

## 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.  
ГОРИН В.М.  
ГОРНОСТАЕВ А.В.  
ГРИДЧИН А.М.  
ГУДКОВ Ю.В.  
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 из нашего журнала  
возможны лишь с письменного  
разрешения главного редактора

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

### Адрес редакции:

Россия, 127434, Москва,  
Дмитровское ш., д. 9, кор. Б

Телефон: (926) 833-48-13  
Тел./факс: (495) 976-22-08  
976-06-16

E-mail: mail@rifsm.ru  
http://www.rifsm.ru

### К 50-летию БГТУ им. В.Г. Шухова

А.М. ГРИДЧИН, В.С. ЛЕСОВИК

**БГТУ им. В.Г. Шухова – современный научно-инновационный комплекс** . . . 4

В.В. СТРОКОВА, А.М. ГРИДЧИН, В.С. ЛЕСОВИК

**Консорциум как инструментарий развития  
направления наносистемы в строительном материаловедении** . . . . . 9

В.И. ОНИЩУК, Н.Ф. ЖЕРНОВАЯ, Е.А. ДОРОГАНОВ

**Мозаичная эмаль для строительства** . . . . . 13

Разработана технология мозаичной эмали, особенностью которой являются доступность  
сырьевых материалов, минимальные энергетические затраты и экологическая чистота.

Е.И. ЕВТУШЕНКО, И.Ю. МОРЕВА, О.К. СЫСА

**Управление свойствами сырья, литейных систем  
и паст в технологии тонкой керамики** . . . . . 16

Впервые с позиции структурной нестабильности рассмотрены вопросы подготовки и управ-  
ления свойствами сырья, литейных систем и паст в технологии тонкой керамики.

В.К. КЛАССЕН, И.А. ШИЛОВА, Е.В. ТЕКУЧЕВА, В.В. СТЕПАНОВ

**Энерго- и ресурсосбережение при использовании  
техногенных материалов в технологии цемента** . . . . . 18

При использовании сталеплавильных шлаков ОЭМК можно экономить до 30% тепла. Высо-  
кая активность клинкера обеспечивается путем производства двухклинкерного смешанного  
цемента и частичной декарбонизации мела теплотой расплавленного шлака.

В.К. КЛАССЕН, И.Н. БОРИСОВ, В.Е. МАНУЙЛОВ, Е.И. ХОДЫКИН

**Теоретическое обоснование и эффективность  
использования углеотходов в технологии цемента** . . . . . 20

Обосновано количество горючей составляющей в сырьевом шламе при мокром способе  
производства цемента. В зависимости от теплового КПД холодильника и коэффициента из-  
бытка воздуха добавка может составлять 3,8% и обеспечить 25% экономии топлива.

И.Н. БОРИСОВ

**Особенности теплотехнологических процессов  
в подготовительной зоне вращающихся печей** . . . . . 22

Разработана методология проектирования теплообменных устройств во вращающейся печи  
с учетом свойств шлама. Промышленные испытания на ЗАО «Уралцемент» подтвердили це-  
лесообразность совместного использования углеотходов и медеплавильных шлаков.

Р.Р. ШАРАПОВ, В.Г. ШАПТАЛА, Н.И. АЛФИМОВА

**Прогнозирование дисперсных характеристик высокодисперсных цементов** . 24

Предложена математическая модель, позволяющая исследовать влияние параметров зерно-  
вого распределения частиц цемента на величину его удельной поверхности.

В.М. КОНОВАЛОВ, А.В. ЧЕРКАСОВ, Д.А. МИШИН, А.В. ЛИТОВЧЕНКО, А.Н. СЫСОВ

**Цемент с компенсированной усадкой** . . . . . 26

Показана возможность получения безусадочного цемента по технологии с использованием  
тепла охлаждающегося клинкера и расширяющейся добавки на основе природного брусита.

А.В. ЧЕРЕВАТОВА

**Теоретические основы проектирования строительных композитов  
с использованием высококонцентрированных вяжущих систем** . . . . . 29

Сформулированы принципы получения композитов, основанные на типоморфных признаках  
сырья, реологических свойствах и кинетике уплотнения формовочных систем.

Э.О. ГАЩЕНКО, А.В. ЧЕРЕВАТОВА, Н.В. ПАВЛЕНКО

**Упрочнение безобжиговых материалов посредством  
химического активирования контактных связей** . . . . . 32

Рассмотрена кинетика упрочнения формовочных систем из модифицированного вяжущего. Повышение  
механической прочности на 40–45% обусловлено оптимизацией структуры матричной фазы системы.

Н.П. КУДЕЯРОВА, М.А. ГОСТИЩЕВА

**Гидратационная активность минералов сталеплавильных шлаков  
в автоклавных условиях** . . . . . 34

В работе исследовалась гидратационная активность модификаций  $C_2S$  в автоклавных условиях.  
Результаты работы показали повышение гидратационной активности минералов  $\beta-C_2S$  и  $\gamma-C_2S$  при  
автоклавной обработке и активирующее воздействие оксидов кальция и кремния.

Л.Д. ШАХОВА, Е.С. ЧЕРНОСИТОВА, Д.В. ГОНЧАРОВ

**Сопоставление расчетных и экспериментальных значений теплопроводности пенобетонов** ..... 36  
Рассматривается взаимосвязь расчетных и практических данных теплопроводности пенобетонов. Подтверждено влияние вида пенообразователя, размера пор и способа получения на теплопроводность пенобетонов.

**Как выбрать технологию для производства пенобетона и повысить его качество (информация)** ..... 38  
М.В. КАФТАЕВА, Р.В. ЛЕСОВИК, А.В. ЧЕРНОУСОВ

**Применение минеральных добавок в мелкозернистых прессованных бетонах** ..... 44  
Исследованы минеральные добавки на основе микрокремнезема в мелкозернистых прессованных бетонах. Установлено, что их применение не всегда дает положительный результат. Предпочтительно не вводить их в портландцементы с добавлением шлака.

Ю.В. ФОМЕНКО, А.И. ТОПЧИЕВ, Ю.В. ЛИТВИНОВА, А.П. ГРИНЕВ  
**Способы снижения высолообразования тротуарной плитки** ..... 46  
Рассмотрены дефекты тротуарной плитки. Предложены составы цементно-песчаных смесей, позволяющие снизить высолообразование и повысить прочность и долговечность дорожно-строительных изделий.

В.И. ПАВЛЕНКО, Р.Н. ЯСТРЕБИНСКИЙ, Д.В. ВОРОНОВ  
**Тяжелый бетон для защиты от ионизирующих излучений** ..... 48  
Приведены основные характеристики нового типа железомagnetитосерпентинового бетона для биологической защиты различных источников ионизирующих излучений. Новый бетон находит широкое применение в реакторах типа РБМК АЭС.

В.В. ЯДЫКИНА, Е.А. ЛУКАШ  
**Изменение поверхностных свойств наполнителей и цементных композитов под воздействием ультрафиолетового облучения** ..... 50

Определено оптимальное время воздействия ультрафиолета, при котором концентрация обменных центров достигает максимального значения. Показано, что прочность цементных композитов с использованием активированных наполнителей повышается пропорционально увеличению концентрации активных центров.

Л.Ю. ОГРЕЛЬ, Р.В. ЛЕСОВИК, О.В. ДОРОГАНОВА, А.В. ГРАБАЗЕЙ  
**Биостойкость минеральных наполнителей строительных композиционных материалов** ..... 52

Исследована грибоустойчивость минеральных наполнителей строительных композитов. Установлено, что грибоустойчивыми являются полиминеральные наполнители пирогенного происхождения, а также механогенные пески. Негрибоустойчивыми являются мономинеральные кварцевые и карбонатные наполнители.

Н.В. ЧЕРНЫШЕВА, А.Ю. ЧЕРНЫШЕВ, М.Б. РЫБЦОВА  
**Быстротвердеющие бетонные смеси для дорожного строительства** ..... 54

Показана возможность использования в качестве активной минеральной добавки в гипсоцементных композициях отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов. Композиции использованы для бетонных смесей для укрепления дорожных оснований.

А.М. ГРИДЧИН, В.В. ЯДЫКИНА, Д.А. КУЗНЕЦОВ, М.А. ВЫСОЦКАЯ, А.В. КУЗНЕЦОВ  
**Особенности свойств поверхности кислых минеральных материалов для асфальтобетонных смесей** ..... 56

Обоснован принцип оценки минерального сырья для использования в органоминеральных композитах. Показана необходимость учета состояния поверхности наполнителя. Сделан вывод о возможности использования в качестве наполнителя органических компонентов пород.

Р.В. ЛЕСОВИК, М.В. КАФТАЕВА, С.М. ШАПОВАЛОВ, С.А. БЕЛОБРОВА  
**Использование техногенных песков в дорожном строительстве** ..... 58  
Показана эффективность и целесообразность использования крупнотоннажных отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов в дорожном строительстве при получении смесей с высокой проникающей способностью на основе композиционных вяжущих.

В.Э. АБСИМЕТОВ, А.Ш. КАЛМАГАМБЕТОВА, А.А. ГУТОВ  
**Огнезащитная эффективность вспучивающихся покрытий для металла** ..... 60

Исследован огнезащитный вспучивающийся состав с применением волластонитового сырья, приведены результаты испытаний огнезащитных материалов на другой основе. Рассмотрена огнезащитная эффективность и ее зависимость от толщины покрытия.

А.Н. ХАРХАРДИН, Е.Н. ХОДЫКИН  
**Фрактальная размерность дисперсных и пористых материалов** ..... 62

Приводится вывод уравнения для расчета фрактальной размерности дисперсных и пористых материалов от пустотности и пористости соответственно. Сделан вывод о возможности компьютерного моделирования и регулирования свойств пеноцементных суспензий.

**Специализированная конференция СтройПолимер-2007 (информация)** ..... 67

## Материалы

С.П. КУТЬЕВ  
**Комплексная оценка конструктивной эффективности минераловатной плиты** ..... 68

Рассмотрены требования к эксплуатационным свойствам теплоизоляционных материалов из минеральной ваты для ограждающих конструкций. Обосновывается использование коэффициента эффективности, зависящего от механических и теплофизических свойств изделий.

