 1 ч. Установлено, что с ростом дисперсности песка и вскрышных пород пуццолановая активность увеличивается, что обусловлено увеличением растворимости тонкоизмельченных материалов; наибольшее значение активности соответствует фракции 0,315–0,14 мм.

Потенциальная реакционная способность низкокремнеземистых материалов определялась по методике «Определение потенциальной реакционной способно-

сти горных пород химическим методом» в соответствии с ГОСТ 8269–91 при их обработке 1N раствором NaOH и оценивалась по количеству растворимого  $SiO_2$ , перешедшего в щелочную вытяжку через 24 ч выдержки в термостатических условиях при 80°C. Из эксперимента установлено, что более активно в щелочную вытяжку выделяется оксид кремния из вскрышных пород.

Гидравлическая активность низкокремнеземистых сырьевых материалов по поглощению извести из насыщенного раствора определялась в работе по ГОСТ 25094–82 «Добавки активные минеральные. Методы испытаний». Количество извести, поглощенное из известкового раствора крупными зёрнами песка и вскрышных пород, меньше, чем мелкими, что обусловлено общей дисперсностью материала, особенностями формы и характера поверхности зёрен, степенью их дефектности. На поверхности зёрен исследуемого сырья после взаимодействия с насыщенным раствором гидроксида кальция зафиксировано образование тончайших пленок-оболочек из гидроксида кальция, что в последующем обеспечивает повышенное химическое сродство таких заполнителей с продуктами твердения портландцемента. Наибольшая реакционная способность характерна для фракций 0,315 мм и менее исследуемых низкокремнеземистых материалов.

Гидравлическая активность низкокремнеземистого сырья по отношению к насыщенным растворам гипса и извести при кипячении оказалась достаточно высокой, что свидетельствует о наличии активной алюминатной и ферритной составляющих в исследуемом сырье.

Для сравнительной оценки качества и пригодности сырья в технологии вяжущих и изделий на их основе наибольшее распространение получили характеристики модуля основности и качества. Анализ расчета не всегда позволяет дать однозначную оценку качества и пригодности сырья, так как модули не учитывают особенностей поведения, в частности пород полевошпатовой минерализации в цементосодержащих системах. Поэтому для определения коэффициента активности (качества) низкокремнеземистого сырья была предложена формула  $K_{акт} = (CaO + R_2O)/(Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ , которая более полно определяет особенности поведения и характер взаимодействия полевошпатовых пород с цементными составляющими (табл. 2). Действительно,

**Таблица 3**

Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при сжатии, МПа	Класс прочности	Открытая пористость, %	Морозостойкость, циклы	Усадка при высыхании, мм/м	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)
Ячеистый бетон с использованием природного пека						
500	2,45	B2	23	35	0,55	0,12
800	3,5	B3,5	21	35	0,5	0,23
1100	4,45	B5	19	35	0,43	0,35
Ячеистый бетон с использованием вскрышных пород						
500	2,55	B2,5	26	35	0,5	0,13
800	3,85	B3,5	23	35	0,4	0,23
1100	4,7	B5	18	35	0,3	0,35

при анализе рентгенограмм исходного материала, продукта взаимодействия калий-натриевого полевого шпата с насыщенным раствором гипса в присутствии извести при кипячении в течение 2 ч и последующей обработке 1N раствором HCl и вторичного осадка, образовавшегося в фильтрате при остаточной концентрации в нем ионов SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, в фильтрате выявлены новые соединения растворимых форм гидросульфалюминатов и гидросульфферритов калия, натрия и кальция, что определяет повышенную алюминатную (ферритную) активность пород полевошпатовой минерализации.

По результатам проведенных исследований, учитывая особенности свойств пород полевошпатово-кварцевой минерализации, были получены ячеисто-бетонные образцы на основе портландцемента с использованием низкокремнеземистых заполнителей и технологических добавок. В табл. 3 приведены технические свойства газобетонных изделий неавтоклавного твердения различного назначения.

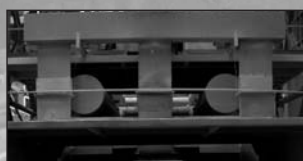
В качестве газообразователя использовали алюминиевую пудру ПАП-1. Тепловлажностная обра-

ботка проводилась в пропарочной камере при атмосферном давлении и температуре 95–90°С по режиму 1,5–8–2 ч. Ячеисто-бетонные смеси содержали 51% портландцемента, 5% извести, 2% полуводного гипса, 2% жидкого натриевого стекла, 5% микрокремнезема и 35% заполнителя. В качестве заполнителя использовали либо природный песок, либо вскрышную породу.

Таким образом, комплексными исследованиями химической активности продуктов помола и фракционирования низкокремнеземистых сырьевых материалов установлено, что породы полевошпатово-кварцевой минерализации проявляют повышенную алюминатную и ферритную активность в цементосодержащих системах с образованием растворимых форм гидросульфалюминатных (ферритных) соединений калия, натрия, кальция, а предложенный обобщенный коэффициент активности позволяет оценивать качество и пригодность низкокремнеземистого сырья в качестве заполнителя неавтоклавного ячеистого бетона.

## **ПНО ПРОМАВТОМАТИКА**

**Газовые горелки  
для кирпичных заводов  
в комплекте с автоматикой  
и арматурой  
«под ключ»**



**Наш адрес: Россия, Москва, 117105, ул. Нагатинская, д. 3Б, офис 416  
Тел./факс: +7 (499) 611-00-62, +7 (499) 611-04-31, Тел.: +7 (910) 406-83-72  
Internet: [www.promautomatika.ru](http://www.promautomatika.ru)  
E-mail: [mail@promautomatika.ru](mailto:mail@promautomatika.ru)**

реклама

УДК 666.973

В.А. ПИНСКЕР, канд. техн. наук, научный руководитель,  
В.П. ВЫЛЕГЖАНИН, канд. техн. наук, директор Центра ячеистых бетонов (Санкт-Петербург)

## Пути экономии цемента при производстве ячеистых бетонов

За последнее время цены на цемент выросли в 10 раз. Монополизация цементного производства, биржевые продажи, расширение объемов строительства привели к тому, что его биржевая цена достигла 5700 р./т, а оптовая – 7000 р./т. Все это увеличивает себестоимость газобетона и снижает его конкурентоспособность. Цены в РФ не имеют тенденций к снижению, поэтому нужно искать способы его экономии или замены при производстве ячеистых бетонов.

Неавтоклавный, в том числе монолитный, пенобетон, тем более пеноцемент, усердно насаждаемый некоторыми фирмами и запрещенный действующими нормами, поскольку он готовится на высококачественном цементе ПЦ500Д0, становится малорентабельным.

Снизить расход цемента на заводах, выпускающих автоклавный газобетон и газосиликатобетон (с содержанием цемента в составе вяжущего более 50%) можно путем следующих мероприятий: механоактивация поступающего цемента посредством его домола (или пропуска через дезинтегратор), возможно, с добавкой песка; закупка цементного клинкера и заводской помол его с песком (золой); применение вяжущих низкой водопотребности ВНВ, которые могут готовиться в помольном цехе заводов ячеистого бетона; добавка активаторов твердения цемента, например на основе d-металлов; добавка микрокремнезема; приготовление цементно-песчаного вяжущего.

Переход на газосиликатбетон с доведением расхода цемента до 10% (для повышения морозостойкости) в составе вяжущего также способствует решению поставленной задачи. Возможен переход на чисто известковые вяжущие (газо- и пеносиликаты).

40-летний опыт воронежских ученых и строителей показал, что из газосиликата можно делать прочные и долговечные здания.

Большой опыт бесцементного производства имеет Ступинский завод ячеистого бетона мощностью 200 тыс. м<sup>3</sup>, введенный в 1961 г. (на польском оборудовании) и выпускавший газосиликат средней плотностью от 360 до 800 кг/м<sup>3</sup> в блоках и панелях, причем расход извести для плотности 700 кг/м<sup>3</sup> не превышал 160 кг/м<sup>3</sup> при ее активности 70%. 12 заводов газосиликата (без применения цемента) работают в Польше, Словакии и Чехии.

В России отработана технология использования отходов и побочных продуктов промышленности, содержащих двухкальциевый силикат, активизирующийся при автоклавной обработке. К таким продуктам относятся золы от сжигания горючих (битумных) сланцев. На этих сланцах работал крупнейший в Европе Нарвский комбинат строительных материалов мощностью 400 тыс. м<sup>3</sup>/год (разоренный после распада СССР), два завода в г. Сланцы и ныне действующий завод в Ахтме (Эстония).

Весьма ценным отходом являются нефелиновые шламы, технология производства автоклавных ячеистых бетонов из которых отработана под руководством П.И. Боженова. Для активации шлама необходима добавка 15% извести или 20% цемента. Правда, цементники скупают этот шлак почти даром, а изготовленный из него цемент продают втридорога.

Возможно приготовление специального известково-белитового вяжущего для производства автоклавных бетонов. Это вяжущее получается путем низкотемпературного (800–900°C) обжига известково-песчаных и мергелизированных шихт во взвешенном состоянии и имеет невысокую себестоимость. Завод ячеистого бетона на таком вяжущем работает в Стерлитамаке.

Бесцементные ячеистые бетоны могут изготавливаться на основе доменного гранулированного шлака, широко апробированного на уральских заводах ячеистого бетона. Ячеистые шлакобетоны имеют высокую прочность и морозостойкость, низкую себестоимость.

Доменные шлаки используются и при производстве шлакощелочных ячеистых бетонов, в которых молотый шлак активизируют жидким стеклом. Такие бетоны имеют повышенную прочность и огнестойкость, высокую экономичность. Они эффективны, даже если шлак возить на расстояние до 1000 км. Жидкое стекло может быть хорошим заменителем цементов в изготовлении ячеистых бетонов, придавая последним свойства жаростойкости.

Нами изготовлен и испытан ячеистый кремнебетон на основе тридимито-кристаллитового (ТК) вяжущего, которое получается из кварцевого песка путем его обжига при 1200–1300°C со щелочеобразователями (технической кальцинированной содой, или техническим бикарбонатом натрия). Содержание ТК вяжущего в составе бетона находится в пределах 14–25%, остальное молотый и немолотый песок. В качестве песка использовались хвосты комбината «Фосфорит», которых в отвалах накопилось более 100 млн т, т. е. это неисчерпаемый запас вяжущего, которое можно использовать не только в ячеистых бетонах, но и для изготовления искусственных камней (под гранит, габбро, яшму, мрамор, малахит и т. д.), а также изделий переменной плотности – внутри ячеистый бетон снаружи «мрамор» (более морозостойкий).

Возможно изготовление ячеистых бетонов на основе фосфогипса – отхода Волховского алюминиевого завода и отходов комбината «Фосфорит», которых скопилось в отвалах десятки миллионов тонн. Перевод фосфогипса в активную форму осуществляется путем помола его с известью-кипелкой, которая, отбирая полторы молекулы воды у двуводного гипса, превращает его в активную форму полугидрата. Введение газо- (пено) образующей добавки с соответствующим кремнеоргаником позволяет получить легкие, прочные, водо- и морозостойкие блоки, пригодные для капитального строительства. То же относится к цитрогипсу, борогипсу, титаногипсу.

Имеется опыт изготовления ячеистых бетонов на фосфатных вяжущих, которые в нынешних условиях гораздо дешевле цемента.

Таким образом, накоплено огромное количество апробированных разработок, в том числе широко внедренных, которые показывают, что для приготовления ячеистых бетонов цемент вовсе не обязателен и вместо него могут использоваться различные отходы промышленности, позволяя получить высококачественные и экологически чистые ячеистые бетоны низкой себестоимости. Их производство станет более прибыльным и позволит эффективнее решать проблему доступного жилья.

В.С. ГРЫЗЛОВ, д-р техн. наук, советник РААСН,  
Череповецкий государственный университет

## Универсальная модель теплопроводности легкого бетона

Теплозащитные свойства ограждающих конструкций оцениваются их термическим сопротивлением, которое является функцией теплопроводности материалов, использованных при изготовлении этих конструкций.

Теплопроводность является структурно-чувствительным свойством строительных материалов, поэтому при ее прогнозе должны учитываться как процессы структурообразования этих материалов, так и воздействие на материалы различных эксплуатационных факторов.

Исходя из этих положений теплопроводность легкого бетона в условиях эксплуатации можно выразить:

$$\lambda(t) = \lambda_0 - \Delta\lambda_0(t), \quad (1)$$

где  $\lambda(t)$  – теплопроводность в фиксированный момент времени  $t$ ;  $\lambda_0$  – теплопроводность при завершении в основном структурообразования, например для бетона 28 сут твердения;  $\Delta\lambda_0(t)$  – приращение, которое возникает в результате эксплуатационных действий за время  $t$ .

Знак «минус» указывает, что релаксация свойства связана с уравниванием конструктивных и деструктивных процессов, происходящих в материале, которые в целом приводят к уменьшению внутреннего напряжения и развитию необратимых деформаций.

В термодинамическом аспекте можно предположить, что скорость изменения теплопроводности пропорциональна ее отклонению от равновесного значения  $\lambda$ , следовательно:

$$\lambda(t) = \lambda_0 - \Delta\lambda_0(t) e^{-(t-t_0)/\tau}, \quad (2)$$

где  $t_0$  – время интенсивного структурообразования;  $\tau$  – время релаксации.

Уравнение (2) можно считать общим уравнением теплопроводности легкого бетона. Решение данного уравнения сводится к минимизации  $\lambda_0$  и  $\tau$ , где  $\lambda_0$  представляет собой структурно-технологический аспект теплопроводности и может прогнозироваться на стадии проектирования состава бетона. Время релаксации  $\tau$  зависит не только от внутренних параметров  $\lambda_0$ , но и от характера нарушения его равновесного значения, в первую очередь за счет деструкции.

Современная теория легкого бетона базируется на принципе целенаправленного структурообразования. Сочетание этого принципа с требованием минимальной теплопроводности предопределяет необходимость максимального содержания в бетонной смеси пористого заполнителя при минимальном расходе цемента, исключает возможность применения кварцевого песка, высокоглинкерного вяжущего и предполагает слитную мелкопористую структуру бетона.

В легком бетоне к обычно выделяемым трем структурным элементам – заполнителю, цементному камню, контактному слою между ними необходимо добавлять пористость и влагу, заполняющую капиллярно-пористое пространство. Каждый из этих элементов в той или иной степени оказывает влияние на теплопроводность бетона

в целом, причем степень этого влияния связана с качественной и количественной характеристиками составляющих элементов. В разные периоды эксплуатационного воздействия элементы находятся в различном состоянии. Условно эти состояния можно принять как стабильные, условно-стабильные и нестабильные. Основными эксплуатационными факторами являются влага, температура, силовые нагрузки. При рассмотрении их комплексного воздействия на ограждающую конструкцию необходимо дифференцированно учитывать эти факторы в изменении теплотехнических характеристик основных элементов легкого бетона.

Для заполнителя физико-химические процессы завершаются в основном на стадии формирования его структуры, зафиксировав минералогический, фазовый состав и пористость. Являясь статистически обособленной частицей в матричной структуре бетона, заполнитель в незначительной степени испытывает влияние влажностного (эксплуатационного) воздействия. В то же время заполнитель достаточно чувствителен к температурным и силовым колебаниям.

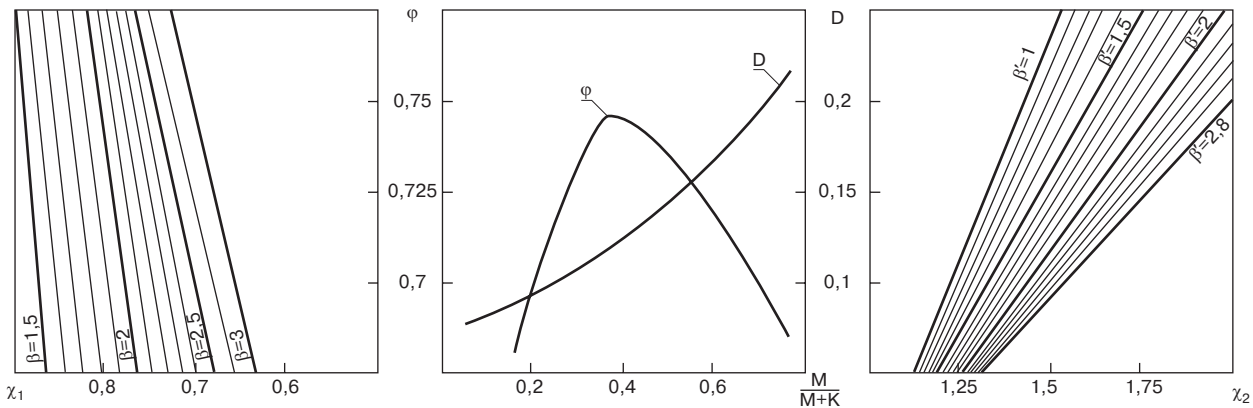
Для цементного камня и контактного слоя характерны все виды процессов и эксплуатационных воздействий, однако физико-химические процессы имеют тенденцию к затуханию, активно участвуя лишь в начальный период эксплуатации конструкций и при определенных условиях могут быть управляемыми. Физико-механические процессы формируют в основной дефектность матрицы в бетоне и в пределах допустимых показателями прочности и долговечности бетона приводят к некоторому повышению его термического сопротивления из-за накапливающихся дефектов.

Влага – активный компонент легкого бетона, оказывающий влияние на его теплопроводность. Она прямо или косвенно участвует во всех процессах, нестабильна по своему количественному и качественному состоянию является энергетическим фактором тепломассопереноса. Влага практически не реагирует на силовые воздействия, но при фазовых превращениях создает значительные внутренние напряжения, которые способствуют деформированию и разрушению бетона.

Все это позволяет представить пути формирования теплопроводности легкого бетона в виде функциональных связей трех параметрических составляющих:  $C_i$  – структурно-формирующие факторы;  $K_i$  – структурные элементы;  $k_i$  – внутриэлементные составляющие.

Дифференцирование этих путей по степени значимости невозможно без соответствующего математического анализа структурных связей на базе функциональных зависимостей параметров системы, получаемых из эксперимента или теории. Предполагается, что теплопроводность является дифференцируемой функцией внутриэлементных составляющих и учитывается, что влияние структурно-формирующих факторов обусловлено временем:

$$\frac{d\lambda_0}{dt} = \sum \frac{\partial \lambda_0}{\partial k_i} \frac{\partial k_i(C_i)}{\partial C_i} \Delta C_i(t). \quad (3)$$



Номограмма назначения  $\chi_1$ ,  $\chi_2$  по агрегатно-структурным характеристикам легкого бетона. Здесь  $M$  – объем мелкой фракции заполнителя;  $K$  – объем крупной фракции заполнителя

Расчет эффективной теплопроводности многокомпонентных систем представляет сложную задачу. Для некоторых классов материалов имеются частные модельные подходы. На основе анализа теплопередачи в модельных средах делается попытка раскрытия механизма кондуктивного теплообмена и вывода зависимости теплопроводности от свойств среды. Однако эти зависимости носят в большей степени качественный, а не количественный характер и базируются на статистическом методе.

Полученные уравнения структурной теплопроводности легкого бетона (2, 3) предполагают разработку расчетной методики, основанной на представлении бетона как физической системы, в которой очень тесно переплетаются принципы статистической и физико-химической неоднородности.

Проведенные исследования [1] позволили разработать универсальную модель теплопроводности легкого бетона, учитывающую агрегатно-структурное (макроструктура) и физико-химическое (микроструктура) взаимодействие компонентов бетонной смеси:

$$\lambda_0 = \lambda_m / [1 + (\beta - 1)\phi\chi_1\chi_2]; \quad \beta = \lambda_m / \lambda_b, \quad (4)$$

где  $\lambda_m$ ,  $\lambda_b$  – коэффициенты теплопроводности матрицы (вязущего) и включения (заполнителя);  $\phi$  – относительный объем заполнителя;  $\chi_1$  – коэффициент влияния макроструктуры, отражающий механический аспект модели;  $\chi_2$  – коэффициент влияния микроструктуры, отражающий физико-химический аспект модели.

Коэффициент  $\chi_1$  является функцией  $\beta$  и  $\phi$ , определяется по номограмме (см. рисунок). Коэффициент  $\chi_2$  является функцией  $D$  и  $\beta'$ , определяется по номограмме (см. рисунок), где  $D$  и  $\beta'$  – относительные значения толщины и теплопроводности контактного слоя матрица–заполнитель.

На рисунке представлена номограмма назначения  $\chi_1$ ,  $\chi_2$  по агрегатно-структурным характеристикам легкого бетона. Сравнение расчетных и экспериментальных результатов исследования (таблица) теплофизических характеристик шлакопемзобетона класса В5 на шлаковой пемзе Череповецкого металлургического комбината свидетельствует, что разработанная модель достаточно объективно оценивает теплопроводность легкого бетона и может использоваться для прогнозирования  $\lambda_0$  в общем уравнении (2).

Для оценки второго слагаемого в уравнении (2) требуется глубокий анализ эксплуатационных воздействий и их влияния на изменение теплопроводности легкого бетона.

Формирование влажностных параметров легкого бетона включает два этапа: технологический и эксплуатационный. Технологический этап непосредственно связан с процессами приготовления и первоначального интенсивного твердения бетонной смеси. Общее влагосодержание бетона находящегося в изотермической среде после окончания технологического этапа можно выразить:

$$\omega = \omega_{исх.} \pm \omega_{п.в.}, \quad (5)$$

где  $\omega_{исх.}$  – исходное влагосодержание при приготовлении бетона;  $\omega_{п.в.}$  – количество влаги, регулируемое суммарным потоком влагопереноса.

Многочисленные наблюдения позволили сделать вывод, что при условиях изотермического режима тепловлажностной обработки (давление < 1 атм, температура 80–95°C, относительная влажность 100%) интегральное влагосодержание бетона не увеличивается, т. е.  $\omega_{п.в.}$  близко к нулю.

Начальный, эксплуатационный этап кинетики влагосодержания связан с интенсивными процессами ис-

Таблица

Плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>	M / (M+K)	φ	Характеристика цемента			D	β	β'	χ <sub>1</sub>	χ <sub>2</sub>	λ <sub>0</sub> по (4), Вт/(м·°C)	λ <sub>0</sub> экспер., Вт/(м·°C)
			Вид	Марка	λ <sub>m</sub> , Вт/(м·°C)							
1410	0,3	0,732	Шлако-портланд-цемент	400	0,484	0,108	1,68	1,31	0,85	1,3	0,312	0,315
1380	0,35	0,743	Портланд-цемент	400	0,504	0,118	1,75	1,29	0,84	1,34	0,309	0,305
1420	0,4	0,745	Портланд-цемент (г. Пикалево)	400	0,579	0,125	2,01	1,25	0,8	1,33	0,321	0,328
1400	0,5	0,736	Шлако-портланд-цемент	300	0,464	0,145	1,61	1,33	0,86	1,4	0,301	0,309

парения влаги из бетона с переходом в более медленные, десорбционные процессы. Эксплуатационное влажностное состояние ограждения наступает, когда влагосодержание бетона приближается к некоторому стабильному состоянию, равновесному относительно воздействующих на ограждение внутренней и наружной сред. Равновесное влагосодержание в этот и последующие периоды циклически изменяется в течение года, возрастая к концу зимы и снижаясь к концу лета.

Для легкого бетона, находящегося в изотермической воздушной среде, справедливо уравнение влагопроводности [2]:

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = \alpha_m \frac{\partial^2 \omega}{\partial l^2}, \quad (6)$$

где  $\omega$  – влагосодержание бетона;  $\alpha_m$  – коэффициент нестационарной влагопроводности;  $l$  – характерный размер конструкции, равный наибольшему расстоянию, на которое необходимо переместиться влаге внутри конструкции, чтобы достигнуть поверхности испарения.

Данное уравнение можно использовать для обоснования сравнительных расчетов длительности естественной сушки ограждающих конструкций из капиллярно-пористых материалов.

Известно, что при сверхсорбционном влагонасыщении легкого бетона происходит достаточно полное заполнение капиллярной системы, в силу чего становится возможной влагопроводность. В изотермических условиях поток влаги пропорционален градиенту влагосодержания ( $\Delta \omega$ ). В неизотермических условиях влагопроводность обусловлена также градиентом температуры ( $\Delta T$ ); возникает явление термовлагопроводности. Однако пока градиент влагосодержания не достигнет некоторой пороговой величины, увеличения потока энтропии за счет диффузионного потока вещества не происходит.

Такое значение влагосодержания в термодинамике названо критическим [3]. Оно соответствует окончанию периода внешней диффузии и началу момента падающей скорости испарения влаги. Это позволяет поновому интерпретировать понятие критической влажности и рекомендовать для практических расчетов коэффициента теплопроводности легкого бетона во влажном состоянии следующую зависимость:

$$\lambda_{\omega} = \lambda_0 + \left( \frac{\lambda_{\text{в}} - \lambda_0}{\omega_{\text{к}}} + c \right) \omega, \quad (7)$$

где  $\lambda_{\text{в}}$  – коэффициент теплопроводности воды;  $\omega_{\text{к}}$  – критическое влагосодержание, %;  $c$  – безразмерный коэффициент, который зависит от вида бетона, например для шлакопемзобетона равен 0,001.

Если влажная конструкция находится в талом состоянии, то при понижении температуры наружного воздуха ниже температуры замерзания влаги в бетоне образуется промерзший слой, толщина которого  $\delta$  изменяется во времени. В годовом цикле наружная температура изменяется сравнительно медленно, поэтому скорость передвижения фронта промерзания будет пренебрежимо мала, следовательно, и  $\delta$  будет изменяться медленно.

Изменяющаяся граница мерзлого слоя является фронтом промерзания с постоянной температурой замерзания влаги ( $T_{\text{ф}}$ ). При одностороннем воздействии отрицательной температуры граница мерзлого слоя делит конструкцию по сечению на две зоны: внутреннюю в области положительной температуры и внешнюю в области отрицательной температуры. Соответственно коэффициент теплопроводности во внутренней зоне ( $\lambda_{\omega}$ ) будет отличаться от коэффициента теплопроводности во внешней зоне ( $\lambda_{\text{мз}}$ ). Из условия баланса тепла на фронте промерзания и математической формулировки задачи Стефана можно определить границу фазовых переходов  $\delta$  и получить выражение для оценки коэффициента теплопроводности бетона в мерзлой зоне сечения конструкции  $\lambda_{\text{мз}}$ :

$$\lambda_{\text{мз}} = \lambda_{\omega} \frac{1-d}{\delta} \frac{T_{\text{ф}} - T_{\text{в}}}{T_{\text{ф}} - T_{\text{н}}}, \quad (8)$$

где  $T_{\text{в}}$ ,  $T_{\text{ф}}$ ,  $T_{\text{н}}$  – соответственно температура внутреннего воздуха, фазовых переходов, наружного воздуха;  $d$  – толщина конструкции.

Учитывая температурную двухслойность ограждающей конструкции, термическое сопротивление ограждения следует рассчитывать как:

$$R_{\text{к}} = \frac{\delta}{\lambda_{\text{мз}}} + \frac{d - \delta}{\lambda_{\omega}}. \quad (9)$$

В заключение следует отметить, что предлагаемая методика прогнозирования теплопроводности дала положительные результаты при проведении натуральных теплотехнических испытаний ограждающих конструкций из шлакопемзобетона, позволила качественно дополнить информацию о теплофизических свойствах легкого бетона и рекомендовать ее для использования в теплотехнических расчетах.

#### Список литературы

1. *Комохов П.Г., Грызлов В.С.* Структурная механика и теплофизика легкого бетона. Вологда: Изд-во научного центра АН РФ, 1992. 321 с.
2. *Ильинский В.М.* Строительная теплофизика. М.: Высшая школа, 1974. 321 с.
3. *Грызлов В.С., Меньшикова Е.В.* Элементы термодинамики бетона. Череповец: Изд-во ГОУ ВПО ЧГУ, 2005. 169 с.

Всероссийская научная конференция с международным участием

### «Научные основы химии и технологии переработки комплексного сырья и синтеза на его основе функциональных материалов»

8–11 апреля 2008 г.

г. Апатиты, Мурманская обл.

**Организаторы:** Российская академия наук, Отделение химии и наук о материалах, Научный совет «Научные основы химической технологии», Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Танаева Кольского научного центра РАН, Российский фонд фундаментальных исследований, Администрация Мурманской области, Мурманский государственный технический университет

#### Тематика конференции:

- проблемы строительного материаловедения и технологии строительных и технических материалов при утилизации техногенных продуктов;
- химия и технология гидрометаллургической переработки сырья;
- состояние и перспективы рынка потенциальных продуктов технологии, экономика технологических схем;
- пирометаллургические методы в технологии;
- исследование синтеза, свойств и применения функциональных материалов.

Прием тезисов докладов до 20 января 2008 г.

Адрес: 184209, г. Апатиты Мурманской обл., ул. Ферсмана, 26 а, Академгородок

Тел.: (81555) 79-423, 79-145, факс: (81555) 61-658  
E-mail: klesh\_on@chemy.kolas.net.ru

УДК 666.965.3

В.И. КАЛАШНИКОВ, д-р техн. наук, М.Н. МОРОЗ, канд. техн. наук,  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

## Теоретические основы смачиваемости мозаичных гидрофобно-гидрофильных поверхностей

При гидрофобизации бетонов и растворов порошковыми тонкодисперсными гидрофобизаторами – стеаратами металлов, вводимыми при приготовлении смесей, стенки капилляров и твердых частиц частично гидрофобизируются. Чем больше угол смачивания гидрофобного порошка, его дисперсность и содержание в материале, тем меньше адгезия воды к таким поверхностям. Угол смачивания в соответствии с законом Юнга зависит от соотношения поверхностных энергий контактирующих фаз [1].

Закон Юнга в одной из трех его форм для состояния капли жидкости на поверхности имеет вид:

$$\sigma_{т-ж} = \sigma_{т-г} - \sigma_{ж-г} \cdot \cos \theta,$$

где  $\sigma_{т-ж}$  – поверхностная энергия на границе твердое тело–жидкость;  $\sigma_{т-г}$  – поверхностная энергия на границе твердое тело–газ;  $\sigma_{ж-г}$  – поверхностная энергия на границе жидкость–газ.

Это уравнение неприменимо, когда твердая поверхность полностью смочена жидкостью  $\sigma_{т-ж} > \sigma_{т-г} + \sigma_{ж-г}$ . Оно неприменимо также при  $\sigma_{т-ж} > \sigma_{т-г} + \sigma_{ж-г}$ , когда твердая поверхность вообще не смочена.

Состояние капли жидкости на гидрофильной и гидрофобной поверхностях изображено на рис. 1. Поверхностная энергия на границе гидрофильное тело–вода

(рис. 1а) при  $\sigma_{т-г} = 200–1200$  мДж/м<sup>2</sup>,  $\theta_1 = 0–90^\circ$  представлена в табл. 1. В табл. 2 приведена поверхностная энергия на границе гидрофобное тело–вода (рис. 1б) при  $\sigma_{т-г} = 20–120$  мДж/м<sup>2</sup>,  $\theta_2 = 90–180^\circ$ .

Исходя из имеющихся экспериментальных данных для гидрофобных веществ с низкоэнергетическими поверхностями  $\sigma_{т-г}$  не может быть выше 100–120 мДж/м<sup>2</sup>.

Для гидрофильных тел величина угла смачивания не оказывает существенного влияния на поверхностную энергию тела на границе с водой (менее 9%).

Особенно велика роль краевых углов воды на гидрофобных поверхностях. Поверхностная энергия гидрофобного тела на границе с водой может сильно возрастать. Так, для двух тел с одинаковыми  $\sigma_{т-г}$ , равными 20 мДж/м<sup>2</sup> при изменении краевых углов смачивания их жидкостью с 90 до 180° поверхностная энергия  $\sigma_{т-ж}$  возрастает в 4,6 раза. Тогда состояние капли на поверхности гидрофобной жидкости будет аналогичным. Если  $\sigma_{т-г} = \sigma_{ж-г}$  (рис. 1б), уравнение Юнга примет вид:

$$\sigma_{ж-ж_1} = \sigma_{ж_1-г} - \sigma_{ж-г} \cdot \cos \theta.$$

Известно, что поверхностная энергия на границе твердое тело – жидкость определяется методом адсорбции. Используя предлагаемые методы расчета и литературные данные по поверхностной энергии твердых тел,

Таблица 1

$\theta_1$ , град	Поверхностная энергия на границе гидрофильное тело–вода, $\sigma_{т-ж}$ , мДж/м <sup>2</sup> при $\sigma_{т-г}$ , мДж/м <sup>2</sup>						Работа адгезии, мДж/м <sup>2</sup>
	200	400	600	800	1000	1200	
0	128	328	528	728	928	1128	144
30	137,7	337,7	537,7	737,7	937,7	1137,7	134
45	149,1	349,1	549,1	749,1	949,1	1149,1	123
60	164	364	564	764	964	1164	108
90	200	400	600	800	1000	1200	72

Таблица 2

$\theta_2$ , град	Поверхностная энергия на границе гидрофобное тело–вода, $\sigma_{т-ж}$ , мДж/м <sup>2</sup> при $\sigma_{т-г}$ , мДж/м <sup>2</sup>						Работа адгезии, мДж/м <sup>2</sup>
	20	40	60	80	100	120	
90	20	40	60	80	100	120	72
120	56	76	96	116	136	156	36
135	70,9	90,9	110,9	130,9	150,9	170,9	21
150	82,4	102,4	122,4	142	162	182	9
180	92	112	132	152	172	192	0

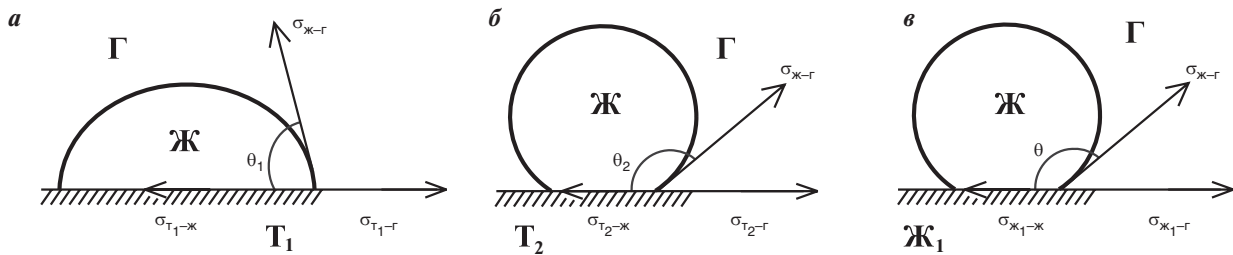


Рис. 1. Состояние капли жидкости: а – на гидрофильной твердой поверхности ( $T_1$ ); б – на гидрофобной твердой поверхности ( $T_2$ ); в – на гидрофобной жидкой поверхности ( $Ж_1$ )

поверхностную энергию твердого тела на границе с жидкостью можно вычислить, зная  $\sigma_{T-\Gamma}$  и  $\sigma_{Ж-\Gamma}$ .

Приведенные значения показывают, что поверхностная энергия на границе гидрофобное тело–воздух ниже, чем поверхностная энергия на границе вода–воздух (табл. 2). Следовательно, энергия когезии жидкости превышает энергию адгезии жидкости с твердым телом и вызывает отторжение капель воды с поверхности.

Приведенные вычисления касаются гидрофильных или гидрофобных поверхностей по отношению к воде, что определяет геометрию капель на поверхности, близкую к деформированному эллипсоиду вращения или шаровому сегменту.

Более сложные геометрические конфигурации капель воды формируются на мозаичных гидрофильно-гидрофобных поверхностях. В капиллярной химии не было задач, связанных с разработкой теории гидрофильно-гидрофобных поверхностей и капиллярных явлений. И лишь задачи создания гидрофобизированных строительных материалов потребовали разработки теоретических основ. Очевидно, что в зависимости от соотношения плотностей распределения по поверхности гидрофильных и гидрофобных участков геометрическое очертание капель может быть разнообразным. При нанесении капли на полосу гидрофильной поверхности, заключенной между двумя гидрофобными поверхностями, наблюдается сужение в поперечном сечении капли и перемещение всего ее объема на гидрофильную поверхность (рис. 2а). Разнообразные профили капли формируются на мозаичной гидрофобно-гидрофильной поверхности (рис. 2б, в), когда площади гидрофобных и гидрофильных участков не так сильно отличаются от посадочной площади капли.

На микроскопически неоднородной поверхности равновесный краевой угол при смачивании гетерогенной твердой поверхности будет средним между углами на гидрофильной и гидрофобной поверхности. По правилу аддитивности можно аналогично записать значение равновесного диаметра капли исходя из диаметров капли на отдельных участках:

$$D_r = (\theta_1 d_1 + \theta_2 d_2) / 2,$$

где  $\theta_1$  и  $\theta_2$  – краевые углы гидрофобной и гидрофильной поверхности соответственно.

Из расчета высоты энергетических барьеров при переходе жидкостью границ неоднородных участков следует, что краевые углы натекания и оттекания неодинаково зависят от соотношения площадей участков твердой поверхности с различным поверхностным натяжением [2]. При натекании торможение вызывают участки, которые смачиваются сравнительно плохо. Поэтому краевые углы натекания изменяются особенно сильно при небольшой площади участков, которые смачиваются хуже. Особенно это заметно происходит при заполнении гидрофильно-гидрофобных капилляров водой или при сферическом положении капли на поверхности со сравнительно небольшой долей покрытия ее гидрофобными микроучастками.

Учитывая, что метастабильное состояние неустойчиво и может легко преодолеваться даже за счет колебаний жидкости, то чем больше энергия капли в момент соприкосновения с поверхностью, тем меньше гистерезис краевых углов. Из этого может быть сделан вывод, что падение капель на гидрофильно-гидрофобную поверхность даже с малой площадью микрогидрофобных участков будет приводить к скатыванию капли с поверхности, имеющей даже небольшой уклон. Увлажнение стен от косога дождя, выступов цоколей, лестничных ступенек, откосов будет в этом случае значительно меньше. Мелкие капли морозящего дождя будут значительно дольше задерживаться на гидрофобно-гидрофильной поверхности и сильнее увлажнять ее, чем крупные капли.