**Российский рынок теплоизоляции ждет инвесторов (информация)** ..... 70  
Е.И. ШМИТЬКО, М.В. ТИТОВА

**Управление структурой дисперсно-зернистых материалов с учетом дисперсности и внутренних сил** ..... 72  
Рассматривается роль дисперсности на раннем этапе структурообразования мелкозернистых бетонов с учетом влияния капиллярных и пленочных сил. Показана их значимость, в том числе положительный эффект от стягивающего воздействия капиллярных сил.

В.В. БАБКОВ, В.П. КЛИМОВ, Р.Р. САХИБГАРЕЕВ, А.Е. ЧУЙКИН, А.И. ГАБИТОВ, Н.Г. ЧУМАЧЕНКО, А.А. ОРАТОВСКАЯ, Л.Р. РАВИЛОВА  
**Механизмы высолообразования на поверхностях наружных стен зданий из штучных стеновых материалов** ..... 74

Рассмотрены механизмы высолообразования на поверхностях ограждающих конструкций; введено понятие потенциала высолообразования. Сделан вывод, что время создания гидрофобного слоя необходимо увязывать с целесообразностью предварительной очистки наружных стен.

**Великая захватническая война (информация)** ..... 77

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ® №9

приложение к научно-техническому журналу «Строительные Материалы» №8-2007 г.

## ВНИМАНИЕ!

С 2006 г. подписка на журнал «Строительные материалы» с приложением «Строительные материалы: бизнес» осуществляется по индексам:

**87723** каталог «Пресса России»

**20461** каталог агентства «Роспечать»

## СОДЕРЖАНИЕ

А.А. РУДЫЧЕВ, В.А. КАЛУГИН

### Конкурентоспособность товаров: теоретико-методологический аспект ..... 2

Дан краткий анализ традиционного способа определения уровня конкурентоспособности товаров, выделены его наиболее существенные недостатки. Предложен метод расчета уровня конкурентоспособности предприятий в отношении конкретного товара в целом по целевому рынку. Степень обоснованности и достоверности выводов определяется математической правомочностью предложенных решающих правил, соответствием способов получения информации и наличием средств проверки экспертной информации на непротиворечивость.

В.В. ВЫБОРНОВА, Е.А. НИКИТИНА

### Оценка конкурентоспособности продукции цементных и асбестоцементных предприятий ..... 8

Конкурентоспособность представляет собой многостороннюю экономическую категорию, которая может рассматриваться на различных уровнях, поскольку в качестве субъектов конкурентной борьбы могут выступать различные по своей природе объекты – товары, предприятия, отрасли, отдельные страны.

И.П. АВИЛОВА, М.А. РЫКОВА

### Использование внутренней нормы доходности в качестве критерия экономической эффективности инвестиционных проектов ..... 10

В статье рассмотрены некоторые аспекты практического использования внутренней нормы доходности в классическом виде и предложена модификация критерия, позволяющая учесть требуемую рентабельность инвестиций.

И.В. ЧЕЧЕНИНА, Г.Г. ГОЛИКОВ, Е.Н. ЧИЖОВА

### Реформирование жилищно-коммунального хозяйства Белгородской области ..... 12

Приведены статистические данные по Белгородской области за 2003–2006 гг., характеризующие объемы и стоимость строительства объектов жилищного и коммунального назначения.

Л.Г. РОМАНОВИЧ

### Инновационно-технологический центр БГТУ им. В.Г. Шухова как объект инфраструктуры поддержки инновационной деятельности в Белгородской области ..... 14

В статье рассмотрен опыт создания ИТЦ университета, а также механизм интеграции на его базе кредитных учреждений, администрации и общественных организаций в поддержку инновационной деятельности в системе малого предпринимательства региона.

И.А. СЛАБИНСКАЯ, Д.В. СЛАБИНСКИЙ

### Планирование финансово-хозяйственной деятельности предприятий в России и за рубежом ..... 16

Приведен критический анализ системы бюджетирования, принятой за рубежом, раскрыты особенности планирования, учета и контроля над формированием доходов и расходов в западных странах, дано сравнение западных и отечественных принципов бюджетирования.

Т.П. КУЗНЕЦОВА, Г.В. ИСМАГИЛОВА, Н.Р. КЕЛЬЧЕВСКАЯ, М.П. КОЛЕСНИКОВА, Е.А. НИКОНЕНКО

### Эколого-экономические аспекты сырьевых инноваций в производстве кирпича ..... 18

На примере использования техногенных отходов горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятий в технологии производства керамического кирпича показана возможность снижения доли себестоимости в цене продукции, расширения ассортимента, увеличения рынка сбыта. Рассчитана величина общего предотвращения ущерба от ухудшения и разрушения почв от складирования отходов.

**Не забудьте оформить подписку своевременно!**

Телефон/факс: (926) 833-48-13, (495) 976-22-08, 976-06-16

E-mail: mail@rifsm.ru

www.rifsm.ru

С  
Е  
Н  
З  
И  
Б





А.М. ГРИДЧИН, д-р техн. наук, В.С. ЛЕСОВИК, член-корр. РААСН, д-р техн. наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## БГТУ им. В.Г. Шухова – современный научно-инновационный комплекс

Белгородский государственный технологический университет имени Владимира Григорьевича Шухова имеет славную, более чем полувековую историю. Началась она в апреле 1954 г., когда Совет министров СССР своим постановлением поручил Министерству высшего образования СССР «организовать в 1957 г. Белгородский технологический институт строительных материалов с контингентом 2500 человек». В настоящее время это один из лучших в стране университетских комплексов с многоэтажными корпусами для учебных занятий и научных исследований, зданиями библиотеки и культурно-воспитательного центра, студенческими общежитиями, спортивными залами, стадионом, стрелковым тиром, учебно-производственной базой, комбинатом питания, жилыми домами для профессорско-преподавательского состава, санаторием-профилакторием, здравпунктом с современной диагностической и лечебной аппаратурой, базой отдыха.

За 50 лет вуз выпустил более 25 тыс. специалистов в области промышленности строительных материалов и строительства. Из 23 тыс. студентов, обучающихся в настоящее время, многие являются выпускниками профильных техникумов или направлены ведущими предприятиями отрасли.

Около 65% руководителей и главных специалистов предприятий строительной индустрии, промышленности строительных материалов выпускники БГТУ им. В. Г. Шухова. Из них более 300 человек получили ученую степень кандидата наук, более 20 стали докторами наук.

В настоящее время в университете работают 150 докторов наук, профессоров, в числе которых 36 академиков и член-корреспондентов государственных и общественных академий. В преподавательском корпусе свыше 350 кандидатов наук, доцентов.

Большая заслуга в этом принадлежит ученым, основателям крупнейших в России научных школ: И.Е. Лугиной, В.К. Классену, Ш.М. Рахимбаеву, Ю.Ю. Вейнгольду, В.А. Минко, Н.И. Минько, А.М. Гридчину, В.Г. Рубанову, В.С. Богданову, В.С. Лесовику, А.А. Рудычеву, А.Г. Юрьеву и многим другим.

В университете сложились и интенсивно развиваются научно-педагогические школы, возглавляемые ведущими учеными университета.



■ Энерго- и ресурсосберегающие экологически безопасные технологии производства высококачественных строительных и композиционных материалов, минералогические и структурно-фазовые аспекты получения и модификации твердых фаз. Ведущие ученые в данной области – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой технологии цемента и композиционных материалов

(ТЦКМ) Классен Виктор Корнеевич; д-ра техн. наук, профессора кафедры ТЦКМ Лугина Ия Германовна, Барбанягрэ Владимир Дмитриевич; д-р техн. наук, профессор заведующая кафедрой технологии стекла и стеклокристаллических материалов Минько Нина Ивановна; д-р техн. наук, профессор кафедры технологии и дизайна керамики и огнеупоров (ТДКО) Немец Игорь Иванович; д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой ТДКО Евтушенко Евгений Иванович.

Научные разработки этого направления ориентированы на экономии топливно-энергетических ресурсов, совершенствование технологии цемента, стекла, керамических и композиционных материалов, использование различных отходов в силикатном производстве,

синтез и изучение свойств новых минералов, структур и, в том числе нанодисперсных модификаторов.

Более 30 лет ученые университета сотрудничают с предприятиями и успешно решают задачи по совершенствованию и оптимизации технологических процессов более чем на 100 цементных, стекловых и керамических заводах России, Белоруссии, Украины, Казахстана, Киргизии, Туркменистана, Узбекистана, Молдавии, Польши, Кубы и др.

Результаты исследований ученых научной школы, их вклад в подготовку специалистов способствовали тому, что специальность «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» по итогам рейтинга Министерства образования и науки в 2005 г. стала лучшей в России.

■ **Научные основы использования потенциальных возможностей анизотропного сырья и разработка принципов получения дорожных бетонов с заранее заданными свойствами.** Ведущие ученые в данной области – д-р техн. наук, профессор заведующий кафедрой автомобильных дорог и аэродромов (АДА) Гридчин Анатолий Митрофанович; д-р техн. наук, профессор кафедры АДА Ядыкина Валентина Васильевна; канд. техн. наук, профессор кафедры АДА Духовный Георгий Самуилович; канд. техн. наук, профессор кафедры АДА Шухов Виктор Иванович.

Разработаны теоретические и практические основы управления процессами структурообразования дорожно-строительных материалов при использовании сырья с анизотропными свойствами; теоретические основы получения и прогнозирования качества эффективных органоминеральных композитов с учетом природы и поверхностных свойств минеральных составляющих; принципы комплексного использования отходов КМА с целью повышения эксплуатационных свойств автомобильных дорог.

Проведены теоретические и экспериментальные исследования техногенного сырья Курской магнитной аномалии и разработаны практические рекомендации по их широкомасштабному использованию; с участием ученых БГТУ построены и отремонтированы тысячи километров автомобильных дорог.

Научные и практические достижения в этом направлении способствовали получению международного сертификата качества обучения на кафедре автомобильных дорог и аэродромов, а специальность «Автомобильные дороги и аэродромы» по итогам рейтинга Министерства образования и науки в 2005 г. стала лучшей в России.