В капиллярах, состоящих из различных материалов с разными углами смачивания и поверхностными энергиями, мениски жидкости могут существенно меняться.

При дискретной гидрофобизации материалов порошковыми металлоорганическими соединениями – стеаратами цинка и кальция, поверхность капилляра можно представить мозаичной с гидрофобными и гидрофильными квадратными участками, расположенными в шахматном порядке. На гидрофильных участках силы поверхностного натяжения стремятся втянуть воду в капилляр, а на гидрофобных – вытолкнуть. Равнодействующая этих сил, зависящая от соотношения площадей фильности и фобности и углов



Рис. 2. Возможные конфигурации капли на гидрофильно-гидрофобной поверхности



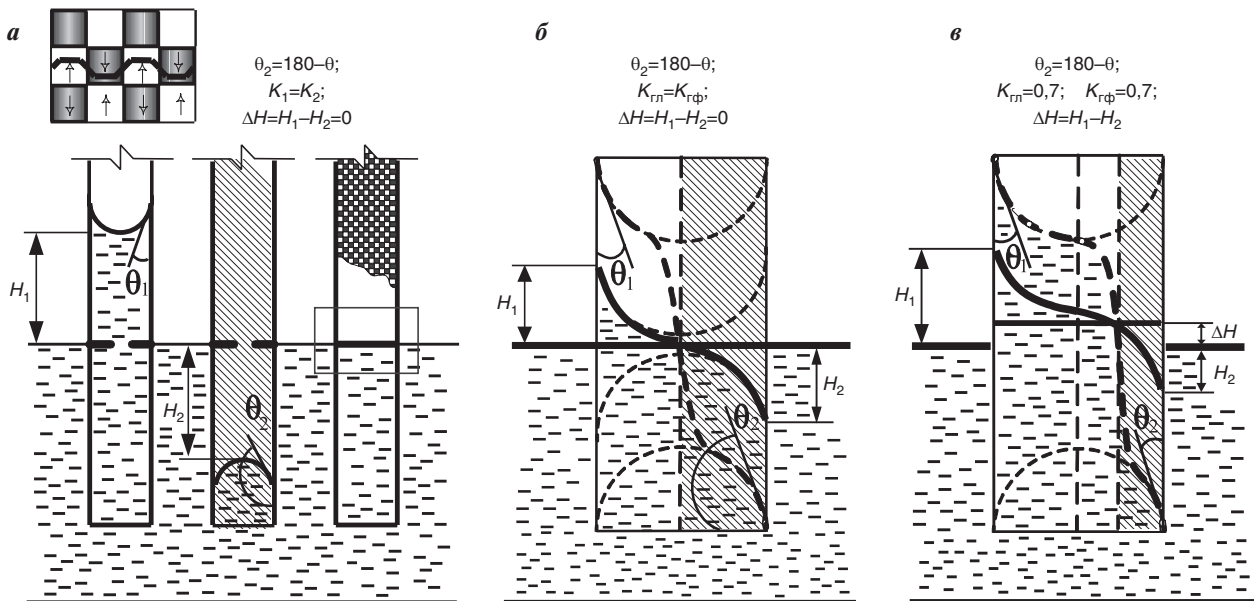


Рис. 3. Профиль мениска в капилляре: а – мозаичный; б, в – полосчатый; □ – гидрофильная поверхность; ▒ – гидрофобная поверхность

смачивания, определяет уровень воды над «дневной» поверхностью жидкости.

Известно, что высота  $H$  подъема смачивающей жидкости в капилляре (рис. 3а) описывается уравнением Жюрена:

$$H = 2\sigma \cdot \cos\theta_1 / r_0 \cdot \rho \cdot g,$$

где  $\sigma$  – поверхностное натяжение на границе жидкость–газ;  $\theta_1$  – краевой угол смачивания;  $r_0$  – радиус капилляра;  $\rho$  – плотность жидкости;  $g$  – ускорение свободного падения.

В гидрофобно-гидрофильных капиллярах при увеличении числа гидрофобных частиц в стенках капилляра степень гидрофобизации будет возрастать вследствие увеличения угла смачивания на гидрофобных участках [3]. Если капилляр гидрофобный, то при угле смачивания его жидкостью  $\theta_2 = 180 - \theta_1$  высота опускания жидкости в нем будет по абсолютной величине равна высоте поднятия ее в гидрофильном капилляре при смачивании его той же жидкостью с углом смачивания  $\theta_1$  (рис. 3а).

При неравенстве площадей гидрофильных и гидрофобных участков, расположенных по длине капилляра (полосовое расположение), введем коэффициенты, учитывающие доли этих поверхностей в общей поверхности стенки капилляра. В соответствии с этим преобразуем уравнение Жюрена для определения уровня жидкости в гидрофобно-гидрофильных капиллярах:

$$\Delta H = \frac{2 \cdot \sigma_{ж-г}}{r_0 \cdot \rho_0 \cdot g} \cdot (K_1 \cdot |\cos\theta_1| - K_2 \cdot |\cos\theta_2|),$$

где  $\theta_1$  и  $\theta_2$  – краевые углы смачивания гидрофильных и гидрофобных участков соответственно;  $K_1$  и  $K_2$  – доли площади, занятой ими. Так, в гидрофобно-гидрофильных капиллярах при  $K_1 = K_2$  и  $\theta_2 = 180 - \theta_1$  высота подъема жидкости будет равна нулю (рис. 3а, б):

$$H = \Delta H = H_1 - H_2 = 0.$$

В капиллярах, вдоль поверхности которых располагаются гидрофобная и гидрофильная полосы (рис. 3б, в), профиль мениска будет иметь сложное очертание.

Средний уровень мениска в мозаичном гидрофобно-гидрофильном капилляре, имеющем 30% площади,

Таблица 3

$\sigma_{ж-г}$ , мДж/м <sup>2</sup>	$r_0$ капилляра, м	$H$ , м, при $K_1 = 1$ ; $\theta_1 = 60^\circ$	$\Delta H$ , м, при $K_1 = 0,7$ ; $K_2 = 0,3$ ; $\theta_1 = 60^\circ$ ; $\theta_2 = 120^\circ$
72	$10^{-7}$	72000	28,8
	$10^{-6}$	7200	2,88
	$10^{-5}$	720	0,28
	$10^{-4}$	72	0,028

занятой гидрофобной поверхностью, а 70% – гидрофильной в зависимости от радиуса капилляра, приведен в табл. 3.

В связи с тем, что стенки капилляров состоят из гидрофобных и гидрофильных участков, а углы смачивания на этих участках являются различными, профили смачивания капилляра по развертке цилиндра будут знакопеременными при равенстве их площадей.

Таким образом, теоретически положение мениска воды в гидрофильно-гидрофобном капилляре будет определяться углами смачивания гидрофильного  $\theta_1$  и гидрофобного  $\theta_2$  участков и их площадями.

Для увеличения площади гидрофобных участков необходимо увеличивать дозировку гидрофобного порошка, что связано с увеличением экономических затрат на гидрофобизацию в связи с высокой стоимостью стеаратов металлов (100 тыс. р. за 1 т). Более экономичный способ заключается в получении высокодисперсного порошкового гидрофобизатора при измельчении его совместно с клинкером, шлаком или горной породой.

Список литературы

1. Адамсон А. Физическая химия поверхностей. М.: Мир, 1979. 568 с.
2. Сумм Б.Д., Горюнов Ю.В. Физико-химические основы смачивания и растекания. М.: Химия, 1976. 232 с.
3. Калашников В.И., Мороз М.Н., Нестеров В.Ю., Хвастунов В.Л., Василик П.Г. Минерально-шлаковые вяжущие повышенной гидрофобности // Строит. материалы. 2005. № 7. С. 64–67.

Г.Ф. БАЛМАСОВ, зам. генерального директора, ООО СП «ЕТС»;  
Л.С. СТРЕЛЕНЯ, главный технолог,  
М.С. ИЛЛАРИОНОВА, руководитель лаборатории, ООО «Петромикс» (Санкт-Петербург);  
П.И. МЕШКОВ, технический консультант, ООО «ЕТС-Москва»

## Реологические свойства строительных растворов

Модификация строительных смесей производится эфирами целлюлозы, редиспергируемыми порошками и другими добавками, что существенно влияет на физико-механические свойства растворов. Добавки позволяют достичь таких свойств, которые обычные цементные растворы проявить не могут. Например, при разработке рецептур самонивелирующихся наливных полов необходимо придать раствору разжижающие свойства. И наоборот, для таких материалов, как шпаклевки или плиточные клеи, требуются тиксотропные свойства. Специальные реологические свойства необходимо придавать и таким смесям, как машинные штукатурки, которые при перекачке должны свободно течь по шлангу, а после нанесения на стену фиксироваться без сползания. Для приклеивания потолочной плитки требуется хорошая клейкость пастообразного раствора. Важны эластичность и высокие адгезионные характеристики отвердевших тонкослойных цементных растворов.

Полный комплекс химических компонентов для модификации сухих смесей, бетонов и ЛКМ предлагает ООО СП «Единая торговая система». На складах ЕТС в Санкт-Петербурге, Москве, Киеве, Екатеринбурге, Новосибирске, Алма-Ате и других городах всегда имеются продукты, необходимые производителям качественных стройматериалов.

Реология – это раздел физики, изучающий течение и деформацию сплошных сред, обладающих вязкостью, пластичностью, упругостью; она занимает промежуточное положение между гидродинамикой и теорией упругости.

Как известно, сухие строительные смеси с точки зрения коллоидной химии относятся к дисперсным системам. Все дисперсные системы можно разделить на две большие группы – бесструктурные системы,

лишенные сплошной структуры, пронизывающей весь объем, и структурированные системы (дисперсные структуры).

В бесструктурных системах частицы дисперсной фазы, являясь свободными, не связаны друг с другом в сплошную сетку, движутся независимо друг от друга в окружающей среде под действием внешних сил, например при седиментации под действием тяжести или центробежных сил.

При этом каждая отдельная частица дисперсной фазы может представлять собой либо первичную массивную частицу в отсутствие заметной коагуляции, либо агрегат таких частиц. Все эти системы обладают общим признаком: их механические свойства являются качественно теми же, что и у дисперсионной среды в чистом виде. По агрегатному состоянию эти системы являются такими же, что и чистая дисперсионная среда, – они обладают постоянной вязкостью и не обнаруживают статической упругости при сдвиге, то есть не обладают механической прочностью.

Количественное различие в таких системах сводится к тому, что их вязкость является повышенной, как это впервые было теоретически установлено А. Эйнштейном, за счет заполненности части объема дисперсионной среды, причем относительное повышение вязкости при частицах заданной формы не зависит от абсолютных размеров частиц и от молекулярной природы частиц и среды. Это относительное повышение вязкости прямо пропорционально отношению объема  $v_1$  частиц дисперсной фазы, включая и сольватные оболочки, к общему объему системы  $v_0$ :

$$\frac{\eta - \eta_0}{\eta_0} = \kappa \frac{v_1}{v_0},$$

или в соответствии с уравнением Эйнштейна:

$$\eta = \eta_0 \left( 1 + \kappa \frac{v_1}{v_0} \right),$$

где  $\eta$  – вязкость дисперсной системы;  $\eta_0$  – вязкость дисперсионной среды;  $v_1$  – объем частиц дисперсной фазы;  $v_0$  – общий объем системы;  $\kappa$  – коэффициент, зависящий от формы частиц; для сферических частиц  $\kappa = 2,5$ .

В отличие от систем со свободными частицами структурированные системы обладают в качестве основного признака более или менее развитыми твердообразными механическими свойствами. Частицы в таких системах связаны молекулярными силами в общую сплошную структуру и представляют собой как бы единый агрегат, который может быть назван продуктом лиофильной коагуляции.

Структурированные системы не подчиняются уравнению Эйнштейна. Их вязкость возрастает с концентрацией больше, чем это следует по линейному закону (рис. 1).

Дисперсные системы, обладающие способностью к образованию сплошной структуры, по своим физическим свойствам занимают промежуточное положение между жидкими и твердыми телами, приближаясь к тем или другим в зависимости от степени развития и прочности структурной сетки. К таким системам относятся гели, суспензии различной концентрации, включая и предельно концентрированные суспензии – пасты, а также концентрированные эмульсии и пены.

Именно наличие структуры придает дисперсной системе своеобразные механические свойства. Эти свойства – упругость, прочность, пластичность, вязкость зависят от химической природы веществ, образующих данную систему, определяются молекулярными силами сцепления между элементами структуры, взаимодействием их с дисперсионной средой и степенью развития структуры во всем объеме системы.

При малых деформациях в соответствии с законом Гука относительная деформация сдвига  $\epsilon$  в

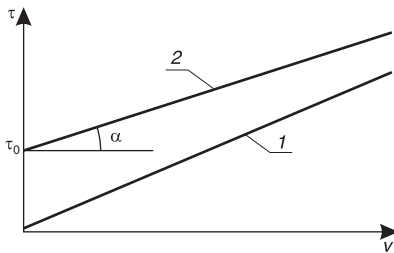


Рис. 1. Кривые текучести ньютоновской (1) и неньютоновской (2) жидкостей. Вязкость жидкости  $\eta = \text{tg}\alpha$

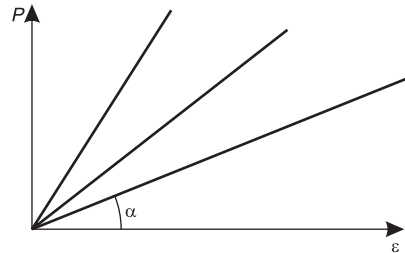


Рис. 2. Зависимость относительной деформации сдвига от напряжения в истинно твердых телах

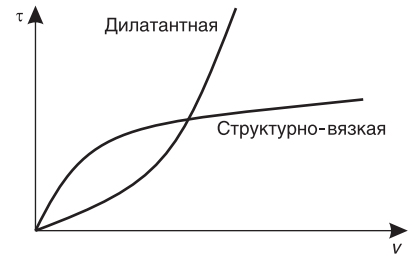


Рис. 3. Зависимость сопротивления сдвигу от его усилия в дилатантных и структурно-вязких жидкостях

истинно твердых телах пропорциональна приложенному напряжению  $P$ , вызванному внешней силой (рис. 2). Жесткость тела характеризуется модулем сдвига  $E$ , то есть отношением напряжения к вызванной им относительной деформации:

$$E = \frac{P}{\varepsilon} \sim \text{tg}\alpha.$$

В отличие от твердых тел в истинновязких жидкостях статическая — неизменяющаяся во времени деформация сдвига невозможна, и сколь угодно малое напряжение сдвига вызывает течение, которое в случае ламинарного потока с постоянным градиентом скорости соответствует стационарно развивающемуся сдвигу, то есть постоянной во времени скорости деформации:

$$\varepsilon = \frac{d\varepsilon}{dt}.$$

В жидкостях модуль упругости на сдвиг практически равен нулю, поэтому любое напряжение  $P$  должно вызвать неопределенную, увеличивающуюся со временем деформацию. Однако мгновенный модуль сдвига для жидкостей должен быть такого же порядка, как и для твердых тел. Действительно, в первые моменты действия силы жидкости всегда ведут себя подобно твердому телу, обнаруживая определенную жесткость, но вследствие высокой подвижности частиц жидкости напряжение, возникшее в какой-либо части ее объема, быстро распределяется по всему объему. Такой процесс убывания напряжений во времени называется релаксацией и характеризуется периодом релаксации, определяющим скорость релаксации напряжений.

Свежезатворенный немодифицированный цементный раствор можно считать неньютоновской жидкостью, так как при приложении к нему напряжения сдвига он становится подвижным только после достижения предела текучести  $\tau_0$ , а затем скорость сдвига увеличивается пропорционально усилию сдвига.

Важно подчеркнуть, что предел текучести  $\tau_0$  снижается при увеличении количества воды в растворе, но такой прием нетехнологичен, так как нельзя произвольно увеличивать подвижность раствора. В сухих смесях для улучшения текучести растворов используют модифицированный казеин или химические добавки. В СНГ из них наиболее известен суперпластификатор С-3. Большой эффект дают поликонденсационные продукты на базе меламин, например Перамин. В последние годы все большее распространение получают гиперпластификаторы на поликарбоксилатной основе, например Вискокрит. Разжижающий эффект позволяет снизить В/Ц, повысить прочность и трещиностойкость цементного камня.

Для многих пластичных веществ характерна нелинейная зависимость между усилием и скоростью сдвига. Их вязкость не является постоянной для данной субстанции величиной. К ним относятся структурно-вязкие (характерный пример — зубная паста) и дилатантные, например мокрый песок, жидкости (рис. 3). Типично структурно-вязкие свойства проявляют некоторые химические добавки, например эфиры целлюлозы, необходимые для обеспечения водоудерживающих свойств тонко-слоистого цементного раствора. Таким образом, вязкость раствора меняется при различных условиях его замеса, поэтому изготовители сухой смеси должны указывать, какое количество воды требуется при применении того или иного механизма или при ручном замесе.

Кроме изменения реологических характеристик в зависимости от напряжения сдвига возможна зависимость вязкости и от времени, прошедшего после механического воздействия (речь не идет о твердении цементного раствора). Если вязкость снижается при постоянном усилии сдвига, а при прекращении механического воздействия вновь увеличивается до первоначальной, то речь идет о

тиксотропной жидкости. Как уже было отмечено, это свойство важно практически для всех растворов, наносимых на вертикальные поверхности. Тиксотропия отчетливо улучшается путем введения в сухую смесь модифицированных марок метилгидроксипропилцеллюлозы, например товарной марки Бермоколл. В качестве дополнительной тиксотропирующей добавки можно использовать волокна, например целлюлозные. Если при постоянном усилии вязкость повышается, а при прекращении нагрузки вновь снижается, то это реопексная жидкость (рис. 4). В принципе для строительных растворов это свойство вредно, за исключением наливных полов.

Как правило, полученные из сухих смесей строительные растворы состоят из многих компонентов с различной реологией. На твердые частицы раствора воздействуют внешние усилия не только от рабочего инструмента, но также силы притяжения и отталкивания, которые зависят от вида и дозировки модифицирующих добавок, физических и химических свойств цемента и заполнителей. Силы притяжения складываются, например, из сил земного притяжения, Ван-дер-Ваальса, капиллярных и электростатических. Чем больше удельная поверхность цемента, тем сильнее сказывается электростатика.

Эти силы приводят к образованию флоккул и агломератов, которые существенно меняют картину вяз-

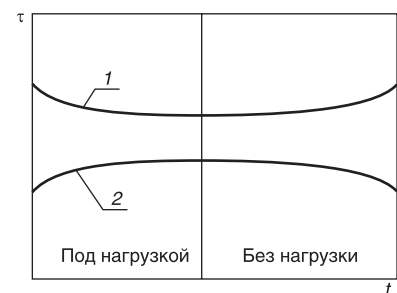


Рис. 4. Изменение во времени вязкости тиксотропной (1) и реопексной (2) жидкостей в зависимости от усилия сдвига

кости, как правило, увеличивая ее. Закапсулированная вода не выполняет больше роль сплошной фазы и скользящей смазки. Ложное повышение вязкости заставляет добавлять воду, таким образом, увеличивается В/Ц и впоследствии цементный камень будет иметь меньшую механическую прочность.