Разработаны методологические основы повышения эффективности производства строительных материалов и расширения сырьевой базы стройиндустрии с учетом генезиса и типоморфных особенностей сырья. Установлено явление наследования степени совершенства кристаллических структур сырьевых минералов новообразованными при синтезе искусственных композитов; разработана методология проектирования и получения высокопрочных бетонов с наиплотнейшей упаковкой частиц.



■ **Методологические основы использования энергосберегающего сырья и эффективных технологий в производстве строительных материалов с учетом генезиса сырья и устойчивости системы человек – материал – среда обитания.** Ведущие ученые в данной области – член-корр. РААСН, д-р техн. наук, профессор заведующий кафедрой строительного материаловедения, изделий и конструкций (СМИиК) Лесовик Валерий Станиславович; д-ра техн. наук, профессора кафедры СМИиК Рахимбаев Шарк Матрасулович, Хархардин Анатолий Николаевич; д-р техн. наук, профессор заведующая секцией «Наносистемы в строительном материаловедении» Строкова Валерия Валерьевна.

Учитывая выполненный цикл фундаментальных исследований, Российская академия архитектуры и строительных наук приняла решение о создании при университете Академического научно-творческого центра (АНТЦ), который является ведущим подразделением РААСН и вузов России по использованию нанотехнологий в строительном материаловедении.

В результате выполненных работ ряд попутно добываемых пород и отходов обогащения КМА был переведен в разряд полезных ископаемых, что способствовало существенному расширению сырьевой базы в Центральном округе РФ. На базе этого сырья работают десятки заводов по

выпуску широкой номенклатуры строительных материалов, изделий и конструкций, выпущены десятки миллионов кубометров бетона и раствора, сданы в эксплуатацию миллионы квадратных метров жилья, промышленных зданий и сооружений.

Выполненные разработки заложили основу научно-технологического обеспечения реализации программ губернатора Белгородской обл. Е.С. Савченко по развитию индивидуального жилищного строительства и благоустройству сел и, безусловно, способствовали улучшению качества жизни белгородцев. За эти работы А.М. Гридчин, В.С. Лесовик, Н.И. Минько, Ш.М. Рахимбаев, В.К. Кокунько были удостоены премии им. А.Н. Косыгина.



■ **Создание современных машин и оборудования, средств механизации и автоматизации для производства строительных материалов и изделий.** Ведущие ученые в данной области – д-р техн. наук, профессор заведующий кафедрой механического оборудования Богданов Василий Степанович; д-р техн. наук, профессор заведующий кафедрой технологических комплексов, машин и механизмов Севостьянов Владимир Семенович; д-р техн. наук, профес-

сор заведующий кафедрой технологии машиностроения (ТМ) Погонин Анатолий Алексеевич; д-р техн. наук, профессор кафедры ТМ Пелипенко Николай Андреевич.

Коллективом школы выполняются исследования в области теоретических основ техники измельчения и разделения материалов, создания и совершенствования агрегатов для помола различных материалов, энергосберегающих технологий получения цемента, разработки новых мо-

научно-технический и производственный журнал

бильных технологий механической обработки крупногабаритных деталей, концепции, проектирования, изготовления и реализации новых переносных модулей, обеспечивающих восстановление работоспособности вышедших из строя деталей.

На заводах промышленности строительных материалов России

и зарубежных стран разработаны и внедрены новые барабанные шаровые мельницы с поперечно-продольным движением мелющих тел, различные внутримельничные устройства, струйные мельницы, дезинтеграторы, сепараторы, диспергаторы, фильтры, пресс-валки, прессы, оборудова-

ние для обработки и восстановления деталей.

Специальность «Механическое оборудование и технологические комплексы предприятий строительных материалов, изделий и конструкций» по итогам рейтинга Министерства образования и науки в 2005 г. стала лучшей в России.



■ **Теоретические основы регулирования агрегативной устойчивости дисперсных систем. Разработка и создание композиционных материалов специального назначения. Решение проблем технологической и экологической реконструкции за счет создания региональных схем комплексного использования сырья.**

Ведущие ученые в данной области — д-р техн. наук, профессор заве-

дующий кафедрой физической и коллоидной химии Шаповалов Николай Афанасьевич; д-р техн. наук, профессор заведующий кафедрой неорганической химии Павленко Вячеслав Иванович; канд. техн. наук, профессор заведующая кафедрой промышленной экологии Свергузова Светлана Васильевна; д-р техн. наук, профессор заведующий кафедрой отопления, вентиляции и кондиционирования Минко Всеволод Афанасьевич.

Работа школы направлена на установление и выявление закономерностей связи коллоидно-химического взаимодействия дисперсных фаз, влияние электролитов и пластификаторов, разработку эффективных комплексных разжижителей, сорбентов, технологий защиты окружающей среды.

Научные исследования коллектива школы позволили разработать коллоидно-химические принципы управления реологическими характеристиками дисперсных наносистем и их агрегативной устойчивостью; синтез сверхдисперсных металлокремнийорганических олигомеров при получении конструкционных радиационно-защитных материалов и полимерных диэлектрических композитов радиохимического и авиационно-космического назначения. Радиационно-защитные бетонные композиты получили промышленную апробацию и внедрены на Курской АЭС Росатома РФ для биологической защиты реакторов РБМК от нейтронного и гамма-излучения.

Решены важные экологические проблемы на многих промышленных предприятиях региона и России.

■ **Развитие теории сооружений, методов расчета их надежности, разработка новых и совершенствование существующих строительных конструкций вновь возводимых и реконструируемых зданий и сооружений, обеспечивающих повышение комфортности и безопасности среды жизнедеятельности.**

Ведущие ученые в данной области — д-р техн. наук, профессор заведующий кафедрой сопротивления материалов и строительной механики Юрьев Александр Гаврилович, д-р техн. наук, профессор заведующий кафедрой промышленного и гражданского строительства Смоляго Геннадий Алексеевич; канд. техн. наук, профессор заведующий кафедрой городского строительства и хозяйства Донченко Олег Михайлович, канд.

техн. наук, профессор директор архитектурно-строительного института Дегтев Илья Алексеевич.

Научные разработки коллектива школы направлены на использование вариационных принципов структурного синтеза, эволюционных и генетических алгоритмов для оптимизации строительных конструкций, деформативности и трещиностойкости железобетонных изделий и тонкостенных пространственных конструкций, испытывающих силовые, температурные и другие воздействия; установление ресурса конструктивной безопасности возведения зданий и сооружений, выбор проектных решений, выработку новых принципов оценки остаточного ресурса силового сопротивления строительных конструкций.

Учеными школы выполняются экспертиза и анализ безопасности проектируемых и эксплуатируемых зданий и сооружений, что способствовало получению международного сертификата качества обучения на кафедрах промышленного и гражданского строительства; городского строительства и хозяйства.



■ **Разработка и развитие принципов, методов и средств автоматизированного проектирования материалов, про-**

**цессов, технологий, оборудования для промышленности строительных материалов и строительства; информатизация образования.** Ведущие ученые в данной области — д-р техн. наук, профессор заведующий кафедрой технической кибернетики Рубанов Василий Григорьевич; д-р техн. наук, профессор кафедры программного обеспечения вычислительной техники и автоматизированных систем Корсунов Николай Иванович.

Коллектив школы решает задачи контроля и диагностики техниче-

ских систем, оптимального управления технологическими процессами и мобильными роботами, анализа устойчивости систем робастного класса. Разработаны системы управления горелочными устройствами и тепловыми агрегатами, учета энергоносителей; интегрированная информационная система управления образовательной деятельностью; автоматизированная система управления лекарственным обеспечением лечебных учреждений; мультимедийные навигаторы.

■ **Научно-методологические основы прогнозирования, экономико-математического моделирования и стратегического развития мезо- и микроэкономических систем в условиях динамичности среды решения.** Ведущие ученые в данной области – д-р экон. наук, профессор заведующий кафедрой экономики и организации производства Рудычев Анатолий Андреевич; д-р экон. наук, профессор заведующий кафедрой стратегического управления Дорошенко Юрий Анатольевич; д-р экон. наук, профессор заведующий кафедрой финансового менеджмента Бухонова София Мирославовна.

Ими разработаны научно-методологические основы комплексной оценки и управления экономическим и инновационным потенциалом отрасли, региональных образований, предприятий; научно-методологические основы оценки и управления стоимостью бизнеса промышленной компании; концепция и теория формирования экономической безопасности региона, предприятия, личности; теорию и методология эколого-экономического подхода к процессу комплексного использования месторождений полезных ископаемых в условиях рыночных отношений; теория и методология формирования и оценки инвестиционной привлекательности региона, предприятия; экономические модели функционирования отрасли и предприятий промышленности строительных материалов и строительства в условиях рыночной экономики и региональ-

ной экономической политики; теоретические подходы к обоснованию эффективного использования экономического потенциала естественных монополий в развитии промышленного производства.

Результаты проведенных исследований апробированы и внедрены в практику работы федеральных экономических структур, органов законодательной и исполнительной власти субъектов Российской Федерации, хозяйствующих субъектов реального сектора экономики, в учебный процесс ряда ведущих российских вузов при подготовке специалистов экономического профиля.

Одним из результатов деятельности научных школ стало образование пяти научно-исследовательских институтов, ряда лабораторий, учебно-научно-производственных комплексов, малых предприятий в научно-технической сфере. Творческие коллективы университета активно сотрудничают с ведущими учеными РФ и зарубежья. В частности, партнерами БГТУ им. В.Г. Шухова по реализации исследований в области нанотехнологий являются: Российская академия архитектуры и строительных наук; Российская инженерная академия; Институт экспериментальной минералогии РАН (г. Черноголовка Московской обл.); факультет наук о материалах Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова; Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН; Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева; Институт ма-

шиноведения РАН им. А.А. Благонравова; Институт химии и технологии редких элементов минерального сырья им. И.М. Танаева-Кольского, а также многие другие вузы, НИИ, десятки предприятий отрасли.