Одним из способов устранения этого недостатка является введение в сухие смеси диспергирующих добавок, поверхностно-активных веществ, снижающих поверхностное натяжение воды. Кроме диспергирующего действия такие добавки снижают толщину водяных пленок между твердыми частицами в растворе. Иногда для повышения подвижности раствора и тем самым снижения В/Ц в сухие смеси вводят порообразующие добавки, например Бермодол.

Большую роль играет правильный подбор компонентов сухой смеси и с точки зрения предотвращения седиментации заполнителя. Добавка эфиров целлюлозы — эффективное средство для борьбы против седиментации, так как эти вещества превращают воду в строительном растворе в вязкую, желеобразную жидкость, в которой расслоение частиц разной

конфигурации и плотности значительно сдерживается. Эфиры целлюлозы пластифицируют раствор, повышают его удобоукладываемость.

Во многих случаях адгезия растворов на базе цемента недостаточна. Особенно остро стоит эта проблема, когда цементный раствор необходимо нанести на сложные основы, не впитывающие воду (металл, пластик), вибрирующие или эластичные (гипсокартонная плита), пенополистирол и др. Задачу повышения адгезии решают с помощью дисперсионных порошков, представляющих собой высушенные сополимерные водные дисперсии, например товарной марки Дайрен. При затворении сухой смеси водой эти порошки превращаются вновь в дисперсию, которая распределяется в воде затворения.

Для двухкомпонентных и жидких (пастообразных, бесцементных) строительных материалов пригодны сополимерные дисперсии, например Синтомер или Акронал. По мере расхода воды на гидратацию цемента частички дисперсии стекаются и образуют эластичные мостики в порах цементного камня, а также на границе с основой. Если в сухую смесь вводится дисперсионный по-

рошок, необходимо учитывать, что потребность в воде для затворения увеличивается по двум причинам:

- вода требуется для редиспергирования порошка и растворения поливинилового спирта, который присутствует в порошке в качестве антикоагулянта;
- при затворении возникает достаточно вязкий компонент — полимерная дисперсия, и этот прирост вязкости приходится компенсировать добавкой воды.

Таким образом, и добавка дисперсионного порошка оказывает воздействие на реологию строительного раствора. Иногда небольшое количество дисперсионного порошка добавляют для улучшения пластичности и удобоукладываемости раствора. Это объясняется упруго-эластичными свойствами частиц полимера. Такие частицы уменьшают трение между зернами инертных наполнителей.

Таким образом, химические добавки незаменимы при производстве высококачественных строительных материалов, в том числе для придания им нужных реологических свойств.

### Российские промышленные эллиптические шаровые мельницы "Активатор" интенсивного помола.

	Activator-C100	Activator-C500	Activator-C1000	Activator-C5000
произв-сть	100 кг/ч	500 кг/ч	1000 кг/ч	5000 кг/ч
тонина помола	1-3 мкм	4-7 мкм	20-50 мкм	50-70 мкм
потребляемая мощность	5,5 кВт/ч	11 кВт/ч	22 кВт/ч	55 кВт/ч
габариты, мм	1020×570×1230	1122×750×1500	1710×925×1815	2850×1700×2950
вес, кг	170	650	1300	5100

**смешение компонентов пенобетона**

подготовка шихты для керамической плитки

помол пигментов

получение сухих смесей

активация цемента

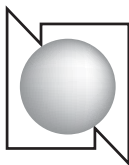
• Все мельницы проходят испытания на Вашем материале, а дисперсный состав помолотых порошков тестируется в лаборатории.

Мельницы "Активатор" производятся только по оригинальным чертежам разработчика и защищены Патентами РФ №18501, №33037 на полезные модели. Патентообладатель: ЗАО "Активатор".

[>>](http://www.activator.ru)

Новосибирск, Софийская, 18, оф. 107  
630056, Новосибирск, 56, а/я 141  
Факс: 8 (383) 345-15-30 (доп. 210)  
Тел: 8 913 942 94 81  
e-mail: eugene@activator.ru

реклама



## Четвертая научно-практическая конференция «Нанотехнологии – производству–2007»

27 – 28 ноября 2007 г. в наукограде Фрязино (Московская область) прошла Четвертая научно-практическая конференция «Нанотехнологии – производству–2007». Организаторами конференции выступили Министерство промышленности и науки Московской области, Торгово-промышленная палата РФ, Федеральное агентство по промышленности, администрация г. Фрязино, ЗАО «Концерн НАНОИНДУСТРИЯ». В конференции приняли участие 340 ученых и специалистов из 52 городов Российской Федерации, в том числе представители 13 институтов РАН, 32 вузов и 84 предприятий различных отраслей промышленности.

Приветствуя участников конференции, министр промышленности и науки Московской области **В.И. Козырев** заметил, что в Московской области сконцентрирован значительный научный и промышленный потенциал, который позволяет создавать и развивать нанотехнологии в регионе. В Московской области имеется семь наукоградов, созданы технопарки, в которых собраны исследовательские кадры высшей квалификации, уникальное оборудование.

Не случайно конференция проводится в наукограде Фрязино, начавшем свою историю в 1933 г. с завода «Радиолампа», а в послевоенные годы ставшем городом СВЧ- и квантовой электроники, радиофизики. В настоящее время в состав научно-производственного комплекса (НПК) города входит 25 предприятий государственной и частной собственности, сообщил глава администрации г. Фрязино **В.В. Ухалкин**. Объем производства этих предприятий составляет 6 млрд р. Развитие предприятий НПК, в том числе в области нанотехнологий, позволило увеличить городской бюджет и отчисления на развитие городской инфраструктуры, повысить заработную плату работникам бюджетной сферы.

Прошедший 2007 г. для отечественной наноиндустрии был весьма важным. Это был год принятия двух основополагающих документов – Закона «О Российской корпорации нанотехнологий» и Стратегии развития наноиндустрии. Создание государственной корпорации Роснанотех, по мнению председателя комитета Совета Федерации по науке, культуре, образованию, здравоохранению и экологии, члена наблюдательного совета Роснанотеха **В.Е. Шудегова**, важный этап развития наукоемких отраслей промышленности. Конечная цель создания госкорпорации – выйти на мировой рынок с коммерческим продуктом. На производство каких именно коммерческих продуктов будет ориентирована отечественная промышленность, определит госпрограмма развития наноиндустрии до 2015 г., а до ее принятия в первом квартале 2008 г. выделенные государством через федеральную целевую программу средства в размере 24,9 млрд р. пойдут на разработку стандартов и развитие метрологии в области наноразмеров, на создание нанотехнологической сети, формируемой на базе государственных организаций. Создание государственной госкорпорации и усиление роли государства в этом секторе экономики позволит повысить долю России в высокотехнологическом экспорте, которая в настоящий момент составляет всего лишь 0,3%. Это весьма тревожная цифра, особенно если учесть, что за последние четыре года только по Москве остановлены все сделки по патентам и объектам интеллектуальной собственности. Именно поэтому государство стало уделять большое внимание развитию наукоемких технологий. Для реализации этой цели госкорпорации Роснанотех в 2007–2008 гг. предполагается выделить только бюджетных средств на сумму 130 млрд р.

Представленные на конференции доклады были посвящены не только проблеме получения наноматериалов или нанокомпозитов, сколько применению полученных материалов для создания промышленных образцов тканей, покрытий, аккумуляторов и т. д., а также применения их в медицине.

Следует заметить, что в области электроники и аккумуляторных элементов достигнуты интересные результаты. Например, разработаны и получены новые наноматериалы на основе углерода, которые применяются в качестве активной массы анода и катода для литий ионного аккумулятора (ЛИА), удельная электрическая разрядная емкость его составила 1000–1200 мА·ч/г.

Ряд докладов был посвящен вопросам метрологии в области наноразмеров. Так, ЗАО «Нанотехнология-МТД» (г. Зеленоград, Москва) представило не только высококачественные сканирующие зондовые микроскопы самых различных модификаций и назначений и комплектующие к ним, но и собранные на базе основных спектрометров целые лаборатории – нанофаб, позволяющие определять самые разнообразные характеристики изучаемого объекта. Это единственная российская фирма, вышедшая на мировой рынок и занявшая там передовые позиции.

О возможности промышленного производства дешевых зондов и кантилеверов для сканирующего электронного микроскопа, применение которых позволило бы существенно удешевить измерения и более широко применять этот метод для метрологических измерений и контроля производства нанообъектов, рассказал в своем докладе генеральный директор ЗАО НИП «Вискер» **М.Е. Гиваркизов**.

О возможности старой доброй эллипсосоуперспектропии при исследовании нанообъектов напомнила канд. физ.-мат. наук **Н.Г. Рывкина** (Москва).

В заключение можно констатировать, что отечественная наука имеет огромное количество идей и разработок, которые могут быть внедрены в производство самых разнообразных материалов, в том числе применяемых в стройиндустрии. Однако промышленность еще не готова к внедрению этих разработок, рынок потребления такой продукции еще не сформирован. Ученым и специалистам необходимо проводить анализ задач и проблем конкретных предприятий, отраслей промышленности с целью выявления тех позиций, где использование нанотехнологий и наноматериалов дает научно-технический и экономический эффект. Именно на создание контакта между промышленностью и наукой нацелены такие конференции.



**В.И. Козырев**, министр промышленности и науки Московской области



**В.В. Ухалкин**, глава администрации г. Фрязино



**В.А. Быков**, ген. директор ЗАО «Нанотехнология МТД»



Конференция неизменно собирает большую аудиторию

Ю.А. ГОНЧАРОВ, президент, А.Ф. БУРЬЯНОВ, исполнительный директор,  
Российская гипсовая ассоциация

## **Российская гипсовая ассоциация: цели и задачи**

Изыскания археологов показали, что натуральный гипс стал использоваться около 9000 г. до н. э. в Анатолии (нынешняя Турция). Египтяне в 5000–3400 гг. до н. э. начали первыми применять обожженный гипс. Наряду с илом из Нила он использовался для приготовления растворов при создании сфинксов, а также для оштукатуривания стен и устройства полов в гробницах.

Современная гипсовая промышленность возникла в нашей стране в начале XX века. Мэтрами отечественного производства гипса являются предприятия, продукция которых использовалась в 30–40-е гг. XX века при строительстве и восстановлении зданий. К таким предприятиям относятся Новомосковский гипсовый комбинат (Тульская обл.), Пешеланский гипсовый завод (Нижегородская обл.), комбинат в г. Баскунчак (Астраханская обл.), Самарский гипсовый комбинат и др. Все они работают и сейчас.

В 90-е гг. с началом перестройки исчезли плановые заказы, начались трудности с оборудованием и запчастями. Особенно эти трудности испытывали предприятия, оснащенные импортным оборудованием. Результатом стал промышленный кризис 90-х гг., когда останавливался завод за заводом.

В настоящее время спрос на гипсовые материалы в строительстве постоянно растет. Отечественные предприятия, со своей стороны, отвечают увеличением объемов выпуска и расширением ассортимента.

Сейчас в России действует около 20 производителей гипсового вяжущего, в ближайшее время намечается пуск еще 3–4 гипсоварочных производств. Объем выпуска гипсового вяжущего в РФ постепенно нарастает: в 2006 г. было произведено ориентировочно 3 млн т материала, а в 2007 г. по разным оценкам выпущено 3,3 млн т (прирост составил 10 %).

Производство гипсокартонных листов (ГКЛ) в 2006 г. составило 190 млн м<sup>2</sup>, а в 2007-м — ориентиро-

вочно 211 млн м<sup>2</sup>. Увеличение выпуска изделий получено в том числе и за счет ввода в действие двух новых производственных линий на предприятиях в Казани и Тольятти. Однако специалисты прогнозируют на ближайшие годы некоторое уменьшение роста производства ГКЛ.

Общее увеличение объемов ввода в строй жилья и объектов общественного назначения оказывает влияние на развитие производства сухих строительных смесей (ССС) на основе гипсового вяжущего. По оценкам специалистов в 2007 г. прирост производства гипсовых смесей составил 25% по отношению к показателям 2006 г. Особенно актуально это в условиях острого дефицита цемента.

Наиболее динамично развивающейся группой материалов оказались гипсовые пазогребневые перегородочные плиты, объем производства которых в 2007 г. вырос ориентировочно на 50% по сравнению с 2006 г.

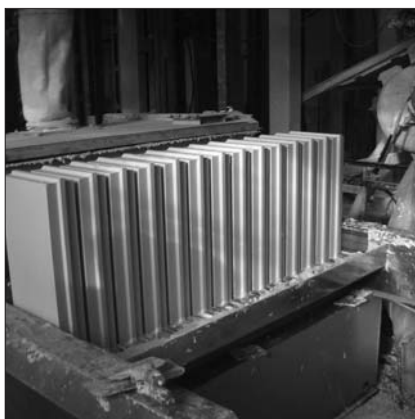
Общая оптимистичная картина развития отрасли не скрывает необходимости разработки гипсовых материалов с новыми свойствами. Работы в этом направлении уже сейчас приводят к появлению новых композиций с оптимизированными свойствами, например ССС на основе ангидритового вяжущего.

За годы экономических преобразований многие производства гипсового вяжущего и материалов на их основе устарели и требуют реконструкции и перевооружения. В этом процессе надо использовать мировой опыт в области как разработки композиций и изделий, так и технологий их производства.

Однако существует ряд вопросов, которые требуют консолидированного подхода. В настоящее время перед производителями гипсовых материалов стоит вопрос разработки стандартов продукции. На финансирование стандартизации в строительной отрасли в 2006 г. выделено около 350 тыс. р., или примерно 10 тыс. евро. По



Конвейер нового цеха по производству ГКЛ на ООО «Арачинский гипс» (Казань)



На Самарском гипсовом комбинате работают две технологические линии по производству пазогребневых плит



Производство сухих строительных смесей на Волгоградском гипсовом заводе (Корпорация «ВОЛМА»)



Открытие III Всероссийского семинара с международным участием «Гипс, его производство и применение»



В конце 2007 г. Российская гипсовая ассоциация вручала свидетельства новым членам, которые сделали презентацию своих компаний.



данным Британского института стандартов, на разработку одного евростандарта тратится в среднем 1 млн евро, то есть в сто раз больше, чем в России на все строительные стандарты.

По данным Международной организации по стандартизации ISO, ежегодно должно обновляться не менее 10% действующих стандартов, иначе возникает стагнация экономики. Иными словами, срок действия стандарта, как правило, не может превышать 10 лет. При этом ГОСТ на гипсовое вяжущее был разработан в 1979 году. Насколько ушла вперед гипсовая промышленность, настолько представляется недопустимым пользоваться стандартами тридцатилетней давности. За это время появилось много нового: сухие строительные смеси, пазогребневые перегородочные плиты, сейчас выходит на рынок ангидритовое вяжущее — всего этого не было в 70-е гг.

Литература, по которой обучаются в вузах будущие специалисты по производству гипсовых материалов, строители, немалого моложе. Многие программы устарели. Необходимо издание и переиздание технической литературы и учебников по гипсовой тематике, усиление подготовки специалистов в области профессионального образования, в том числе в области производства гипсовых изделий, технического регулирования, строительства и его экологии.

Что касается непосредственно производства, то увеличение выпуска смесей и других материалов на основе гипсового вяжущего сопряжено с необходимостью увеличения добычи гипсового камня. Ведь на сегодняшний день предприятия, производящие гипсовое вяжущее, отдают в реализацию не более 30%, остальное используют на собственных производствах гипсовых материалов. Следовательно, необходима разработка новых месторождений. Это связано как со значительными финансовыми вливаниями, так и со сложностями административного характера. В одиночку предприятию очень сложно преодолеть многочисленные бюрократические барьеры.

Пропаганда преимуществ современных отделочных материалов, их использование в различных проектах по строительству доступного жилья, борьба с производством контрафактной продукции напрямую не связаны с производством материалов, но они имеют очень важное значение в деле продвижения гипсовых материалов в современное строительство.

Как видно, многие задачи не решить силами отдельного предприятия или даже группы компаний, поэтому потребность в консолидации усилий предприятий по решению подобных задач очевидна.

В 2005 г. на Международной научно-практической конференции «Гипс, его производство и применение» было принято решение о создании Российской гипсовой ассоциации. Идею учреждения этой ассоциации поддержали 30 российских предприятий, организаций и институтов, чья деятельность связана с производством гипсовых строительных материалов. Все они изъявили готовность стать членами РГА. На сегодняшний день в ассоциации более 50 членов.

В Европе аналогичная Ассоциация «ЕВРОГИПС» существует с 1961 года. Цели российской и европейской ассоциаций аналогичны — продвигать как гипсовые строительные материалы, так и интересы их производителей. Главной целью РГА является выведение качества российских гипсовых материалов на уровень европейский стандартов.

За время существования Российской гипсовой ассоциации была сформирована информационная база членов ассоциации, начата разработка нормативно-технической документации. В настоящее время ведется разработка двух ГОСТов на гипсовое вяжущее и перегородочные плиты, а также спланирована работа по изданию и переизданию технической литературы и учебников по гипсовой тематике.

Очевидно, что вышеперечисленную работу возможно вести, лишь объединив интеллектуальные, организационные, финансовые и другие ресурсы предприятий и организаций отрасли, опираясь на ее сильнейший научный потенциал. Научным руководителем ассоциации является д-р техн. наук, профессор МГСУ А.В. Ферронская, крупнейший ученый в области технологии строительных материалов. Учредителями РГА выступили крупнейшие научные сообщества в данной сфере — ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова, НИИ строительной физики Российской академии архитектуры и строительства, НТЦ «ЭМИТ».

Работа осуществляется путем совместных исследований, научных проектов, решения технико-экономических и юридических вопросов, предоставления информации и различных программ.

Ярким примером взаимодействия может служить проведение III Всероссийского семинара с международным участием «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий», который собрал более 300 специалистов отрасли, ученых и инженеров из 9 стран.

В настоящее время началась работа по подготовке четвертого семинара, который пройдет в Волгограде в конце сентября 2008 г.

Впереди у ассоциации много работы. Успешное решение поставленных задач должно позволить вывести отрасль на новую ступень развития.

## III научно-практический семинар по ячеистым бетонам на Украине

12–14 сентября 2007 г. в г. Севастополе автономной Крымской Республики состоялся III Международный научно-практический семинар «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве». Его организаторами выступили Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры и ЧП «ИНТеРБудМА» (Днепропетровск).



В.И. Большаков



Б.И. Охота



В.А. Мартыненко

Семинар собрал более 200 участников из Украины, России, Республики Беларусь, стран Балтии и дальнего зарубежья – Польши, Германии, Голландии и Турции. Среди участников семинара – научные работники, строители, проектировщики, инвесторы, производители газобетонных изделий и строительных материалов. Отметим, что численность последних постоянно увеличивается, а вот участие представителей науки сокращается.