БГТУ им. В.Г. Шухова по итогам рейтинга Министерства образования и науки за 2005 г. занял первое место среди архитектурно-строительных и технологических вузов России. Высокий рейтинг и устойчивое положение на международном рынке образовательных и научных услуг позволили успешно провести международную аккредитацию ряда специальностей университета Британским институтом инженеров-строителей, входящим в Европейский совет инженеров-строителей. В том числе специальности: «Производство строительных материалов, изделий и конструкций», «Промышленное и гражданское строительство», «Городское строительство и хозяйство», «Автомобильные дороги и аэродромы». Согласно сертификату Международной экспертной комиссии образование выпускников института по данным специальностям соответствует образованию магистра наук в европейских вузах. Высокая динамика развития, базовые ценности, заложенные ведущими учеными, позволяют надеяться, что и следующие 50 лет для университета будут годами непрерывного научного творчества, подготовки высококвалифицированных кадров инженеров и научных работников в области строительства и технологии строительных материалов.



**Белгородский государственный  
технический университет им. В.Г. Шухова  
осуществляет прием  
по следующим специальностям**



**Архитектурно-строительный институт**

- 270301 – Архитектура
- 270114 – Проектирование зданий
- 120303 – Городской кадастр
- 220501 – Управление качеством
- 270102 – Промышленное и гражданское строительство
  - система автоматизированного проектирования
- 270105 – Городское строительство и хозяйство
  - техническая эксплуатация и реконструкция жилой застройки
- 270115 – Экспертиза и управление недвижимостью
- 270302 – Дизайн архитектурной среды

**Инженерно-экологический институт**

- 270109 – Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха
- 270109 – Теплоснабжение, газоснабжение и теплогенерирующие установки
- 280201 – Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов
  - промышленная экология и рациональное использование природных ресурсов
  - переработка твердых промышленных и бытовых отходов
- 280102 – Безопасность технологических процессов и производств
- 280202 – Инженерная защита окружающей среды
- 280103 – Защита в чрезвычайных ситуациях
- 280104 – Пожарная безопасность

**Институт технологического оборудования и комплексов**

**270101 – Механическое оборудование и технологические комплексы предприятий строительных материалов, изделий и конструкций**

- машины и агрегаты промышленности строительных материалов
- компьютерные технологии в проектировании оборудования промышленности предприятий строительных материалов
- промышленный менеджмент в производстве строительных материалов
- электрооборудование технологических комплексов для производства строительных материалов и изделий
- технологические комплексы и агрегаты для производства композиционных строительных материалов

**270113 – Механизация и автоматизация строительства**

- механизация и роботизация строительных работ

**150402 – Горные машины и оборудование**

**260601 – Машины и аппараты пищевых производств**

**Автомобильно-дорожный институт**

**270205 – Автомобильные дороги и аэродромы**

- автомобильные дороги
- дорожно-строительные материалы

**190205 – Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование**

**190702 – Организация и безопасность движения**

- расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий

**190603 – Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Автомобильный транспорт)**

**190603 – Сервис транспортных и технологических машин и оборудования (Строительные, дорожные и коммунальные машины)**

**Институт строительного материаловедения**

**240304 – Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов.**

- технология цемента
- технология воздушных вяжущих веществ
- технология тонкой и строительной керамики
- технология огнеупоров
- технология стекла
- технология эмалей и защитных покрытий
- проектирование и дизайн изделий из тугоплавких неметаллических и силикатных материалов.
- компьютерное моделирование технологических процессов производства силикатных материалов.

**270106 – Производство строительных материалов, изделий и конструкций.**

- технология, экономика и организация производства строительных материалов и изделий
- технология и компьютерное моделирование производства строительных материалов и изделий
- технология и менеджмент в производстве строительных материалов и изделий
- наносистемы в строительном материаловедении

**Институт экономики и менеджмента**

**080105 – Финансы и кредит**

**080109 – Бухгалтерский учет, анализ и аудит**

- Бухгалтерский учет, анализ и аудит в банках и других финансово-кредитных учреждениях
- Бухгалтерский учет, анализ и аудит в коммерческих организациях

**080102 – Мировая экономика**

**080502 – Экономика и управление на предприятии промышленности строительных материалов**

- организация производства
- организация и планирование внешнеэкономической деятельности
- управление финансами на предприятии
- стратегическое планирование на предприятии
- организация маркетинговой деятельности на предприятии
- обеспечение экономической безопасности предпринимательской деятельности

**080111 – Маркетинг**

**Институт информационных технологий и управляющих систем**

**220301 – Автоматизация технологических процессов и производств**

- автоматизация технологических процессов и производств
- автоматизация и мониторинг городского хозяйства

**230201 – Информационные системы и технологии**

**230105 – Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем**

- программное обеспечение автоматизированных систем (в промышленности)

**220201 – Управление и информатика в технических системах**

**Машиностроительный факультет**

**151001 – Технология машиностроения**

- технология и менеджмент в машиностроительном производстве
- технология автоматизированного сборочно-сварочного производства
- компьютерная технологическая подготовка, организация и управление производством

**200503 – Стандартизация и сертификация**

**151003 – Инструментальные системы машиностроительных производств**

- компьютерное проектирование изделий и инструментальных систем

**Энергетический факультет**

**140211 – Электроснабжение**

**140604 – Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов**

**140105 – Энергетика теплотехнологий**

- энергетика теплотехнологии промышленности строительных материалов
- котельные установки промышленных предприятий
- экономика энергосбережения

Обучение в БГТУ им. В.Г. Шухова проводится по всем специальностям очного и заочного обучения как за счет средств федерального бюджета, так и на основе полного возмещения затрат.

В БГТУ им. В.Г. Шухова ведется подготовка специалистов по программам высшего профессионального образования заочной формы обучения с применением дистанционных технологий.

В университете применяется комплексная методика, включающая аудиторную составляющую, работу со специализированными учебно-методическими комплексами и интерактивные методы обучения, что делает образовательный процесс доступным для каждого.

**308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46. Приемная комиссия БГТУ**

**Тел.: (4722) 55-41-03 Факс: (4722) 55-71-39 www.bstu.ru**



В.В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, А.М. ГРИДЧИН, д-р техн. наук,  
В.С. ЛЕСОВИК, д-р техн. наук, член-корр. РААСН

## Консорциум как инструментарий развития направления наносистемы в строительном материаловедении

Фактически мы являемся современниками новой научно-технологической революции. Нанопроjekt по своей значимости, масштабам сравним с атомным или космическим, которые дали развитие сотням новейших высоких технологий, благодаря которым Россия до сих пор по праву относится к передовым высокотехнологичным государствам. Но при этом нанопроjekt значительно превосходит предыдущие по силе и глубине воздействия на экономику и общество.

Таким образом, на сегодня нанотехнологии – это базовый приоритет для всех существующих отраслей. Это направление охватило практически все виды человеческой деятельности. Флюиды, связанные с перспективой резкого скачка в развитии всех наук и направлений, обусловленные уникальными свойствами и, следовательно, возможностями нанодисперсных материалов, не могли не проникнуть и в строительное материаловедение.

Однако необходимо понимать, что перспективы развития нанотехнологий в строительном материаловедении связаны не столько с умением оперировать отдельными атомами и молекулами, сколько с изменениями самих принципов организации науки, подготовки кадров [1], используемым инструментарием и методами исследований (рис. 1).

В БГТУ им. В.Г. Шухова за последние годы сложился ряд научных школ, благодаря исследованиям которых:

- установлены кристаллохимические основы оптимизации процессов структурообразования в строительном материаловедении при использовании природного и техногенного сырья различных генетических типов;
- установлен характер влияния на процессы структурообразования неоконструктивных признаков сырья и явление наследования степени совершенства кристаллических структур сырьевых минералов новообразованными при синтезе неоконструктивов;
- разработаны теоретические основы структурной топологии неупорядоченных систем;
- разработана новая реологическая модель деформации неньютоновских нелинейных вязкопластических тел;
- разработана технология плазмохимического синтеза материалов и покрытий;
- разработаны теоретические основы использования вещества анизотропной текстуры при производстве эффективных строительных материалов;
- разработаны принципы регулирования агрегативной устойчивости и реологических свойств водных минеральных суспензий и создания пластифицирующих добавок;
- разработаны теоретические принципы термо- и механикоактивационного регулирования структурной неустойчивости сырья и управления структурообразованием строительных материалов;
- установлены принципы проектирования высококачественных строительных материалов с учетом состояния поверхности дисперсных наполнителей.

Выполненный научными коллективами цикл фундаментальных исследований позволил сформулировать кон-

цепцию внедрения наносистем в строительном материаловедении, которая заключается в использовании энергетики наноиндивидов природного и техногенного, в том числе нетрадиционного, сырья для синтеза неоконструктивов.

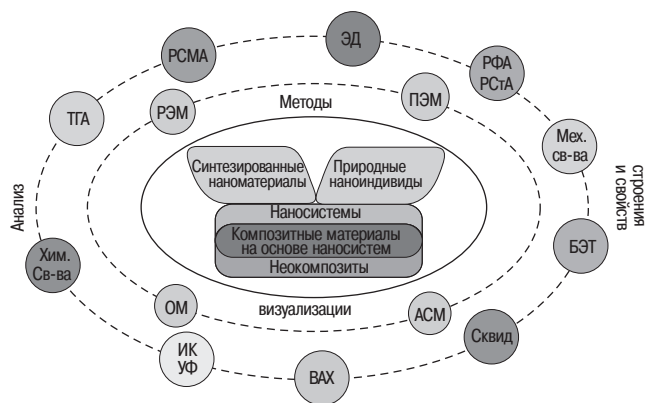
Для реализации предложенной концепции создан НИИ «Наносистемы в строительном материаловедении», возглавляет который д-р техн. наук В.В. Строкова. Но для решения важнейших фундаментальных и прикладных задач по данному направлению, естественно, необходима уникальная приборная база и создание новых научных школ. На это могут уйти десятки лет. Поэтому БГТУ им. В.Г. Шухова выступил инициатором создания консорциума, который объединил усилия ученых различных ветвей науки для проведения комплекса междисциплинарных исследований. В настоящее время этот проект находится в стадии реализации.