Семинар открыл ректор Приднепровской академии В.И. Большаков, который рассказал об академии и развитии научно-исследовательских работ, о целях и задачах проводимого семинара.

Представители принимающих организаций и члены оргкомитета семинара Б.Г. Охота и А.И. Маркевич (ООО «Аквалит»), В.И. Лошанюк (ЗАО «Севастопольский Стройпроект») отметили увеличение использования газобетонных изделий на строительных объектах в Севастополе, поставщиками которых в основном являются турецкие заводы. Выступающие также отметили, что в Севастополе имеются хорошие условия для создания комплекса по переработке минерального сырья с целью получения огромного количества высококачественных материалов – негашеной и гашеной извести, а также химически чистых высокодисперсных наполнителей для многих отраслей промышленности, в том числе для производства газобетонных изделий автоклавного твердения.

На семинаре активно обсуждались вопросы производства и использования в строительстве газобетонных изделий автоклавного твердения. В меньшей степени затрагивались теоретические вопросы технологии газобетонных изде-

лий. Это связано в том числе и с малым привлечением научных работников к сопровождению новых проектов, к запуску этих производств и выводу их на оптимальные параметры технологии.

Данная отрасль на подъеме, но производство ячеисто-бетонных изделий еще далеко от насыщения рынка стеновых материалов; практически отсутствует реальная конкуренция между производителями этой продукции на Украине, да и в странах СНГ. Такие важные вопросы, как рациональная комплектация линии будущего проекта завода основным технологическим оборудованием, достижение минимальной удельной энергоемкости продукции, не всегда еще воспринимаются инвесторами с пониманием. На вопросах, связанных с технико-экономическими показателями разрабатываемых и реализуемых проектов, акцентировал внимание инвесторов на семинаре автор статьи В.А. Мартыненко. Часто решением этих вопросов занимается фирма – поставщик оборудования, нет глубокого анализа проектно-технологических решений линии и проектируемых заводов. Например, при постоянно возрастающих ценах на энергоносители на Украине построена линия производства газобетонных изделий по литевой технологии с коэффициентом заполнения автоклава 0,33. Неиспользование возможностей снижения энергозатрат и упущение технологических возможностей достижения максимальных физико-технических свойств автоклавного газобетона в проектных решениях – это шаг назад. К сожалению, вопросы рационального подбора составов бетонов, режима автоклавной тепловлажностной обработки газобетонных изделий глубокого аналитического обсуждения в рамках семинара не имели.



В зале заседаний



Нескрываемая заинтересованность





В минуты отдыха



В перерыве между заседаниями

Этим задачам инвесторы и руководители предприятий еще не придадут должного значения. Соответственно в будущем актуализируется проблема усовершенствования технологических решений и проектов, их доработки и модернизации.

О достижениях в области производства и применения газобетонных изделий автоклавного твердения в Республике Беларусь рассказывали Н.П. Сажнев, П.П. Ткачик, Н.Н. Федосов. Было отмечено, что Республика Беларусь достигла показателей производства газобетонных изделий на душу населения, превышающих аналогичные показатели выпуска этого стенового материала в России, и на Украине.

Значительная доля докладов была посвящена технологическому оборудованию для производства ячеистого бетона автоклавного твердения как отечественного, так и зарубежного производства.

Новой темой семинара, поднятой Я.М. Паплавским, был вопрос разработки украинской нормативной документации

для оценки качества изделий из автоклавного газобетона и применения изделий из него в современном строительстве. Он отметил, что в этом вопросе Украина еще находится в начале пути; чтобы достичь уровня обеспечения нормативной документацией, как в Республике Беларусь, необходимо сделать еще очень много. В русле общей тенденции повышения нормативных требований к тепловой защите отапливаемых зданий и сооружений аналогично с нормами России и Республики Беларусь, с нормами других развитых стран на Украине с апреля 2007 г. введен документ — ДБН В.2.6-31:2006, нормирующий теплотехнические свойства ограждающих конструкций.

Ю.Г. Граник посвятил свое выступление преимуществам использования ячеистобетонных изделий в высотном строительстве. Ячеистый бетон отвечает большинству требований, предъявляемым строителями к стеновым материалам. В отличие от полимерных и волокнистых утеплителей, ис-

пользуемых в многослойных ограждающих конструкциях стен, газобетон автоклавного твердения долговечен, огнестоек и экологически безопасен. По стоимости он относится к наиболее дешевым утеплителям. Учитывая эти свойства, ячеистый бетон автоклавного твердения, в первую очередь в виде блоков, получил широкое применение в высотном строительстве. Стены из газобетона выполняют в двух конструктивных вариантах: двух- или трехслойная стена с фасадным слоем из облицовочного кирпича; многослойная стена с фасадной системой и воздушным зазором.

Всего за время работы семинара было сделано около 30 докладов и выступлений.

Следующий семинар в 2008 г. состоится в Республике Беларусь, а в Украине планируется провести – в мае 2009 г..

Пользуясь случаем, выражаю благодарность организаторам и спонсорам семинара.

В.А. Мартыненко



Участники семинара



## Фирма ЛИНГЛ зарекомендовала себя и в России как компетентный партнер в кирпичной промышленности: рекомендательный заказ выполнен в рекордные сроки!

*Экономический подъем в России становится заметным и по значительно возросшему спросу на строительные материалы, так что кирпичная промышленность России расширяет свои возможности. При этом известный на Юге России производитель кирпича, ОАО «Славянский кирпич», полагается на ноу-хау и качество фирмы ЛИНГЛ.*

В рекордные сроки, всего за 14 месяцев, фирма ЛИНГЛ выполнила заказ производителя кирпича, ОАО «Славянский кирпич». Предприятие организовано как открытое акционерное общество, существует оно с марта 1994 года и находится в Краснодарском крае (который также называют Кубанью), в одной из наиболее динамично развивающихся областей России. На заводе в Галицыне ОАО «Славянский кирпич» ежегодно производит 40 млн шт. условного кирпича. Глинистый карьер, величина которого почти 40 га, находится на расстоянии всего лишь 500 м от завода; глины месторождения с минеральным составом, включающим в себя монтмориллонит, каолинит и гидрослюда, считаются пластичными и среднедисперсными.

Чтобы успешно бороться с дефицитом строительных материалов, ОАО «Славянский кирпич» занялся поисками компетентного партнера для расширения и модернизации своих производственных установок. Фирма ЛИНГЛ убедила заказчика своим высоким техническим потенциалом, и в марте 2006 года она получила заказ на комплектную машинную установку,

начиная от пресса, включая автомат-резчик, садовое устройство, разгрузочное устройство и камерную сушилку. Основой установки стало новое сооружение камерной сушилки в здании, имеющем размеры 18×60 м, а также установка печи в уже существующем здании с размерами 24×96 м.

Всего лишь через 14 месяцев ОАО «Славянский кирпич» смог запустить в эксплуатацию новую производственную установку. Во время торжественного открытия, на котором присутствовали также и официальные лица Краснодарского края, было сказано о замечательном сотрудничестве фирмы ЛИНГЛ с локальными предприятиями при осуществлении этого совместного проекта; также было отмечено безграничное удовлетворение заказчика выполненной работой. Благодаря новейшей технике фирмы ЛИНГЛ ОАО «Славянский кирпич» увеличил свои производственные мощности на 20 млн шт. условного кирпича, а фирма ЛИНГЛ благодаря этому успешному проекту еще раз проявила себя как компетентный партнер в кирпичной промышленности также и на территории России.



Торжественное открытие завода губернатором Краснодар



Садовыи грейфер LINGL



Разгрузочное устройство LINGL

Представительство фирмы LINGL на территории Российской Федерации и СНГ  
196247 Россия, г. Санкт-Петербург, Ленинский пр-т, д. 160, офис 303  
тел/факс +7 812 703 4199,  
моб. тел +7 911 812 2237

ОАО «Славянский кирпич»  
хутор Галицын, г. Славянск-на-Кубани, Краснодарский край,  
Россия  
www.slavkirp.ru

Hans Lingl Anlagenbau und  
Verfahrenstechnik GmbH & Co. KG  
Nordstraße 2  
D-86381 Krumbach  
Telefon +49 (0) 8282 / 825-0  
www.lingl.com  
lingl@lingl.com

**НТМ-ТЕПЛОХИММОНТАЖ**

**Ремонт и строительство печей "под ключ"**

- Разработка и производство специальных видов продукции;
- Комплектация объектов материалами и оборудованием;
- Экспертная оценка и техническое сопровождение проектов;
- Гарантия эксплуатации 5 лет.
- Работы по футеровке тепловых агрегатов;

Тел./факс: (4725) 44-97-01, e-mail: [general@futerovka.ru](mailto:general@futerovka.ru), <http://www.futerovka.ru>

Реклама

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®**

**КЕРАМТЭКС**  
21-23 мая 2008 г.  
Санкт-Петербург

**Развитие керамической промышленности России**

Тематические разделы конференции

- ◆ Совершенствование производства керамических строительных материалов
- ◆ Рынок технологического оборудования для производства керамических строительных материалов
- ◆ Финансовые механизмы развития предприятий
- ◆ Отраслевая наука производству
- ◆ Применение керамических строительных материалов в современном строительстве

Спонсор конференции: **ПОБЕДА** ЛСР

Участники конференции посетят заводы кирпичного объединения «Победа ЛСР»: «Ленстройкерамика», «Керамика», «Победа»

Традиционно к проведению конференции готовится тематический номер журнала «Строительные материалы»® №4-2008, в котором будут опубликованы пленарные доклады. Текст выступления должен быть предоставлен в редакцию до 31 марта 2008 г.

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®** Телефон/факс: (495) 926-22-08, 926-20-36, Лескова Елена Львовна  
[www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru) e-mail: [mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru) [www.keramtex.ru](http://www.keramtex.ru)

**MACCAFERRI**



**Металлическая сетка РОДМЕШ™ – армирование дорожного полотна**



- увеличивает несущую способность дорожного покрытия
- предотвращает образование колеи и трещин
- уменьшает деформации дорожного покрытия
- повышает эксплуатационные характеристики
- увеличивает срок службы дорожного полотна



ООО «Габрионы Маккаферри СНГ»  
109044, г. Москва, ул. Мельникова, д. 7, оф. 34  
Тел.: +7(495)937-58-84; Факс: +7(495)674-67-40  
www.maccaferri.ru; info@maccaferri.ru

Реклама

УДК 625.85

А.Е. МЕРЗЛИКИН, канд. техн. наук, Д.Б. НЕКЛЮДОВ, инженер, ФГУП «РОСДОРНИИ» (Москва)

## Эффективный способ борьбы с колеей асфальтобетонных покрытий дорог

Эксперименты по выявлению эффективности армирования асфальтобетонных покрытий металлическими геосетками проводили в 2006–2007 гг. на трассе Москва – Санкт-Петербург. В качестве армирующей прослойки использовали геосетку из стальной проволоки  $\varnothing 2,4$  мм с цинковым покрытием, укрепленную в поперечном направлении прутком  $\varnothing 4,4$  мм. Сетка изготовлена из стальной проволоки двойного кручения с размером ячейки  $8 \times 10$  см. Расстояние между поперечными прутьями, вплетенными в сетку, 16 см.

Участок дороги, на котором проводили эксперименты, имел характерную для старых дорог конструкцию дорожной одежды (рис. 1). Покрытие состоит из нескольких асфальтобетонных слоев общей толщиной 22 см; основания из неукрепленного щебня; дополнительного слоя основания – заиленного песка. При ремонте старой дорожной одежды слой усиления на контрольном и опытном участках выполнили из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА) толщиной 8 см. На опытном участке слой из ЩМА армировали металлической сеткой.

Через 1 и 9 мес после открытия движения на контрольном и опытном участках провели измерения формы и глубины колеи. Во время измерений в форме колеи не были обнаружены выпоры. После месяца

эксплуатации глубина колеи на контрольном участке превышала глубину колеи на опытном участке в 2 раза, а после 9 мес эксплуатации превышение увеличилось до 3 раз (рис. 2). На основании полученных данных был выполнен прогноз достижения колеи предельно допустимого значения 20 мм для дороги 1-й категории [1], по которому на контрольном участке колея глубиной 20 мм должна была образоваться в июле 2006 г., а на опытном участке – в августе 2008 г.

Необычайно высокие темпы развития колеи на исследуемых участках дороги потребовали тщательного анализа условий проведения экспериментов.

Для оценки изменений толщины слоев ремонтируемой дорожной одежды на контрольном и опытном участках провели георадиолокационное обследование, с помощью георадара ОКО с антенным блоком АБ-1700. Дорожную одежду сканировали вдоль и поперек проезжей части обоих участков. Установили, что вариация толщины пакета слоев асфальтобетона изменяется в диапазоне 5–20%, слоя щебня – 10–17%, слоя песка – 16–17%.

Для оценки качества слоя усиления образцы ЩМА испытывали по ГОСТ 12801–98. Выяснилось, что смесь ЩМА не соответствует требованиям ГОСТ 31015–2002 по длительной водостойкости, сдвигустойчивости и трещинос-

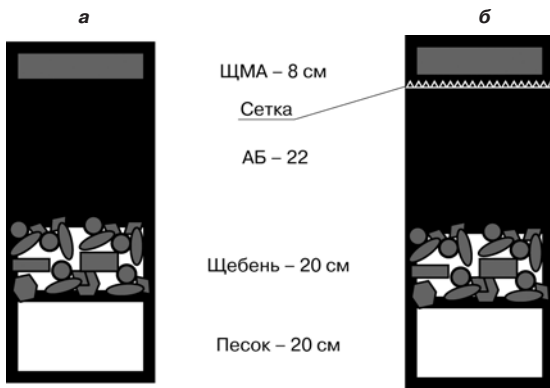


Рис. 1. Конструкция дорожной одежды контрольного (а) и опытного участков (б)

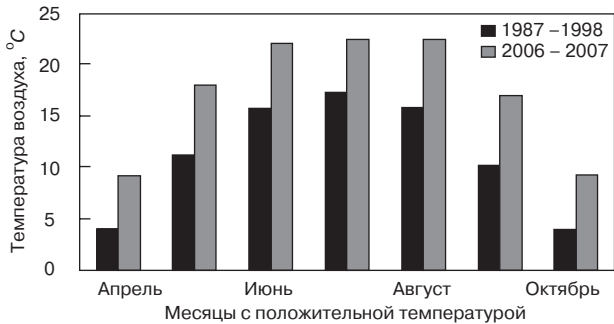


Рис. 3. Средняя температура воздуха теплых месяцев в периоды 1987–1998 гг. и 2006–2007 гг.

По данным стационарного пункта наблюдения за движением на дороге Москва – Санкт-Петербург, на исследуемых участках в период ремонтных работ интенсивность движения автотранспортных средств (АТС) в обоих направлениях составляет 13300 авт./сут. При этом интенсивность движения тяжелых грузовых АТС составляет порядка 50% от общего потока, из которых большую часть (32%) составляют автопоезда с грузоподъемностью более 8 т. Проведение расчета указанного потока в соответствии с приведенной расчетной нагрузкой АТС 115 кН на ось с учетом ежегодного прироста интенсивности движения в размере 12%, дало возможность составить прогноз по суммарному количеству воздействий таких нагрузок на дорожную одежду в районе проведения экспериментов. Например, для периодов прогноза 5, 10 и 15 лет суммарное количество приложений расчетной нагрузки составит 2, 4,3; 6,1 млн ед. соответственно.

При исследовании процесса образования колеи на асфальтобетонном покрытии представляет интерес период с положительной температурой воздуха. Для района, в котором находятся экспериментальные участки, месяцами с положительной температурой являются апрель–октябрь. На диаграмме (рис. 3) эти месяцы представлены фактической среднемесячной температурой воздуха для периода 2006–2007 гг. и нормативной для целей строительства 1987–1998 гг. [2].

На диаграмме видно явное превышение температуры в период проведения экспериментов над нормативным периодом 1987–1998 гг. Среднее превышение по всем теплым месяцам составляет 6,2°C.

Важнейшим условием успешной работы армирующей прослойки в дорожной одежде является обеспечение прочного сцепления прослойки с выше- и нижележащими слоями. Одним из важнейших факторов,

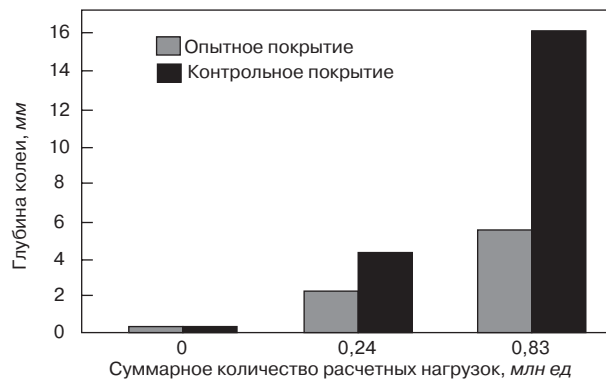


Рис. 2. Глубина колеи в зависимости от количества расчетных нагрузок (115 кН на ось)



Рис. 4. Схематическая карта зон минимально допустимых толщин асфальтобетонных покрытий, армированных металлической сеткой, и важнейшие города – представители зон. Для зон P-10, P-8, P-6, P-5 минимально допустимая толщина составляет 10, 8, 6, 5 см соответственно

влияющих на сцепление между слоями и прослойкой, считают проникновение влаги в зону контакта между материалом прослойки и битумом. Наличие влаги в зоне контакта металлической сетки и битума представляет особую опасность. Установление минимально допустимой толщины покрытия является одним из способов ограничить проникновение влаги в зону контакта прослойки и асфальтобетонного покрытия. По литературным данным, минимально допустимую толщину покрытия над армирующими прослойками назначают 3–10 см. При применении металлической сетки для армирования асфальтобетонного покрытия на территории РФ предлагается дифференцировать минимально допустимую толщину покрытия в зависимости от зоны влажности [2], в которой находится автомобильная дорога, и количества дней в году с температурой 0 – +10°C (рис. 4). Именно в этом температурном диапазоне происходит наименьшее испарение воды с покрытия.

Таким образом, проведение эксперимента в течение длительного периода высокой температуры при крайней насыщенности транспортного потока тяжеловесами, высокой плотности транспортного потока и при недостаточной сдвигоустойчивости асфальтобетонного покрытия дало возможность за относительно короткий срок показать значительную эффективность армирования асфальтобетонного покрытия металлической сеткой с целью замедления процесса образования колеи.

#### Список литературы

1. Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах. М.: Информавтодор, 2002. 179 с.
2. СНиП 23-01-99 Строительная климатология. М.: Госстрой России, 2000. 57 с.

И.А. ХОЛМЯНСКИЙ, д-р техн. наук,  
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (Омск)

## Определение минимального количества проб при нахождении истинного значения исследуемого параметра

Вопрос определения минимального количества проб для заданной доверительной вероятности возникает при обработке экспериментальных данных методом математической статистики.