Впервые для решения такого крупного проекта объединены усилия Российской академии наук и Российской академии архитектуры и строительных наук.

Проводятся совместные исследования с учеными института экспериментальной минералогии РАН, института геологии Уральского отделения РАН, факультета наук о материалах МГУ им. М.В. Ломоносова.

Созданы следующие лаборатории:

- теории наносистем и нанокомпозитов;
- композиционных вяжущих и наносистем;
- наноминералогии сырья стройиндустрии;
- экспериментальной минералогии и синтеза;
- керамических наносистем и композитов;
- наноструктурирования в стекломатериалах;
- золь-гель технологий радиозащитных материалов;
- токопроводящих композиционных материалов.



**Рис. 1.** Комплексный подход к исследованию наносистем и материалов на их основе: ОМ – оптическая микроскопия; РЭМ – растровая электронная микроскопия; ПЭМ – просвечивающая электронная микроскопия; АСМ – атомно-силовая микроскопия; РСМА – рентгеноспектральный микроанализ; РФА – рентгенофазовый анализ; РСТА – рентгеноструктурный анализ; ЭД – дифракция электронов; ИК – спектроскопия в инфракрасной области; УФ – спектроскопия в видимой и ультрафиолетовой областях; ТГА – термический анализ; ВАХ – определение вольт-амперных характеристик; СКВИД – измерение магнитных свойств; БЭТ – определение площади поверхности (использованы материалы лекций по методам исследований Ю.Д. Третьякова)

Сотрудниками лабораторий являются как ученые БГТУ им. В.Г. Шухова, так и представители организаций членов консорциума.

Такой симбиоз позволяет расширить границы познания, проводя исследования не только в системе наноиндивиды сырья – процессы структурообразования – неоккомпозиты (рис. 2), но и все глубже осмыслить систему человек – материал – среда обитания.

Целью настоящего консорциума является:

- разработка методологических основ поиска и применения нетрадиционного сырья с учетом энергетики наноиндивидов для синтеза композиционных материалов;
- разработка фундаментальных основ создания неоккомпозитов с уникальными свойствами;
- адаптация существующих нанотехнологий и наноматериалов с целью создания наномодификаторов для управления процессами структурообразования при производстве строительных материалов;
- повышение эффективности существующих композитов.

Данный консорциум располагает высококвалифицированными специалистами, современной приборной базой и необходимым для эксперимента оборудованием.

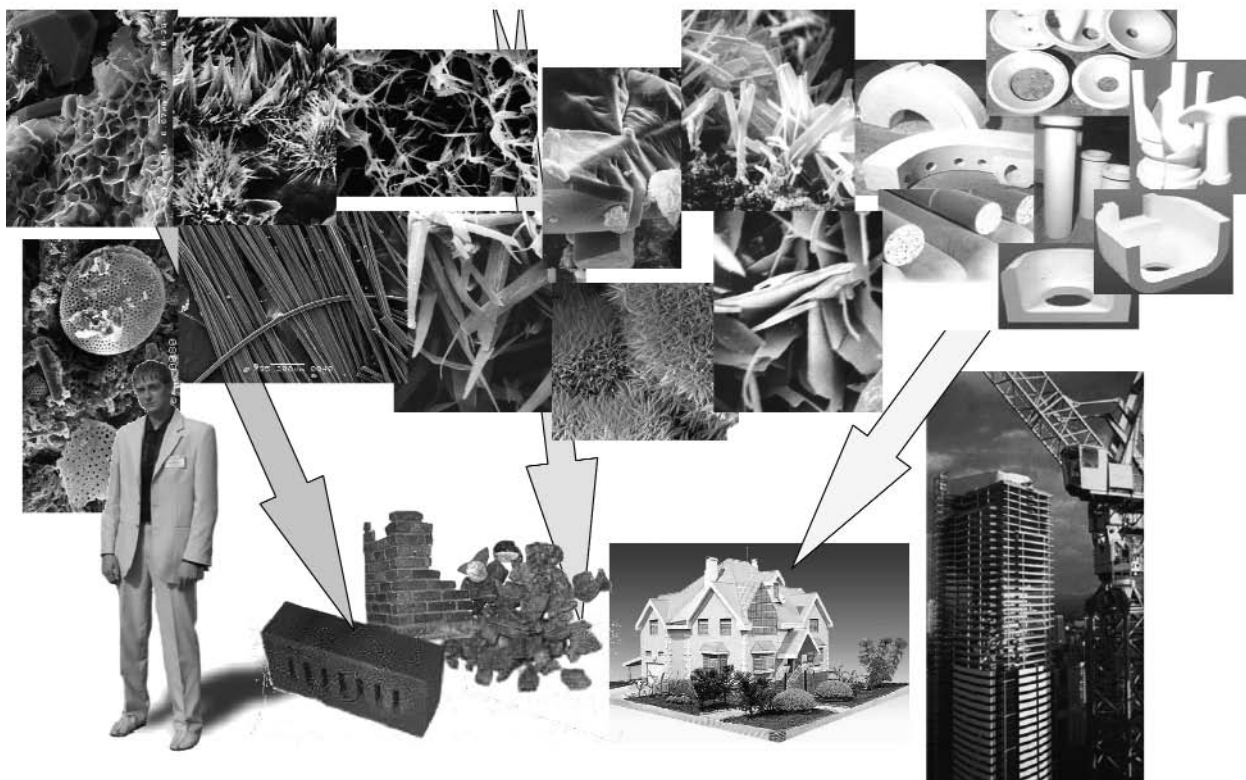
Тематики направления «Наносистемы в строительном материалеоведении», развиваемые в БГТУ им. В.Г. Шухова, следующие:

- разработка принципов использования природных наноиндивидов для синтеза неоккомпозитов. Наноминералогия сырья промышленности строительных материалов;
- разработка технологий неоккомпозитов с использованием наноразмерных модификаторов (для различных классов строительных материалов);
- разработка принципов проектирования высокопрочных микрочернистых бетонов;
- методом структурной топологии теоретическое обоснование рациональных (оптимальных) размеров час-

тиц нанопорошков, синтезируемых из различных сырьевых материалов для получения неоккомпозитов. Установление критериев критического и предельного размера наночастиц с учетом кристаллохимических параметров структуры;

- разработка физико-химических и технологических основ формирования силикатных наносистем для создания новых классов композиционных материалов путем проектирования и направленного регулирования процессов структурообразования, оптимизации физико-химических свойств и технологических параметров;
- разработка теоретических основ и технологии модифицирования золь-гель пленочных покрытий на основе нанодисперсного кремнезема с широким спектром функциональных добавок с целью производства полифункциональных композитов для теплозащиты зданий и сооружений, машиностроения, электротехники;
- самоорганизация структур поризованных материалов с использованием нанодисперсных поризаторов;
- синтез центров кристаллизации для эффективного структурообразования неорганических композитов;
- минералогическое и кристалломорфологическое изучение структуры минеральных индивидов и агрегатов композитных и сырьевых материалов, определение фазового состава поликомпонентных образований, установление их агрегативного состояния;
- разработка принципов управления процессами структурообразования строительных электропроводящих композитов и покрытий различного назначения. Изучение закономерности изменения электрических и химических свойств токопроводящих композиций на основе силикатных и вяжущих материалов.

Анализ публикаций в ведущих зарубежных изданиях, отражающих интересующую нас проблематику, показывает, что ряд крупных научных центров (Национальный институт стандартов и технологий США, Институт технической химии, гидро- и геотехнологии и технической



**Рис. 2.** Сопоставление систем наноиндивиды сырья – процессы структурообразования – неоккомпозиты; человек – материал – среда обитания

минералогии Исследовательского центра Карлсруэ, Германия и др.) на протяжении последних пятнадцати лет, не снижая и без того высоких темпов исследований, вышли на качественно новый, а в ряде вопросов и на принципиально новый методико-аналитический уровень в рассмотрении традиционных вопросов материаловедения, наноминералогии цементных систем, изучения физикохимии и кинетики процессов гидратации в реальном времени и т. д. [2–8]. Этому способствовало, в частности, широкое использование в практике аналитических работ с применением рентгеновского синхротронного излучения; традиционных схем структурного дифракционного анализа, малоуглового рассеяния рентгеновского излучения, трехмерной рентгеновской микроскопии и томографии и т. д.

Такого уровня оборудованием располагает и консорциум. Кроме того, секция «Наносистемы в строительном материаловедении» БГТУ им. В.Г. Шухова располагает современным комплексом программного обеспечения для рентгеноструктурного анализа – проведения полного профилирования (метод Ритвельда) результатов рентгеновской дифракции на поликристаллических образцах, проведения полного процесса определения кристаллической структуры, уточнения структурных параметров, проведения количественного фазового анализа поликомпонентных систем и т. д. Имеются и используются программы для кристаллохимического и топологического анализа кристаллических структур, количественного морфометрического анализа изображений по данным электронной и оптической микроскопии и ряд других [9–12].

Проведена основная часть работы по информационному поиску и формированию базы минерало-кристаллохимических данных, основа которой информация о кристаллических структурах (параметры решетки, группа симметрии и координаты атомов) основной массы минералов техногенных и природных систем. При этом в большей части этих данных имеются полнотекстовые электронные публикации первоисточников.

Для глубокого исследования дисперсных, пористых и композиционных материалов, их топологических состояний и переходов разработан математический аппарат структурной топологии [13].

Реализация теоретических положений позволила разработать ряд технологий и материалов, например на основе высококонцентрированных вяжущих систем (ВКВС) [14]; отдельную технологию получения вяжущих на основе цементного клинкера с использованием элементов ВКВС; токопроводящих композиционных материалов [15].

Разработанная концепция и положительные результаты научно-исследовательских работ не могли не отразиться на подготовке специалистов-материаловедов нового поколения.

Решением совета от 2 декабря 2005 г. в БГТУ им. В.Г. Шухова открыта секция и начата подготовка специалистов по «Наносистемам в строительном материаловедении».

Данная специализация уникальна по своей сути и направлена на подготовку материаловедов-исследователей с фундаментальным университетским образованием. На сегодняшний день БГТУ им. В.Г. Шухова – первый и единственный в России среди вузов, имеющих кафедру строительного материаловедения, на базе которой создана и активно действует такая специализация.

Современная наука действенно ставит и решает задачи, которые на первый взгляд кажутся нереализуемыми и фантастическими. Некоторые научные направления развиваются столь стремительно, что новые знания, новые практические возможности и новые технологии появляются быстрее, чем они способны быть осознанными и принятыми широким кругом научной общественности.

Будущее строительного материаловедения связано с наносистемами. А это новые кадры, новое оборудование, новые выдающиеся ученые и открытия. Для того чтобы ускорить решение данной проблемы, необходимо объединять усилия специалистов различных областей.

#### Список литературы

1. Лесовик В.С., Строчкова В.В. К вопросу о развитии научного направления «Наносистемы в строительном материаловедении» // Строит. материалы. 2006. № 9 / Наука № 8. С. 18–20.
2. E. Hideki Ishida and Norifumi Isu Innovative Processing for Cement Materials // MRS BULLETIN, NOVEMBER 2001. pp. 895–898.
3. P. Barnes, S.L. Colston, A.C. Jupe, S.D.M. Jacques, M. Atfield, S.P. Bailey, R. Pisula, C. Hall and P. Livesey. The use of a variety of synchrotron techniques in the study of cementitious materials // Materials Research Society Symposium Proc. Vol. 678. 2001. pp. EE5.4.1–EE5.4.18.
4. R.A. Livingston, J.S. Schweitzer, C. Rolfs, H-W. Becker, and S. Kubsky. Characterization of the induction period in tricalcium silicate hydration by nuclear resonance reaction analysis // J. Materials Research., Vol. 16, No. 3, Mar. 2001. pp. 687–693.
5. Vanessa K. Petersona, Dan A. Neumannb, R.A. Livingston. Hydration of cement: The application of quasielastic and inelastic neutron scattering // Physica B 385-386 (2006). 481–486.
6. Peter Stemmermann, Krassimir Garbev. Application of synchrotron radiation in cement mineralogy // 23rd European Crystallographic Meeting, ECM23, Leuven, Acta Crystallographica. A 62. 2006. Page s. 64.
7. Dale P. Bentz, Daniel A. Quenard, Veronique Baroghel-Bouny, Edward J. Garboczi, Hamlin M. Jennings. Modelling drying shrinkage of cement paste and mortar Part 1. Structural models from nanometres to millimetres // Materials and Structures, 1995, 28, 450–458.
8. Marian Janek. From environmental particles to nanostructured materials // Wasser- und Geotechnologie Nachrichten aus dem Institut für Technische Chemie. 1. Jahrgang, Heft 2, 2002. 131–138.
9. Rodríguez-Carvajal, J. Recent Developments of the program FULLPROF // Commission on Powder Diffraction Newsletter. 26. 2001. pp. 12–19.
10. A.C. Larson and R.B. Von Dreele, General Structure Analysis System (GSAS) // Los Alamos National Laboratory Report LAUR 86–748. 2004. 231 p.
11. Vladislav A. Blatov Multipurpose crystallochemical analysis with the program package TOPOS // Commission on Crystallographic Computing International Union of Crystallography. Newsletter No. 7, November. 2006. pp. 4–38.
12. STIMAN (STRUCTURAL IMAGE ANALYSIS): Программное обеспечение для количественного морфологического анализа структур по их изображениям. (Руководство пользователя. Версия 3.0) // Лаборатория электронной микроскопии, геологической ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова. 1993–2005. 136 с.
13. Хархардин А.Н., Строчкова В.В., Тончиев А.И. Структурная топология дисперсных материалов // Известия вузов. Строительство. 2006. № 7. С. 27–30.
14. Шановалов Н.А., Череватова А.В., Строчкова В.В. Оптимизация структуры наносистем на примере высококонцентрированной керамической вяжущей суспензии // Строит. материалы. № 9 / Наука. № 8. 2006. С. 16–18.
15. Патент на изобретение РФ, МПК H01B 1/00, H01B 1/24. Суспензия для получения токопроводящего покрытия / Гридчин А.М., Лесовик В.С. и др. – № 2277733; Заявлено 22.12.04; Опубл. 10.06.06; Бюл. № 16. 2006. 3 с.



100 лет концерну GRUPO URALITA



URSA GLASSWOOL® URSA XPS®

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОФИС В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ:  
Тел.: (812) 324-44-88, факс (812) 324-44-89  
E-mail: [ursa-russia@uralita.com](mailto:ursa-russia@uralita.com)

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО В МОСКВЕ:  
Тел./факс: (495) 781-25-26, 781-25-27  
E-mail: [moscow@uralita.com](mailto:moscow@uralita.com)

[WWW.URSA.RU](http://WWW.URSA.RU)

Каждое здание нуждается в собственной идеальной системе теплоизоляции. Для этого необходимо тщательно продуманное решение, способное предохранить здание от воздействия высоких и низких температур, повышенной влажности и шума. URSA, громкое имя в области теплоизоляции, предлагает Вам такое решение. Мы работаем во всех странах Европы. Мы внедряем новые технологии. Мы ориентируемся на клиента и его потребности. Мы устанавливаем высокие стандарты качества и обладаем большим опытом. И что особенно ценно - мы всегда рядом. Подробности на [www.ursa.ru](http://www.ursa.ru)

В.И. ОНИЩУК, канд. техн. наук, Н.Ф. ЖЕРНОВАЯ, канд. техн. наук,  
Е.А. ДОРОГАНОВ, канд. техн. наук,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Мозаичная эмаль для строительства

Рациональное использование стекольного боя является темой многих исследований. Одним из перспективных направлений этой области можно считать работы по созданию малотоннажных производств декоративно-облицовочных материалов из стекольного боя на базе предприятий, производящих промышленную переработку листового стекла.

В последнее время большой интерес на рынке облицовочных материалов вызывает эмаль – цветное непрозрачное стекло (стеклокристаллический материал) в виде кубиков или пластинок, применяемая для изготовления мозаик. Эмаль имеет ряд неоспоримых достоинств. Это износ- и химически стойкий материал с нулевым коэффициентом водопоглощения, что позволяет использовать его при облицовке бассейнов, ванных комнат и других помещений с повышенной влажностью. Покрытие из эмали морозостойкое и жаропрочное, поэтому стеклянную мозаику широко применяют при отделке фасадов и каминов. Благодаря широкому выбору цветов и неограниченному числу их комбинаций из эмали можно создавать художественные мозаичные панно.

В настоящее время на российский рынок эмаль и стеклянную мозаику поставляют фирмы Bisazza, Sicis и др. (Италия), Opicolog (Франция), Zirkonio, Wizanto (Испания), Super Glass, Carter (Китай).

Стоимость импортной стеклянной одноцветной мозаики на российском рынке от 24 USD за 1 м<sup>2</sup>. Использование более сложного стекла значительно повышает цену продукции, например стоимость 1 м<sup>2</sup> авантюриновой мозаики – от 100 USD.

Российских производителей эмали и аналогичных материалов в настоящее время нет.

Разработка технологии эмали на основе стекольного боя заключается прежде всего в подборе рационального состава шихтовой композиции и режима спекания, обеспечивающих комплекс удовлетворительных эксплуатационных свойств материала при минимальных энергетических затратах.

В исследованиях основу шихтовых композиций составлял бой листового стекла и бесцветной стеклянной

тары. Химический состав стекольного боя соответствует следующим показателям, мас. %: SiO<sub>2</sub> 73,1±0,5; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1±0,3; CaO 8,8±0,4; MgO 3,7±0,4; Na<sub>2</sub>O 13,2±0,5; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,05±0,02; SO<sub>3</sub> 0,3±0,1.

Стекольный бой обеспечивает прочное спекание композиции, необходимую степень оплавления поверхности, заданные значения основных эксплуатационных свойств (водопоглощение, химическая устойчивость, прочность, твердость).

Кварцевый песок Раменского ГОКа марки ВС-050 ГОСТ 22551–77 использовали как наполнитель, придающий композиции повышенные по сравнению со стеклом физико-механические свойства (твердость, стойкость к истиранию, прочность, водостойкость). Присутствие кварцевого песка способствует также сохранению формы плитки и уменьшению усадки в процессе обжига.

Каолин, бентонит – глинистые материалы использовали для придания прочности прессованным образцам. В ходе экспериментов отмечено, что присутствие глинистых минералов дает возможность сохранить правильность формы плиток при обжиге, исключить оплавление и округление граней.

Для окрашивания композиций были использованы керамические пигменты Дулевского завода, выпускаемые серийно по ТУ 2364-017-00303835–95 (табл. 1).

Подготовку сырьевых материалов перед составлением композиций осуществляли путем дробления, помола и контрольного просева через сито № 071. Взвешивание компонентов производили на одночашечных весах с точностью ±0,01 г, смешивание композиций осуществляли в шаровой мельнице в течение 30 мин (масса смеси около 500 г).

Плитки размером 20×20×5 мм формовали трамбовкой массы влажностью 6–8% в металлической форме.

Обжиг и последующий отжиг плиток осуществляли в электрической печи сопротивления с карбидокремневыми нагревателями. Режим термообработки поддерживали с точностью ±5°C.