Известны методы [1, 2], которые используют для этого формулы, определяющие границы доверительных интервалов. Однако такой метод недостаточно обоснован. Действительно, из [2, с. 10] имеем:

$$N_{\min} = \frac{\sigma^2 t^2}{\sigma_0^2}, \quad (1)$$

или

$$N_{\min} = \frac{k_b^2 t^2}{m^2}, \quad (2)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение;  $t$  – квантиль нормального распределения;  $\sigma_0 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ ;  $k_b = \frac{\sigma}{\bar{x}}$ ;  $k_b$  – коэффициент вариации;  $m = \frac{\sigma}{\bar{x}}$  – погрешность измерения;  $\bar{x}$  – среднее значение параметра [2].

При подстановке в обе формулы значений этих величин и сокращении получаем  $t^2=1$ , что противоречит основным положениям теории точности и математической статистики.

Действительно, в приведенном примере [2, с. 10] при испытаниях 50 образцов бетона средняя прочность при сжатии  $\bar{x}=20,1$  МПа, а среднее квадратическое отклонение  $\sigma=2,7$  МПа. Для доверительной вероятности 0,95 нормального закона распределения квантиль  $t=1,96$ . Тогда  $\sigma_0 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = 0,38$  МПа, а минимально необходимое число измерений  $N_{\min}=193,8$ . В то время как по ГОСТ 10181–2000 достаточно сделать два измерения прочности.

Если принять, что при двух испытаниях бетона получено  $\sigma=2,7$  МПа и  $\bar{x}=20,1$  МПа, то  $\sigma_0=2,7/\sqrt{2}=1,9$  и  $N_{\min}=7,29$ , т. е. двух испытаний недостаточно, необходимо 8.

Если подставить  $n=8$  в формулу (1), то  $N_{\min}=31,1$ . Так какое же из этих трех значений принять?

Аналогичен метод у В.М. Сиденко [1, с. 90], где приведена формула:

$$n_{\min} = \frac{t^2 \sigma^2}{\delta^2}. \quad (3)$$

Здесь приняты те же обозначения, что и в (1), но значение  $\sigma_0$  заменено на  $\delta$ , под которым понимается допустимая, по мнению [1], погрешность измерения. Там же указывается [1, с. 91]: «значение  $\delta$  должно быть соотносено с точностью применяемых средств измерений...» и далее: «методика установления минимального числа измерений может быть следующей: прежде всего производится большая выборка с числом измерений  $n>25-30$ ; после анализа статистического ряда (исключение грубых ошибок, установления предельных и ничтожно малых погрешностей) вычисляются  $\bar{x}$  и  $\sigma$ ; обосновывается требуемая точность измерений с учетом важности изучаемых характеристик и трудоемкостью процесса измере-

ний. Назначаются доверительная вероятность и соответственно квантиль нормального распределения  $t$ ». По формуле (3) вычисляется  $n_{\min}$ , причем Сиденко обычно принимает  $\delta=0,01$ . Поскольку структура формулы (3) не отличается от формул (1) и (2), то, очевидно, она обладает такой же неопределенностью.

Поэтому на основе многочисленных исследований различных выборок свойств строительных материалов разработана методика определения минимального числа испытаний с учетом границ доверительного интервала для заданной доверительной вероятности.

Первый шаг: после взятия 30–35 проб, определения  $\bar{x}_{\text{cp}}$  и  $\sigma$ , исключения грубых ошибок  $x_{\min}=x_{\text{cp}}-3\sigma$ ,  $x_{\max}+3\sigma$  и повторного определения  $\bar{x}_{\text{cp}}$ ,  $\sigma$  строится график границ доверительного интервала, проводится линия  $\bar{x}_{\text{cp}}$  и наносятся точки значений всех измерений (рис. 1).

Второй шаг: находятся средние значения пяти первых  $\bar{x}_{5i}$  измерений, затем следующих пяти и так далее по всей выборке. Они наносятся на график, отмечается расположение этих средних значений  $\bar{x}_{5i}$  внутри границ доверительного интервала или вне их, а также находятся значения погрешности измерения  $(\bar{x}_{\text{cp}} - \bar{x}_{5i})/\bar{x}_{\text{cp}}$  для каждого значения значений  $\bar{x}_{5i}$ .

Третий шаг: находятся средние значения первых  $\bar{x}_{10i}$  десяти измерений, вторых и так далее, а затем делается сдвиг на пять значений и снова вычисляются средние и определяется погрешность измерений.

Если все средние значения располагаются в пределах доверительного интервала для всей совокупности выборки и погрешность измерений не превышает 5%, то число 10 принимается за  $n_{\min}$ .

Четвертый шаг: производится проверка возможности уменьшить  $n_{\min}$  до 7 значений, и процедура повторяется.

На рис. 1 приведены результаты вычислений для выборки из 33 измерений предела прочности асфальтобетона при сжатии при 20°C. Показано, что при  $n_{\min}=5$  шесть значений  $\bar{x}_{5i}$  выходят за пределы границ доверительного интервала, а при  $n_{\min}=7$  и при  $n_{\min}=10$  ни одно значение  $\bar{x}_{7i}$  и  $\bar{x}_{10i}$  не выходит за границы.

На рис. 2 даны диаграммы относительных погрешностей определения  $\bar{x}_{\text{cp}}$  и границы доверительных интервалов для следующих выборок: а) средняя плотность асфальтобетона, г/см<sup>3</sup>; б) предел прочности асфальтобетона при сжатии при 20°C, МПа; в) насыпная плотность щебня, т/м<sup>3</sup>; г) плотность грунта в слое основания; д) предел прочности асфальтобетона при сжатии при 50°C, МПа; е) предел прочности бетона при сжатии, МПа; ж) предел прочности бетона при растяжении при изгибе, МПа; з) пористость бетона, %.

Анализ диаграмм рис. 2 показывает, что для измерений средней плотности асфальтобетона, его предела прочности при сжатии, насыпной плотности щебня и плотности грунта в слое основания погрешность определения  $\bar{x}_{\text{cp}}$  не превосходит для  $\bar{x}_{5i} \approx 5\%$ ,  $\bar{x}_{7i} \approx 3\%$  и для  $\bar{x}_{10i} \approx 2\%$ , а для измерений предела прочности асфальтобетона при 50°C, предела прочности бетона при сжатии,

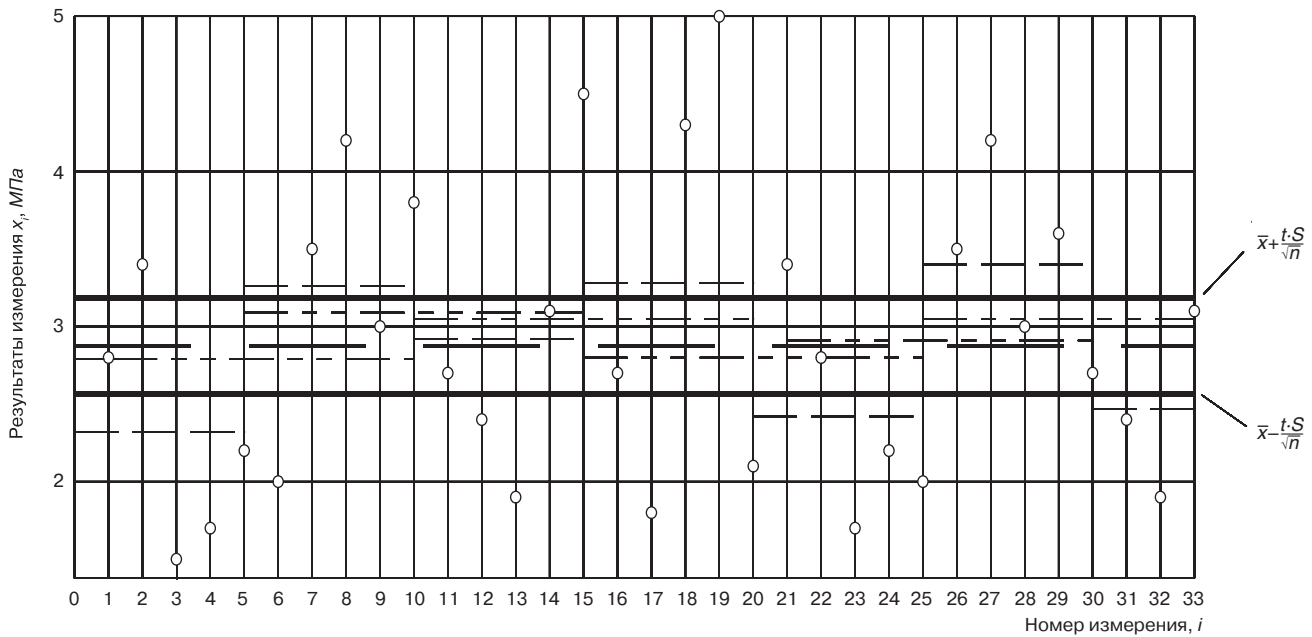


Рис. 1. Результаты измерений предела прочности асфальтобетона при сжатии при 20°C, МПа

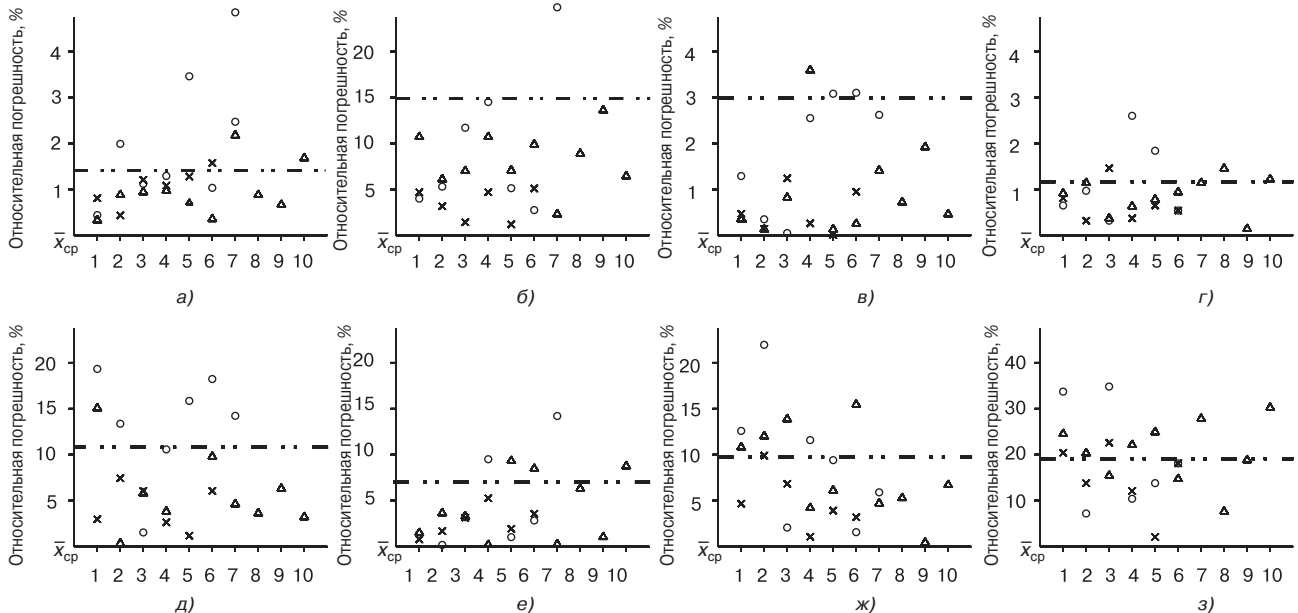


Рис. 2. Процентное отношение погрешности измерений к среднему значению выборки  $\bar{x}_{cp}$  параметров строительных материалов относительно границ доверительного интервала для нормального закона распределения. Средние значения:  $\circ$  — для выборок с  $n_{min}=5$ ;  $\times$  — для выборок с  $n_{min}=10$ ,  $\Delta$  — для выборок с  $n_{min}=7$ ; граница доверительного интервала для  $n > 30$

предела прочности бетона при растяжении при изгибе, пористости бетона — для  $\bar{x}_{s1} \approx 20\%$ ,  $\bar{x}_{\gamma1} \approx 10\%$  и  $\bar{x}_{10i} \approx 5\%$ .

Таким образом, определив доверительный интервал для среднего значения  $\bar{x}_{cp \min}$  выборки измерений параметра при  $n \geq 30$  по нормальному закону распределения, можно найти минимально допустимое число измерений  $n_{min}$ , для которого все средние значения  $\bar{x}_{cp \min}$  ряда групп из  $n_{min}$  значений вариационного ряда попадут в этот доверительный интервал. При этом найденный доверительный интервал будет справедлив только для  $\bar{x}_{cp \min}$  групп значений по  $n_{min}$ , а не для любых отдельных значений выборки.

Если следовать энергетическому варианту теории ползучести [3] и исследованиям мезомеханики деформации твердого тела [4], то величина разброса прочностных параметров строительных материалов оказывает значительное влияние на долговечность конструкций и делать выводы о долговечности даже по найденному до-

верительному интервалу для  $\bar{x}_{cp}$  при  $n_{min}$  недостаточно. Следует учитывать мощность распределения параметров строительных материалов относительно  $\bar{x}_{cp}$ .

#### Список литературы

1. Сиденко В.М. Стандартизация и контроль качества в дорожном строительстве. Киев: Вища школа: Изд-во при Киев. ун-те, 1985. 256 с.
2. Грушко И.М. и др. Испытания дорожно-строительных материалов. Лабораторный практикум. М.: Транспорт, 1986. 200 с.
3. Дьяков А.Ф. и др. Производство энтропии и бифуркационная модель усталости металла энергооборудования, вырабатывающего физический ресурс // Энергия. 2004. № 4. С. 7–11.
4. Горев Б.В. и др. О ползучести материалов с разными свойствами при растяжении и сжатии // Проблемы прочности. 1979. № 7. С. 62–67.



# КРУПНЕЙШИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ ВЫСТАВКИ РОССИИ

# 2008

**15-19 апреля**  
Санкт-Петербург  
Ленэкспо



-  СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**ИНТЕРСТРОЙЭКСПО**
-  СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**ТЕПЛОВЕНТ**
-  СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**ВОДОСНАБЖЕНИЕ**
-  СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**
-  СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**СТРОИТЕЛЬСТВО И СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**
-  СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**ИНСТРУМЕНТ И ОБОРУДОВАНИЕ  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**
-  СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**АВТОСПЕЦТЕХНИКА**
-  СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**КРОВЛЯ И ИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**
-  СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**ОКНА, ДВЕРИ, ВОРОТА.**
-  СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**САНТЕХНИКА**
-  СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**УМНЫЙ ДОМ**
-  СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**ИНТЕРЬЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**
-  СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ**
-  СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**ЗАГОРОДНОЕ ДОМОСТРОЕНИЕ**
-  СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**РОССИЙСКАЯ СТРОЙИНДУСТРИЯ**  
ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА



**Оргкомитет:**  
тел.: +7 (812) 325 7570, факс: +7 (812) 325 7572  
e-mail: [baltexpo@baltexpo.spb.su](mailto:baltexpo@baltexpo.spb.su)  
[WWW.INTERSTROYEXPO.COM](http://WWW.INTERSTROYEXPO.COM)

Деловой партнер



Генеральный информационный спонсор



Генеральный информационный партнер



Креативный партнер



Подъёмники®  
THE LIFTLIFT GROUP





## СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО СКБ СТРОЙПРИБОР ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Лицензия Госстандарта РФ на изготовление средств измерений №000110-ИР  
Приборы сертифицированы, имеют энергонезависимую память, режим связи с ПК.

### ☉ ПОС-30(50)МГ4 "Отрыв"



Измерители прочности бетона методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.  
Диапазон.....5...100 МПа  
Максимальное усилие вырыва анкера:  
ПОС-30МГ4.....29,4 кН (3000 кгс)  
ПОС-50МГ4.....49,0 кН (5000 кгс)

### ☉ ПСО-МГ4



Измерители прочности сцепления защитных и облицовочных покрытий с основанием по ГОСТ 28089, ГОСТ 28574, а также усилия вырыва анкерных болтов и тарельчатых дюбелей.  
Максимальное усилие отрыва:  
ПСО-2,5МГ4.....2,45 кН (250 кгс)  
ПСО-5МГ4.....4,9 кН (500 кгс)  
ПСО-10МГ4.....9,80 кН (1000 кгс)

### ☉ Влагомер-МГ4У



Измеритель влажности древесины, бетона, сыпучих по ГОСТ 16588 и ГОСТ 21718.  
Может комплектоваться зондовым преобразователем.  
Диапазон измерения влажности .....1...60%

### ☉ ИПА-МГ4



Измеритель защитного слоя бетона, расположения и диаметра арматуры железобетонных конструкций магнитным методом по ГОСТ 22904.  
Диапазон измерения  
Защитного слоя.....3...150 мм  
При диаметре стержней.....3...40 мм

Измерители теплопроводности, плотности тепловых потоков, параметров вибрации, влажности стройматериалов. Термометры, гигрометры, анемометры, пирометры, толщиномеры, твердомеры, дефектоскопы, лазерные дальнометры.

тел./факс в Челябинске: (351) 790-16-85, 790-16-13  
796-64-13, 796-64-14  
в Москве: (495) 964-95-63, 220-38-58

454084, г. Челябинск, ул. Калинина 11-г, а/я 8538  
E-mail: stroypribor@chel.surnet.ru <http://www.stroypribor.ru>

### ☉ ПГМ-100 / ПГМ-500 / ПГМ-1000

Прессы испытательные гидравлические малогабаритные на 100, 500 и 1000 кН. Снабжены электрическим приводом (сеть 220 В, 50 Гц) и тензометрическим силоизмерителем. Диапазон нагрузок 1...100 / 5...500 / 10...1000 кН



### ☉ ИПС-МГ4.03

Измеритель прочности бетона, раствора методом ударного импульса по ГОСТ 22690.  
Расширенный режим измерений с возможностью выбора вида заполнителя, возраста и условий твердения бетона.  
Диапазон измерения прочности.....3...100 МПа



### ☉ ПОС-50МГ4 "Скол"

Измерители прочности бетона методами скалывания ребра и отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.  
Диапазон:  
методом скалывания ребра.....10...70 МПа  
методом отрыва со скалыванием.....5...100 МПа



### ☉ ПОС-2МГ4П

Измеритель прочности ячеистых бетонов методом вырыва спирального анкера.  
Предусмотрена возможность корректировки результатов испытаний в зависимости от влажности бетона.  
Диапазон.....0,5...8 МПа



### ☉ ИТП-МГ4 «100/250»

Измерители теплопроводности и термического сопротивления материалов при стационарном режиме по ГОСТ 7076 и методом теплового зонда по ГОСТ 30256.

Диапазон.....0,02...1,5 Вт/(м·К)



Реклама

## С новым материалом Knauf Cleaneo воздух в помещениях станет чище

18 декабря 2007 г. в Москве в Центре новых технологий состоялся семинар «Knauf Cleaneo – чистый воздух», организованный фирмой ООО «КНАУФ Сервис». Семинар был посвящен презентации нового для российского рынка продукта фирмы KNAUF – гипсокартонных листов с добавлением цеолитовой горной породы Knauf Cleaneo.