Предварительные эксперименты были направлены на определение количества пластичных материалов в ших-

Таблица 1

Наименование пигмента	Окрашивающие элементы	Температура обжига, °C
Шоколадный	Mn–Cr–Fe	1360
Темно-синий	Co–Zn–Si	1300
Голубой	Zn–Co–Al	1360
Салатный	Ni–Mg–Sn–Sb	1250
Коричневый	Zn–Mn–Cr–Fe	1360
Черный	Co–Cr–Fe	1360
Светло-коричневый	Zn–Fe–Sn	1250
Ярко-синий	Co–Zn–Si	1300

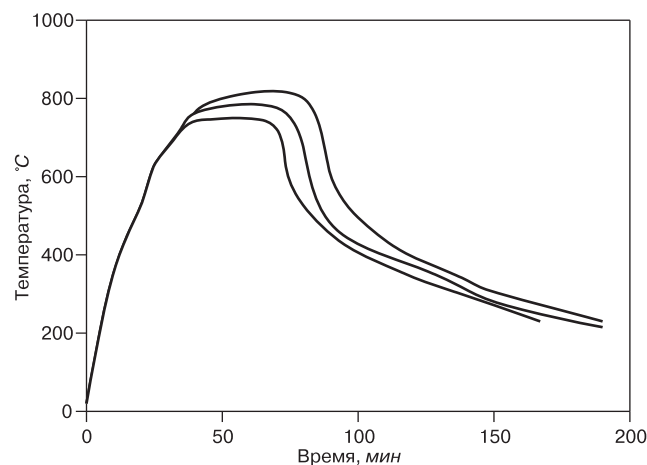


Рис. 1. Режимы обжига плиток эмали

Таблица 2

№	Состав композиции, мас. %			Температура обжига, °С, $x_2$	В, %	$\sigma_{сж}$ , МПа	W, мл 0,01 N HCl	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>
	стекольный бой	песок, $x_1$	каолин и бентонит					
1	90	0	10	740	2,4	34,07	4,55	2312
2	90	0	10	770	0,2	47,21	2,6	2335
3	90	0	10	800	0	36,4	1,55	2380
4	75	15	10	740	10,4	17,72	4,5	2007
5	75	15	10	770	1,3	54,97	2,2	2353
6	75	15	10	800	0,5	43,65	1,65	2437
7	60	30	10	740	17,2	27,65	6,2	1754
8	60	30	10	770	14,4	54,41	4,8	1851
9	60	30	10	800	11,9	34,61	4,7	1917

товой композиции для смальты, обеспечивающего сохранность плитки-сырца в условиях производства. Для таблетирования пресса таким условием можно считать сохранность плитки при сбрасывании ее с высоты не менее 50 см. Установлено, что содержание в массах 6% каолина и 4% бентонита является достаточным для обеспечения необходимой прочности плитки-сырца.

Определение рационального количества кварцевого песка в шихтах для смальты и температуры обжига композиций проводили путем постановки многофакторного эксперимента, матрица которого представлена в табл. 2.

Варьируемыми параметрами в данной матрице являются содержание песка в составе композиции –  $x_1$  и температура обжига плиток –  $x_2$ . Функцией отклика выбраны важнейшие эксплуатационные свойства мозаичной смальты: водопоглощение (W); водостойчивость ( $\sigma_{сж}$ ); прочность при сжатии ( $\sigma_{сж}$ ).

Обжиг плиток проводили по режимам, представленным на рис. 1.

Результаты экспериментов представлены в табл. 2.

Путем математической обработки результатов эксперимента получены уравнения регрессии (1–3) и номограммы исследованных свойств в виде изолиний в координатном поле варьируемых переменных (результат решения уравнений регрессии) (рис. 2).

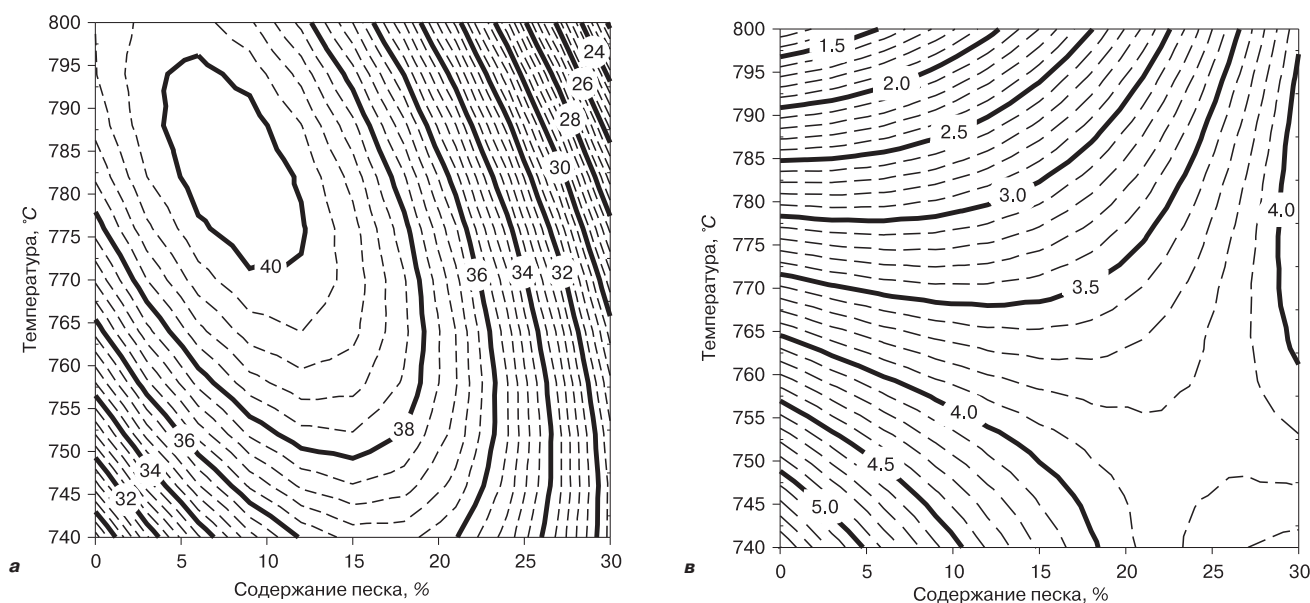


Рис. 2. Номограммы прочности (а); водопоглощения (б); водостойчивости (в) смальты (приведены изолинии свойств)

$$\sigma_{сж} = 39,45 - 3,742 \cdot x_1 + 0,125 \cdot x_2 - 6,318 \cdot x_1^2 - 2,77 \cdot x_2^2 - 5 \cdot x_1 \cdot x_2; \quad (1)$$

$$B = 2,889 + 6,817 \cdot x_1 - 2,933 \cdot x_2 + 3,617 \cdot x_1^2 - 1,767 \cdot x_2^2 - 0,7 \cdot x_1 \cdot x_2; \quad (2)$$

$$W = 3,451 + 0,277 \cdot x_1 - 0,993 \cdot x_2 + 0,393 \cdot x_1^2 - 0,26 \cdot x_2^2 - 1,15 \cdot x_1 \cdot x_2. \quad (3)$$

В приведенных уравнениях регрессии  $x_1$  и  $x_2$  — значения варьируемых параметров, выраженные в кодированных переменных.

Комплексный анализ представленных номограмм дает возможность определить оптимальные значения варьируемых переменных. Так, максимальная прочность плиток смальты проявляется при введении в шихтовые композиции 5–12% песка и при обжиге плиток при 780–790°C (рис. 2а). Нулевые значения водопоглощения смальты можно обеспечить, если количество песка в шихтовых композициях не будет превышать 10%, а температура обжига будет выше 780°C (рис. 2б). Соблюдение этих условий позволяет реализовать и наиболее высокие значения водостойчивости материала (рис. 2в).

В лабораторных условиях были изготовлены несколько партий мозаичной смальты и определены основные эксплуатационные свойства материала. Усредненные показатели приведены ниже.

Плотность, кг/м <sup>3</sup> .....	2300–2330
Водопоглощение, % .....	0–0,2
Прочность, МПа:	
при сжатии .....	73–74
при изгибе .....	44–45
Микротвердость, МПа .....	8900
Химическая устойчивость:	
к воде, гидrolитический класс .....	II
к кислоте, мг/дм <sup>2</sup> .....	0,06
к щелочи, мг/дм <sup>2</sup> .....	1,59
Коэффициент линейного расширения, $\alpha \cdot 10^{-7}$ , град <sup>-1</sup> ..	70–85

Наряду с получением образцов смальты с глянцевой поверхностью разработаны методы и приемы получения




Рис. 3.

плиток смальты в стиле «морские камешки», которые отличаются фактурной и разноцветной поверхностью. Проводятся исследования, направленные на совершенствование цветных характеристик, приемов получения поверхностей с различным коэффициентом отражения, что позволит создать широкую гамму материалов с различным декоративно-художественным эффектом (рис. 3).

Организация малотоннажного производства смальт технологически доступна, не требует больших капитальных вложений, поэтому по силам многим организациям и предприятиям, работающим в области производства и переработки стекла.

#### Список литературы

1. Новокрещенова С.Б., Кузнецов Ю.С., Прошин А.П. Особенности прессования стеклокерамических композитов // Композиционные строительные материалы. Пенза. 2000. Ч. 2. С. 40–43.
2. Витко Т.Я., Першиков С.А. Изучение кинетики спекания порошков стекла различной дисперсности // Успехи в химии и химической технологии. М. 2002. Т. 16. № 3. С. 91–92.
3. Бабаин В.Н., Курилов А.Е., Любинецкий А.П. Способ получения пресс-порошков на основе стекла. А. с. № 2097348. // Оpubл. 27.11.97. Б.И.



## Состояние и перспективы развития производства силикатного кирпича

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

**5 декабря 2007 г.**


**Москва**

**Тематика семинара:**

- Ретроспектива, современное состояние и пути развития производства силикатного кирпича
- Совершенствование производства силикатного кирпича
- Возможность расширения ассортимента продукции
- Рынок технологического оборудования
- Сырьевая база
- Применение силикатного кирпича в современном строительстве




К проведению семинара готовится тематический номер журнала «Строительные материалы»<sup>®</sup> №10-2007.

**Организаторы семинара:** журнал «Строительные материалы»<sup>®</sup>, РНТО Строителей

Для участия в семинаре необходимо получить договор-заявку по факсу, электронной почте или через Интернет

---

**Оргкомитет**

Телефон/факс: (495) 976-22-08, 124-32-96  
Тел.: (495) 741-49-23 доб. 462, (926) 833-48-13, (916) 123-98-29

E-mail: mail@rifsm.ru, http://www.rifsm.ru  
Адрес для корреспонденции: 117997, Москва, ул. Кржижановского, д. 13, оф. 508

## Управление свойствами сырья, литейных систем и паст в технологии тонкой керамики

В настоящее время при значительном росте производства изделий тонкой керамики ужесточаются требования к их качеству. Вместе с тем происходит истощение запасов кондиционного природного сырья. Наличие растворимых и нерастворимых примесей, несовершенство структуры и нестабильность свойств глинистого сырья усложняют производство, приводят к увеличению брака готовых изделий. Влияние несовершенства кристаллической решетки и структурной нестабильности в ряде случаев может стать одним из наиболее значимых факторов, определяющих реотехнологические свойства дисперсных систем, особенности формования изделий и, как следствие, качество керамики. Степень упорядоченности кристаллической структуры глинистых минералов играет исключительно важную роль в проявлении ими физико-химических свойств [1]. Например, несовершенство кристаллической решетки журавлинолого каолина делает его нестабильным в литевых технологиях [2].