С докладом выступил А.А. Федулов, канд. техн. наук, член-корреспондент Российской академии промышленной экологии, руководитель отдела Управления центрального маркетинга ООО «Кнауф Сервис». Он отметил, что снижение содержания загрязняющих веществ в воздухе помещений является одной из главных экологических задач строительства. В современных условиях практически все городское население значительную часть времени проводит в закрытых помещениях – дошкольных учреждениях, школах, вузах, офисах, производственных помещениях, предприятиях питания, бытового обслуживания, развлекательных комплексах. Качество воздуха в них не всегда отвечает санитарным требованиям и условиям комфортности. На это оказывает влияние множество факторов: большое скопление людей, плохая вентиляция, использование в отделке низкокачественных материалов и покрытий, выделяющих вредные вещества, дым от табачного курения, различные бытовые запахи и т. д.

Наряду с грамотно спроектированной и квалифицированно смонтированной системой приточно-вытяжной вентиляции, плановыми уборками помещений с использованием современных средств гигиены материалы Knauf Cleaneo оказывают существенное влияние на качественные показатели воздуха помещений благодаря присутствию в сердечнике гипсокартонных листов природного адсорбента и ионообменника цеолита.

Knauf Cleaneo широко применяется в Германии и других странах при устройстве подвесных потолков предварительно перфорированными листами (Knauf Cleaneo Akustik), которые не только хорошо очищают воздух, но и поглощают звук. Такие листы выпускают шириной 1188–1224 мм, длиной 1875–2500 мм, с перфорацией от 6,2 до 19,8%. Предусмотрены различные формы кромок, а также форма и расположение отверстий. Коэффициент звукопоглощения зависит от перфорации, расстояния от несущей конструкции до подвесного потолка, наличия в конструкции потолка волокнистой изоляции.

Листы Knauf Cleaneo следует отделывать экологически чистыми материалами (краски, обои), которые обладают высокой воздухопроницаемостью.

Эффект очистки воздуха Knauf Cleaneo постоянно измеряется и изучается в разных лабораториях, и знания о его свойствах постоянно пополняются. Однако, как отметили участники семинара (И.В. Бессонов, НИИСФ; Б.М. Румянцев, МГСУ), нет полной информации о физико-технических характеристиках этого материала, важнейшей из которых является гарантированный срок службы. Необходимо провести исследования материала не только в лабораторных, но и в натуральных условиях. Главными направлениями исследований должны стать изучение характеристик материала в различных тепловлажностных условиях эксплуатации и изучение структуры и состава материала, а также их влияния на свойства.

По итогам работы семинара было принято решение о проведении совещания с руководством Центрального маркетинга по России и странам СНГ в г. Красногорске Московской области с целью разработки плана исследований и внедрения нового материала Knauf Cleaneo в практику отечественного строительства.

УДК 66.067.3

Ю.В. КРАСОВИЦКИЙ, д-р техн. наук, Е.В. РОМАНЮК, инженер,  
Е.Л. ЗАСЛАВСКИЙ, Е.В. АРХАНГЕЛЬСКАЯ, кандидаты техн. наук,  
А.А. МАНЬКОВ, Н.Н. ЛОБАЧЕВА, инженеры,  
Воронежская государственная технологическая академия

## Унифицированный экспериментальный стенд и система мониторинга для оценки эффективности фильтровальных перегородок

Для анализа всех аспектов применения зернистых фильтровальных перегородок в производстве строительных материалов проводят тщательное исследование процесса обеспыливания.

На рис. 1 представлена схема оригинального унифицированного экспериментального стенда, модифицированного авторами, для изучения зернистых слоев со связанной структурой, являющихся одним из наиболее эффективных способов очистки отходящих газов и аспирационных выбросов пыли [1].

Вследствие низких массовых концентраций дисперсной фазы и особых требований к коэффициенту проскока предусмотрены дублирующие системы для измерения размеров частиц, расхода газа, перепада давления как основных параметров пылегазового потока.

Пылегазовый поток из пылевого генератора 1 поступает в стабилизирующую емкость 2 и далее в лабораторный

циклон 3 типа ЦН-15. Наличие байпасной линии 4 позволяет направлять пылегазовый поток, минуя циклон, непосредственно к фильтрам. Это позволяет дополнительно регулировать дисперсный состав и массовую концентрацию аэрозоля. Перед входом в фильтры различных модификаций 5, 6, 7 организован контроль дисперсного состава аэрозоля импакторами 8 конструкции НИИОГАЗа [2].

Для оценки кинетики изменения коэффициента проскока и определения массовой концентрации пылегазового потока используются аналитические фильтры 9 типа АФА-В-18 или нитроцеллюлозные мембраны. Эти фильтры после просветления в парах ацетона эпизодически используют и для контроля дисперсного состава микроскопами МБИ-3 и МБИ-6 с фотонасадками.

Фотоэлектрические аэрозольные счетчики 10 типа АЗ-4 и АЗ-5 служат для экспресс-анализа дисперсного состава и определения счетной концентрации аэрозоля. Рас-

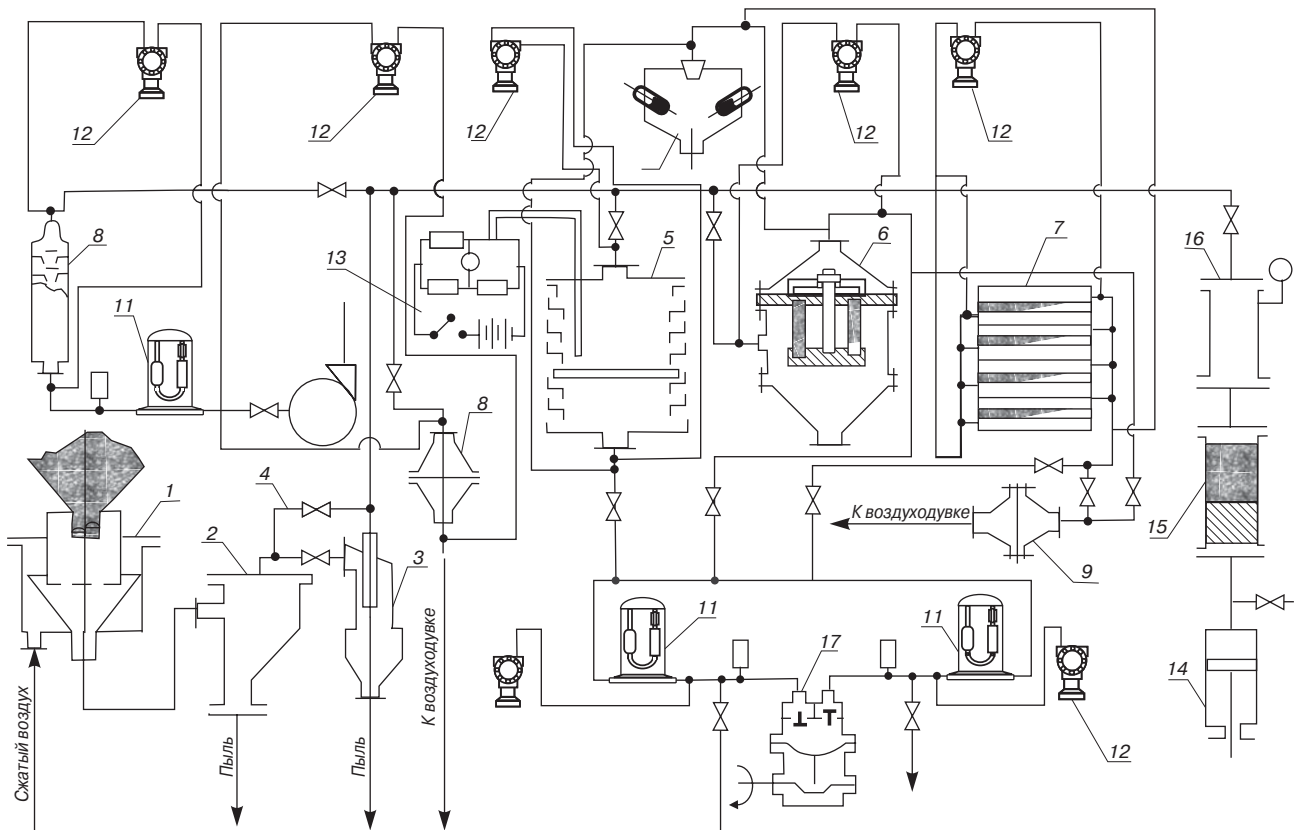
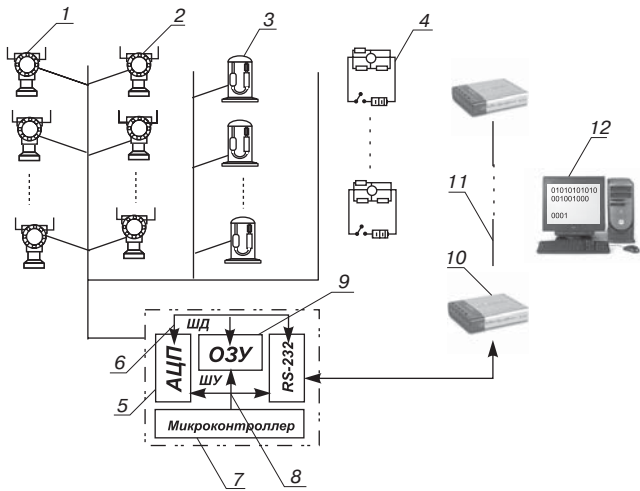


Рис. 1. Схема модифицированного экспериментального стенда для изучения зернистых слоев со связанной структурой: 1 – пылевой генератор ПГ-1 НИФХИ им. Л.Я. Карпова; 2 – емкость стабилизирующая; 3 – циклон лабораторный; 4 – байпасная линия; 5, 6, 7 – модификации фильтров; 8 – импактор НИИОГАЗа; 9 – фильтры аналитические; 10 – фотоэлектрический аэрозольный счетчик; 11 – реометры Т-2-80; 12 – мембранные манометры; 13 – полупроводниковый термоанемометр ЛИОТ; 14 – компрессор поршневой; 15 – маслолагоотделитель; 16 – ресивер; 17 – мембранный компрессор УК-40/2



**Рис. 2.** Структура системы мониторинга: 1 – датчики перепада давления; 2 – датчики избыточного давления; 3 – термодатчики; 4 – измерительные приборы с токовым или частотным выходом; 5 – преобразователь АЦП; 6 – шина данных ШД; 7 – микроконтроллер; 8 – шина управления ШУ; 9 – оперативное запоминающее устройство; 10 – модем; 11 – линия связи; 12 – персональный компьютер

ход пылегазового потока контролируют реометрами-индикаторами 11 типа Т-2-80 с поворотными диафрагмами.

Перепады давления измеряют мембранными манометрами 12.

Локальные скорости потока на выходе из фильтрующих элементов определяют полупроводниковым термоанемометром 13 с датчиком в виде цилиндра диаметром 0,8 мм, что позволяет не нарушать аэродинамику пылегазового потока. Таким способом целесообразно исследовать степень неравномерности распределения пор коррозионно-стойких фильтровальных лент, изготовленных из нержавеющей стали марок Х18Н15-ПМ, ФНС-5, ПНС-5, ПНС-30, а также цилиндрических втулок из порошка стали ОХ18Н10 (фракция +0,1–0,2 мм).

Поршневой компрессор 14 в сочетании с маслоотделителем 15 и ресивером 16 позволяет изучать различные методы регенерации.

Модуль 5 позволяет дискретно менять расположение фильтрующего элемента для изучения влияния условий ввода пылегазового потока на степень его неравномерности и коэффициент проскока; модуль 6 удобен для исследования кинетики процесса на цилиндрических фильтрующих элементах и способов регенерации; модуль 7 обеспечивает возможность быстрого изменения площади фильтрующей поверхности и, следовательно, проведение экспресс-анализа в достаточно широком диапазоне изменения числа Рейнольдса [3–5].

На рис. 2 представлена система мониторинга для автоматизации работы стенда и анализа кинетики процесса. Предложенная авторами система позволяет обеспечить своевременный сбор информации одновременно с множества объектов, провести оперативный анализ информации для выявления опасных ситуаций и неполадок работы оборудования.

Кроме того, система позволяет выявить оптимальные условия для работы пылеулавливающего оборудования с наибольшей эффективностью, исключить ошибки, связанные с человеческим фактором. Система использует средства связи, которыми располагает любое современное предприятие строительной промышленности.

Аналоговый электрический сигнал с датчиков 1–4 поступает на преобразователь 5. После преобразования в цифровую форму значение измеряемого параметра хранится в оперативном запоминающем устройстве 9 (ОЗУ). Это необходимо для того, чтобы исключить потери при неустойчивой работе системы передачи дан-

ных и реализации первичного анализа возникновения нештатных ситуаций и сбоев. Микроконтроллер 7 посредством шин управления 8 (ШУ) и данных 6 (ШД) управляет процессом преобразования, накопления, обработки и передачи информации.

По мере накопления значения измеренных параметров из запоминающего устройства через интерфейс RS-232 и далее через модем 10 по линии связи 11 передаются в базу данных для последующего хранения, проведения анализа и обработки на персональный компьютер 12. Отсюда данные в любой момент могут быть затребованы оператором системы управления базой данных, которая предоставляет мощные средства для обработки хранящейся информации.

Экспресс-анализ в данной системе позволяет установить предпочтительную область применения фильтровальных перегородок со связанной структурой, например из пористых металлов. Это дает возможность не только прогнозировать фракционные коэффициенты проскока, но и своевременно исключить зону чисел Рейнольдса, соответствующую наименее выгодному режиму работы фильтра.

Стенд весьма удобен для изучения степени неравномерности распределения пор в образцах с различными коэффициентами гидравлического сопротивления ПНС-5, ФНС-5 и ПНС-30. Относительная ошибка измерений на стенде не превышает 6%.

Система целесообразна в центральных заводских лабораториях и при контроле пылегазовых потоков на предприятиях по производству строительных материалов, при выборе оптимальных композиций и структур фильтровальных перегородок из пористых металлов в черной и цветной металлургии, химической технологии, теплоэнергетике.

Технологический процесс получения многих строительных материалов основан на обработке измельченного сырья, значительная часть которого теряется с отходящими аспирационными выбросами, поэтому вопрос об эффективном пылеулавливании в производстве строительных материалов особенно актуален. Как правило, интенсификация технологического процесса увеличивает выбросы пыли, которая также является сырьем и может быть возвращена в производство. Эффективность улавливания пыли с помощью зернистых фильтров достаточно высока при грамотной их эксплуатации и своевременном анализе их функционирования, поэтому так важна система контроля и управления, дающая точные сведения и помогающая правильно выбрать параметры эксплуатации пылеулавливающих установок в производстве строительных материалов.

#### Список литературы

1. Krasovickij J.V., Baltrėnas P., Kolbeschkin B.G., Dobrosotskij V.P., Koltsov G.V. Aerodynamische Verfahren zur Erhöhung der Leistungserzeugung der Entstaubung, Monographie. Vilnius: Technika, 2006. 352 S.
2. Горемыкин В.А., Красовицкий Ю.В., Панов С.Ю., Логинов А.В. Энергосберегающее пылеулавливание при производстве керамических пигментов по сухому способу. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2001. 296 с.
3. Добросоцкий В.П., Кольцов Г.В., Дутов И.Н. и др. Улавливание и утилизация пыли при сушке гранулированных материалов // Научные труды 3-й Всесоюзной научно-практической конференции «Экологические проблемы промышленных городов». Саратов: СГТУ, 2007. С. 85–88.
4. Панов С.Ю., Кольцов Г.В., Романюк Е.В. и др. Гидродинамические особенности и кинематические закономерности разделения промышленных аэрозолей фильтрованием // Экология Центрально-Черноземной области РФ. 2006. С. 82–83.
5. Красовицкий Ю.В., Дуров В.В. Обеспыливание газов зернистыми слоями. Москва: Химия, 1991. 192 с.

# Российская неделя сухих строительных смесей

20–22 ноября 2007 г. в Москве в Центре международной торговли с неизменным успехом прошла Российская неделя сухих строительных смесей. Мероприятие было организовано академическим научно-техническим центром «АЛИТ» при поддержке Федерального агентства по строительству и ЖКХ РФ, Правительства Московской области.

Российская неделя сухих строительных смесей включает ряд мероприятий – выставок и конференций, посвященных не только ССС, но и технологиям бетонов, цементной промышленности: 8-я Международная специализированная выставка «Сухие смеси, бетоны, растворы», 4-я специализированная выставка «Всероссийская ежегодная цементная биржа», 4-я Международная специализированная выставка «Модернизация цементной промышленности России и стран СНГ», 3-я Международная специализированная выставка «Бетонные заводы. Оборудование, опалубка». Впервые был представлен Международный салон «Ремонт бетонных и железобетонных конструкций».

Программа 9-й Международной научно-технической конференции «MixBuild-2007» затрагивала различные сферы производства сухих строительных смесей. Специалисты компании Hexion Specialty Chemicals проанализировали влияние добавки латекса на свойства растворной смеси и строительного раствора. В докладе *М. Сари* также приведены описания методик испытаний на прочность сцепления, стойкость к абразивному истиранию, эластичность строительного раствора, а также результаты испытания составов с латексом.

Эфиры целлюлозы широко применяются в составах ССС. Известно, что все они замедляют сроки схватывания цемента и материалов на его основе. Замедление схватывания зависит от вида эфира целлюлозы и связано со степенью его замещения. Обзор недавно появившихся на рынке эфиров целлюлозы, обладающих меньшим замедляющим эффектом схватывания, представил в своем докладе *Д.В. Мундштуков* (компания Hercules).

Использованию дисперсного карбонатного сырья было посвящено выступление *С.А. Дергунова* (Оренбургский государственный университет). Сделан вывод о том, что карбонатный наполнитель оказывает существенное влияние на реологические, механические и структурные характеристики цементно-песчаной системы.

Традиционно в работе конференции MixBuild освещаются вопросы технологии производства, оборудование и др. Посмотреть на ССС как на товар, реализуемый через торговую сеть, предложила в своем выступлении *И.К. Доманская* (Уральский государственный экономический университет). В докладе рассмотрена специфика ассортимента ССС в России, которая сложилась из-за необходимости импортозамещения, многообразия наименований выпускаемой продукции, невозможности оптимизации ассортимента ССС. В связи с этим повышается роль торговых организаций, которые должны обеспечить широкий ассортимент ССС и грамотно систематизировать его для упрощения задачи выбора потребителем.

Широкий спектр вопросов затрагивался на заседаниях конференций «Бетон: сырье, технологии, эксплуатация. ConLife-2007», «Современный цементный завод». Следует отметить, что интерес к этим мероприятиям со стороны специалистов из различных регионов России, стран СНГ и зарубежья значительно вырос. Этому способствовала также значительно расширившаяся экспозиция, в которой было представлено технологическое оборудование, сырье, добавки и др. Наиболее полно было представлено оборудование для производства ССС, бетонов (более 50% от общего числа участников), а также различные виды контрольно-измерительного и лабораторного оборудования. Отечественное оборудование было представлено фирмами «Строймеханика» (Тула), «Строммашкомплект» (Самара), «Все-луг» (Москва), «Урал-Омега» (г. Магнитогорск Челябинской обл.), «345 механический завод» (Московская обл.) и др. Общая численность российских производителей техники и оборудования составила немногим более 30% экспонентов этого направления.



Компания «Си Айрлайд» впервые представила свои разработки на Российской неделе сухих строительных смесей



Компания «Урал-Омега» считает свое участие в выставке очень успешным



Компания «Строймеханика» представила оборудование для производства строительных материалов

# Троительных смесей – 2007

Оборудование для переработки нерудного сырья занимало значительную часть экспозиции. Компания «Новые технологии» на своем стенде представила макет центробежной мельницы «Титан М-160» с внешним классификатором. В технологическую линию входит бункер исходных продуктов, дозирующее устройство, элеватор, дробилка, центробежный классификатор, циклон, вентилятор, рукавный фильтр, аспирационный вентилятор, питатель шлюзовый. Линия позволяет перерабатывать смесь клинкера с гипсом крупностью до 20 мм и влажностью до 1%. Получаемый продукт – цемент марки 300–400. Производительность оборудования 7–8 т/ч.

Традиционные зарубежные участники выставки получили значительное подкрепление в виде фирм из Китая, которые последние два года осуществили массовый выход на специализированные выставки России, составив значительную конкуренцию западным машиностроителям.

Компании Западной Европы продолжают выводить новые виды оборудования на рынок. Немецкая компания M-tec представила свою последнюю разработку – штукатурную машину M300, которая применяется для приготовления и подачи кладочного раствора, штукатурных составов, самовыравнивающихся наливных напольных композиций, клеев и др. Машина однокамерная, позволяет загружать материал из мешков или силосов, соединенных с передающим колпаком или пневмотранспортной установкой. Машина имеет более длительный срок службы насоса и большую дальность подачи при незначительном износе шнека. В конструкции применены элементы из полиуретана, что облегчает ее чистку.

## Технические характеристики

Производительность, л/мин	.....24
Дальность подачи, м	.....до 50
Высота подачи, м	.....до 30
Давление подачи, бар	.....до 30
Размеры, мм	.....1650×640×1470
Масса, кг	.....270

Среди фирм, представлявших различные виды добавок, сырья для производства бетонов и ССС, следует отметить дебютантов выставки – отечественные компании ООО «Ирстройпрогресс» (Владикавказ), ОАО «Стройдеталь» (Липецк), ООО «Си Айрлайд» (Челябинск). Фирма «Ирстройпрогресс» занимается разработкой и производством добавок, предназначенных для получения сульфатостойких бетонов повышенной прочности и долговечности. Компания «Стройдеталь» на стенде липецкого ОАО «Завод Железобетон» представила сухие строительные смеси собственного производства торговой марки «Alibrant»® – цементные штукатурки, шпаклевки, различные виды клея. Цементные штукатурки «Alibrant»® предназначены как для ручного, так и для механизированного нанесения.

Фирма «Си Айрлайд» занимается производством синтетических волокон. Диаметр волокна составляет 20–50 мкм, длина 3–18 мм, прочность при разрыве 350–500 МПа. Волокна предназначены для изготовления фибробетона, цементно-песчаных композиций и др.

В области химии для ССС также заметно прибавилось поставщиков из азиатских стран, что в большой степени спровоцировано дефицитом некоторых видов модифицирующих добавок.

Выставка привлекла внимание многих специалистов из различных регионов России и зарубежья. На стендах Российской недели сухих строительных смесей за три дня работы побывало более 5,5 тыс. российских и зарубежных специалистов. Это обусловлено также и значительным ростом числа участников. Свои экспозиции представили 135 компаний (в 2006 г. – 100), выставочные площади увеличились на 40%.

Все участники высоко оценивают как результаты, так и общую организацию проведения мероприятия.

**С.Ю. Горегляд  
И.В. Рыльцова**



Новая штукатурная машина M300 на стенде компании M-tec



Модель новой технологии дробления нерудных материалов представила компания «Новые технологии» (Санкт-Петербург)



Упаковка из полипропилена компании «Пэра Пластик» для ССС нашла также свое достойное место в экспозиции

## Новые направления в производстве ПВХ-профилей

Маркетологи многих западных фирм, производящих древесно-виниловые оконные ПВХ-профили, утверждают, что успеха в этой области можно добиться в основном путем применения новых композиционных составов для их изготовления. Самое перспективное направление в этой отрасли — экструзия древесно-виниловых (целлюлозных) профилей. Первые такие профили появились сравнительно недавно, и научные работы по совершенствованию их состава продолжают, особенно успешно в Италии. Пока такой состав и профили дороже традиционных экструдированных ПВХ-профилей. Mikron Wood Composite (США) совместно с Trimes S.A.S (Италия) разработали состав на основе дерева и ПВХ таким образом, что производительность традиционных экструзионных ПВХ-линий при его применении увеличивается в 2–3 раза, так как из экструзионной фильеры выходит довольно жесткий по сравнению с ПВХ профиль и времени для его дополнительного охлаждения от 180°C требуется значительно меньше.

Существует два главных типа экструзионного целлюлозно-винилового компаунда: высокой плотности (содержание древесины достигает 70%) и низкой плотности со вспененным ПВХ. В профили из второго состава легко вкручивать шурупы и забивать гвозди с таким же усилием, как в сосновый пиломатериал, и в 4 раза легче, чем в ПВХ-профили. Фирма продолжает исследования по разработке компаунда, сочетающего лучшие качества этих двух типов — прочность и легкость обработки и монтажа. Еще одно преимущество: многие американские производители деревянных окон стали закупать такие целлюлозно-виниловые профили, хотя содержание дерева в них 50–70%, причем пока ПВХ — наилучший полимер для получения композиций с целлюлозой.

Хотя общеизвестно, что целлюлозно-виниловые композиции состоят из ПВХ и отходов деревообработки и бумажной промышленности, попытки многих фирм скопировать состав успеха не имели. В данный компаунд входит в небольших количествах до 20 специальных химических добавок, смешивающихся с ПВХ и целлюлозой в специальных смесителях при определенном температурно-влажностном

режиме и давлении. Известный производитель винилового сайдинга Certain Teed (США) освоил производство сайдинг-панелей и оконных профилей этого состава. Состав компаунда и сведения об экструзионном инструменте засекречены. Профили могут окрашиваться всеми известными красками и малярными составами; стоимость их выше стоимости ПВХ-профилей, но ниже стоимости профилей из высококачественной, просушенной и пропитанной всеми необходимыми составами древесины. Заказчиков устраивают такие цены на окна из новых профилей и возможность окрашивать окна и двери по собственному вкусу, но общее снижение цен и необходимость продавать окна без окончательной отделки не нравятся их производителям.

Некоторые европейские производители профилей для оконных систем выпускают оконные ПВХ-профили с покрытием, имеющим древесную текстуру, методом коэкструзии. Однако использование целлюлозно-виниловых составов для экструзии оконных профилей только начинается, и некоторые фирмы пока просто улучшают качество пленок с текстурой натурального дерева для покрытия ими экструдированных ПВХ-профилей. Так поступает фирма NT Troplast (Германия). У этой фирмы наиболее широкий в Европе выбор текстурированных под натуральное дерево акриловых пленок для ПВХ-профилей с гаммой из 13 цветов.

Расширение рынка строительных целлюлозно-виниловых профилей имеет хорошие перспективы в США. Конгресс утвердил закон о предоставлении беспроцентного кредита в 2000 USD домовладельцам и частным застройщикам, применяющим в строительстве энергосберегающие стройматериалы и технологии. Окна — самый большой источник теплопотерь в здании. Тейлор, директор отдела строительных технологий департамента энергетики США утверждает, что теплопотери через окна равны 20 млрд USD в год, что равняется 5% производимой в США энергии. По сведениям этого департамента, применение улучшенных окон из ПВХ-профилей и из целлюлозно-виниловых профилей может снизить годовые затраты на отопление (кондиционирование) владельца среднего частного дома площадью до 250 м<sup>2</sup> и

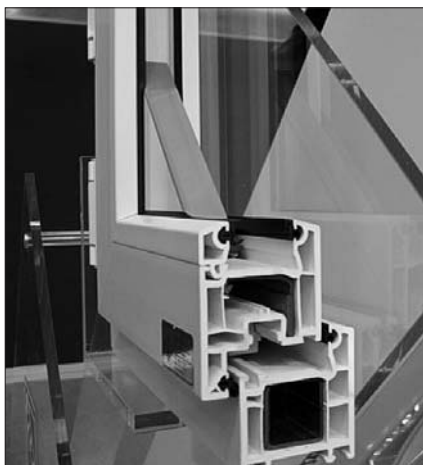
площадью остекления до 20 м<sup>2</sup> с 900 до 550 USD в районе Новой Англии (что соответствует в СНГ широтам Ростова — Краснодара). При этом показатели термосопротивления окон из целлюлозно-виниловых и из чисто ПВХ-профилей одинаковы и во много раз превосходят показатели алюминиевых окон.

Сейчас многие производители экструзионных оконных ПВХ-профилей используют термоэффективность своей продукции как таран для массированного завоевания этого выгодного сектора рынка стройматериалов. Фирма Kommerling (Германия) внедрила в производство новую систему оконных ПВХ-профилей Eurofutur с четырьмя камерами в поперечном сечении и шириной профиля 70 мм. Несмотря на повышение цены на профиль, связанное с увеличением массы и расходов на экструзию и новый формирующий инструмент, фирма уверена в спросе на новую инновационную продукцию, позволяющую европейским потребителям существенно снизить расходы на отопление. При внутреннем армирующем металлопрофиле данная оконная ПВХ-система значительно превосходит европейские нормативы относительно термосопротивления и теплопроводности оконных ПВХ-профилей.

Тем, кому не нравится ПВХ как материал для оконных, дверных и прочих удобных и выгодных строительных профилей, рынок предлагает новые подходы в выборе пластиков для экструзии строительных профилей.

Dow Plastics (США) выпускает для массовой экструзии строительных профилей сополимер этиленстирола (ES), в котором в зависимости от марки содержание стирола меняется от 15 до 77%, что позволяет придать ему для экструзионных целей ряд преимуществ по сравнению с обычным полистиролом (PS) — повышенную ударную прочность, химическую стойкость, теплозащитные свойства и улучшенную совместимость с наполнителями и пигментами. Оконные профили, экструдированные из этого состава, показывают качество, сравнимое с ПВХ-профилями. Но стоимость этих профилей пока значительно выше.

General Electric Plastics (США) давно выпускает весьма удобный и стойкий пластик для экструзии различных профилей для автомобилей, мебели и прочего — сополимер



акрилонитрил-стирол-акрилата и поликарбоната – (ASA/PC), до недавнего времени малоизвестного в Европе. В прошлом году инженеры фирмы попробовали экструдировать из него оконные и дверные профили по коэкструзионной схеме: основа – APS и оболочка – ASA/PC.

Эти профили имеют повышенную стойкость к атмосферному воздействию и отличные прочностные характеристики; их можно окрашивать, например, в черный цвет и использовать даже на экваторе, в сырых тропиках, в пустыне, что непросто для ПВХ-профилей (в этом случае требуется большое количество добавок – антиокислителей и термостабилизаторов). Пока стоимость этого полимера выше ПВХ-компаундов в несколько раз.

Фирма также занимается производством алюминиевых окон, которые покрывают методом коэкструзии для придания им привлекательного внешнего вида и дополнительной коррозионной стойкости разработанным составом на основе полиамида.

Фирма Durotherm Kunststoffverarbeitung (Германия) разработала новый полимерный состав и приступила к экструдированию из него новых необычных строительных профилей в виде соединенных двутавровых сечений, которые в Германии уже успешно применяют строители для обшивки поверхностей фасадов, стен, карнизов и пр. и даже используют в качестве половых досок, в том числе

для открытых площадок; цвет при экструзии этим профилям можно придать любой, а также имитировать древесные породы. При этом по внешнему виду эти профили – доски почти неотличимы от настоящих, но при этом легче ( $600 \text{ кг/м}^3$ ). Эти профили также экструдировать по коэкструзионной схеме на основу из вспененного полипропилена включением полипропиленовых отходов с добавлением до 30% наполнителя – талька. При необходимости достигается чистота поверхности  $\pm 0,05 \text{ мм}$ . Обычно путем наката профиль декорируют под текстуру поверхности натуральной древесины. В особо ответственных конструкциях возможно применение при экструзии таких профилей алюминиевых сердечников, но технология значительно усложняется и стоимость возрастает на порядок. Строительные профили из состава вспененный полипропилен/хлорированный жесткий полипропилен можно легко резать, сверлить, прибывать гвоздями и пр., что невозможно с алюминиевыми профилями. Экспериментальные оконные профили этого состава прошли стандартные испытания и готовятся к внедрению на рынок стройматериалов, но их цена пока выше аналогичных ПВХ-профилей.

Голландская экструзионная фирма Enitor BV разработала новый экструзионный компаунд на основе стандартных марок полиэтилен-терефталатов (PET) и провела успешные испытания по экструзии из этого материала оконных профилей на обычных одношнековых экструзионных линиях. Независимые эксперты признали полученные профили вполне удовлетворяющими требованиям к аналогичным оконным ПВХ-профилям. Разрабатывается рецептура компаунда и изучается возможность добавления в него перемолотых пустых бутылок из PET, которых на свалках скопилось огромное количество.

Фирма Crane Plastics (США) разработала и применяет для экструзии профилей шпунтово-пазовой конструкции (доска-вагонка, половая доска и др.) новый целлюлозно-ПВХ состав Timbertech. Профили из него можно применять в любых

целях вместо деревянных досок, при этом они не гниют, не коробятся, не поддерживают горения, легко обрабатываются традиционным плотницким и столярным инструментом. Рецептура этого древесно-пластикового состава запатентована и не разглашается. При экструзии эти профили не требуют калибрования, как традиционные из термопластов. Пока этот состав дороже экструзионных ПВХ-составов.

Сходный экструзионный состав (но биоразлагаемый) для применения профилей внутри помещений разработала и успешно экструдировала из него различные строительные и мебельные профили (плинтусы, наличники, накладки, галтели, перила и пр.) фирма Fasalex в кооперации с фирмами Cincinnati – Milacron, Egeta и Центральным сельскохозяйственным институтом (Австрия). Этот экструзионный компаунд назван также Fasalex. Fasalex не содержит никаких синтетических полимеров. Он состоит из деревянных опилок, натуральных связующих, например казеина, получаемого из отходов мясомолочной промышленности, перемолотых кукурузных сердцевин или отходов льнопроизводства и некоторых добавок (состав запатентован). Получаемые из него профили аналогичны по морфологии широко известным панелям и профилям, имеющим в своем составе фенолформальдегидные связующие (MDF), но имеют лучшие физико-технические показатели, дешевле, не содержат фенолформальдегидов и могут быть пустотелыми, что для MDF невозможно.

Экструдированные строительные профили Faslex легко механически обрабатываются и декорируются (окраска, ламинация, фанерование натуральным шпоном и т. д.). Для их экструдирования годятся стандартные профильные экструзионные линии для производства строительных ПВХ-профилей.

Подробнее о текущей ситуации и прогнозе развития технологий и рынка оконных профилей смотрите в отчете «Рынок оконного ПВХ-профиля в России» Академии Конъюнктуры Промышленных Рынков.

Академия конъюнктуры промышленных рынков

**АКПР**  
МАРКЕТИНГ  
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### Академия Конъюнктуры Промышленных Рынков

оказывает услуги, связанные с анализом рынков, технологий и проектов в промышленных отраслях:

- ✓ маркетинговые исследования
- ✓ технико-экономическое обоснование
- ✓ бизнес-планирование

111033, г. Москва, ул. Золоторожский Вал, 11, стр. 1, офис 2  
Тел.: (495) 918-13-12 www.akpr.ru E-mail: mail@akpr.ru

## **Требования к материалам, направляемым в группу журналов «Строительные материалы»® для опубликования**

В группе журналов «Строительные материалы»® публикуются оригинальные статьи, нигде ранее не опубликованные и не предназначенные для одновременной публикации в других изданиях.

Научные статьи рецензируются специалистами.

*Библиографические списки* цитируемой, использованной литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.1–2003. Цитируемая литература приводится общим списком в конце статьи в порядке упоминания. Порядковый номер в тексте заключается в квадратные скобки.

В начале статьи указывается УДК.

Статьи, направляемые в редакцию группы журналов «Строительные материалы»® для опубликования, должны оформляться в соответствии с *техническими требованиями*:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word (рекомендуемый объем 10 страниц машинописного текста или 10 тыс. знаков, включая таблицы и рисунки; размер шрифта 14, печать через 1,5 интервала, поля 3–4 см) и сохранен в формате \*.doc или \*.rtf;
- **единицы физических величин должны быть приведены в Международной системе единиц (СИ);**
- **для названий химических соединений необходимо придерживаться терминологии, рекомендуемой ИЮПАК;**
- графические материалы (*графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.*) должны быть представлены **отдельными файлами** в форматах \*.cdr, \*.ai, \*.eps, выполненные в графических редакторах: CorelDraw и Adobe Illustrator. При изготовлении чертежей в системах автоматического проектирования

(AutoCAD, Visuo и др.) необходимо экспортировать чертежи в формат \*.eps. **Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо. Диаграммы, выполненные в Microsoft Excel, не принимаются.**

- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, либо в электронном виде – **отдельными файлами** в формате \*.tif, \*.psd, \*.jpg (качество «8 – максимальное») или \*.eps (Adobe PhotoShop) с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

*Весь материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться:*

- рекомендательным письмом руководителя предприятия (института) с указанием, является ли работа диссертационной;
- распечаткой, лично подписанной авторами;
- рефератом на русском и английском языках;
- подтверждением, что статья предназначена для публикации в группе журналов «Строительные материалы»®, ранее нигде не публиковалась, и в настоящее время не передана в другие издания;
- сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени и ученого звания (звания в негосударственных академиях наук не указывать), должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов.

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте группы журналов [www.rifsm.ru/avtoram.php](http://www.rifsm.ru/avtoram.php).

## **Как оформить подписку на журнал «Строительные материалы»®**

### **На почте:**

**Индексы 70886, 87723 – по объединенному каталогу «Пресса России»  
79809, 36108, 20461, 36109 – по каталогу агентства «Роспечать»  
61970 – по каталогу «Издания органов научно-технической информации»**

### **В редакции:**

**Заявки на подписку принимаются по факсу (495) 976-22-08 или по электронной почте [mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru)**

### **Через Интернет:**

**На сайте журнала «Строительные материалы»® [www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru) разделе «Подписка» ([www.rifsm.ru/podpiska.php](http://www.rifsm.ru/podpiska.php))**

### **Альтернативная подписка:**

«Агентство Артос-Гал»	(495) 160 58 47	«Экс-Пресс»	(495) 234 23 80
	504 13 45	«Урал-Пресс»	(495) 257 86 36
«Вся пресса»	(495) 787 34 47		(343) 375 80 71
«Информ Наука»	(495) 787 38 73	«Агентство «Коммерсант-Курьер»	(495) 614 25 05
«Интер-почта»	(495) 500 00 60		(843) 291 09 82
«Красносельское агентство «Союзпечать»	(495) 707 12 88	РУП «Белпочта», Минск, Беларусь	(375-17) 227 75 27
	707 16 58		