Технологические приемы управления свойствами сырья, суспензий и паст можно классифицировать по трем группам.

1. Воздействие на поверхностные свойства твердых фаз, на энергию взаимодействия между частицами и соответственно на реологические характеристики дисперсных систем путем изменения электролитного состава воды, удаления растворимых примесей, введения электролитов, ПАВ, пластификаторов и др.

2. Воздействие на структуру сырья – активация или структурная стабилизация исходных фаз.

3. Изменение фазового состава сырья, создание искусственных керамических связующих.

Все эти способы взаимосвязаны. Например, влияние воды, ПАВ и др. вследствие эффекта Ребиндера интенсифицирует определенные структурные изменения в нестабильном глинистом сырье [3, 4], а усиление энергетического воздействия на материал (механоактивация, термообработка) приводит в дальнейшем к фазовым превращениям. При этом следует иметь в виду, что для активированных, структурно нестабильных материалов использование традиционных электролитов и добавок часто не позволяет добиться требуемых показателей плотности, текучести и прочих литейных характеристик шликеров.

Способы воздействия	Технологические приемы	Конечные свойства
Естественная и микробиологическая обработка	Летование, вылеживание, промораживание, обработка силикатными бактериями	Медленная стабилизация структуры и свойств, диспергация, повышение седиментационной устойчивости и пластичности
Физико-химическая обработка	Введение электролитов, ПАВ, пластификаторов	Улучшение реотехнологических свойств шликеров и паст, некоторое ускорение структурных превращений
Физико-механическая обработка	Механоактивация сухих материалов, полусухое прессование и т. д.	Измельчение, повышение внутренней энергии, структурной нестабильности и реакционной способности материала
	Проминание пластических масс	Диспергация глин, повышение седиментационной устойчивости и пластичности
	Мокрый помол суспензий	Измельчение, стабилизация структуры
	Обработка ультразвуком и вибрацией	Увеличение скорости структурных изменений, диспергация глин, повышение седиментационной устойчивости и пластичности
Термическая обработка	Гидротермальная стабилизация исходных фаз	Быстрая стабилизация структуры и свойств сырья, улучшение реотехнологических свойств шликеров и паст
	Термостабилизация высокотемпературных фаз	Стабилизация структуры, уменьшение энергии взаимодействия частиц в суспензиях, снижение активности материала
	Термоактивация	Увеличение структурной нестабильности и реакционной способности



Скорость структурных изменений связана с подвижностью дефектов и является в общем случае функцией напряжений и температуры. Напряжения могут быть внутренними, связанными с концентрацией в основном неравновесных дефектов, и внешними, возникающими при механическом воздействии (помол, проминание и т. д.). Структурные изменения ускоряются при повышении температуры, а также в условиях действия эффектов Ребиндера, Хедвалла [3]. Способы управления структурой и, как следствие, свойствами сырья показаны в таблице.

Технологические приемы воздействия на структуру материалов можно разделить на две большие группы.

1. Приемы, способствующие снятию избыточных напряжений в материале, снижению концентрации неравновесных дефектов и в конечном счете стабилизации структуры и свойств исходного сырья (естественная, микробиологическая, физико-химическая, гидротермальная обработка; проминание пластических масс; обработка ультразвуком и вибрацией; в определенной степени мокрый помол). К этой же группе технологических приемов можно отнести термостабилизацию высокотемпературных фаз, например получение при высоких температурах хорошо спеченного, стабилизированного шамота, который находит применение при получении шамотированных фарфорофаянсовых масс [5].

2. Приемы, способствующие повышению концентрации структурно-неравновесных дефектов, созданию материалов с высокой реакционной способностью (термоактивация сопровождается частичным изменением фазового состава, при механоактивации незначительные изменения фазового состава возможны только при интенсивных воздействиях на материал).

Достаточно распространенными способами изменения структуры и свойств глинистого сырья являются естественная обработка (вылеживание, летование, промораживание), которая может быть усилена механическим воздействием, проминанием на глинообрабатывающих машинах (бегунах, вальцах, глиномялках), обработкой паром и т. д. Для повышения эффективности естественной обработки используют и деятельность бактерий. Бактериальная обработка сокращает в 4–5 раз продолжительность вылеживания глины [6]. Гидротермальная обработка глин [4, 7] обеспечивает в течение нескольких десятков минут быструю стабилизацию структуры, сопоставимую с месяцами и годами естественной обработки, позволяет практически на порядок снизить энергию взаимодействия между частицами в суспензиях и, как следствие, достичь высокой текучести литейных шликеров практически без использования или при минимальном содержании добавок и электролитов [8].

Добавки, воздействующие на поверхностные свойства сырья, обработка ультразвуком и вибрацией ускоряют структурные преобразования в нестабильных материалах. Мокрый помол приводит к преимущественной диспергации по наиболее деформированным участкам, однако вследствие эффекта Ребиндера при этом практически не происходит накопления неравновесных дефектов. Внутренняя энергия частиц уменьшается, но растет поверхностная энергия. Для уменьшения энергии взаимодействия между частицами и улучшения реотехнологических свойств суспензий после мокрого помола необходимо проведение мероприятий по стабилизации шликеров – вызревание (иногда до нескольких суток, поскольку скорость структурных изменений и релаксации остаточных или введенных напряжений относительно невысока) или стабилизация [9] при механическом перемешивании в течение нескольких часов.

В технологии тонкой керамики наиболее эффективными могут оказаться несколько технологических приемов, позволяющих в разной степени воздействовать на структуру материала. В частности, пока не находит свое

го применения при производстве фарфорофаянсовых материалов высококонцентрированные керамические вяжущие суспензии, использование которых для стабилизированных кристаллических материалов широко известно [9]. Эффективной эта технология может быть и для активированных кристаллических материалов [10]. Следует заметить, что при использовании сырья невысокого качества возможно применение термоактивации фарфорофаянсовых масс с последующим получением на их основе искусственных керамических связующих. Так, предварительная термическая обработка предопределяет значительные структурные изменения в материале, его активацию, связанную с реакциями дегидратации глинистых компонентов, полиморфизмом кварца и т. д. Помол по технологии ВКВС позволяет получить литейные шликеры на основе искусственного керамического вяжущего плотностью до 2000 кг/м<sup>3</sup>, а при использовании термостабилизированного шамота плотность шликеров может достигать более высоких показателей. Подобная технология с получением термоактивированного шамота может стать особенно эффективной при централизованной подготовке сырья, возможно и для ряда действующих заводов.

Таким образом, использование разнообразных приемов по управлению структурой и свойствами исходного сырья, получению промежуточных продуктов (искусственные керамические вяжущие, шамотизированные массы и т. д.) позволяет полностью учесть характерные особенности даже низкокачественного сырья и в каждом конкретном случае выбирать наиболее эффективную технологию подготовки.

#### Список литературы

1. Куковский Е.Г. Особенности строения и физико-химические свойства глинистых минералов. Киев: Наукова думка. 1966. 132 с.
2. Масленникова Г.Н., Солодкий Н.Ф., Солодкая М.Н., Шамриков А.С. Использование каолинов различных месторождений в производстве тонкой керамики // Стекло и керамика. 2004. № 8. С. 14–24.
3. Евтушенко Е.И. Активационные процессы в технологии строительных материалов. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2003. 209 с.
4. Евтушенко Е.И., Кравцов Е.И., Кащеева И.Ю., Сыса О.К. Структурная неустойчивость глинистого сырья // Стекло и керамика. 2004. № 5. С. 23–25.
5. Шапиро Л.Я., Белостоцкая Н.С. Зависимость литейных характеристик шамотированного фаянсового шликера от свойств шамота // Стекло и керамика. 1977. № 9. С. 22–23.
6. Какошко Е.С., Дятлова Е.М., Бирюк В.А., Заяц Н.И. Влияние микробиологической обработки на технологические свойства глин различного минерального состава // Стекло и керамика. 2005. № 6. С. 10–15.
7. Гойло Э.А., Кольцов А.Б., Сапега В.Ф., Сычкова А.Л. Направленное трансформирование минералов в природных каолиновых глинах с целью улучшения их технологических свойств // XIII Международное совещание по рентгенографии минерального сырья. Белгород: Изд-во БелГТАСМ. 1995. С. 82–83.
8. Евтушенко Е.И., Сыса О.К. Структурная модификация глинистого сырья в гидротермальных условиях // Изв. вузов Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 2006. № 2. С. 82–86.
9. Ливинский Ю.Е. Керамические вяжущие и керамобетоны. М.: Металлургия. 1990. 269 с.
10. Евтушенко Е.И., Морева И.Ю., Дороганов В.А., Агеева М.С., Ходыкин Е.И. Искусственные керамические вяжущие суспензии на основе кремнеземсодержащих материалов // Строит. материалы. 2007. № 1. С. 54–55.

В. К. КЛАССЕН, д-р техн. наук, И. А. ШИЛОВА, инженер,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова;  
Е. В. ТЕКУЧЕВА, канд. техн. наук, В. В. СТЕПАНОВ, инженер,  
ОАО «Осколцемент» (г. Старый Оскол Белгородской обл.)

## Энерго- и ресурсосбережение при использовании техногенных материалов в технологии цемента

Наиболее энергоемким и сложным технологическим процессом в производстве цемента является обжиг клинкера. Расход энергии на этот процесс составляет более 80% от общих энергозатрат. Одним из рациональных способов, обеспечивающих экономию топлива и электроэнергии, является использование в качестве сырьевого компонента цементной сырьевой смеси техногенных материалов, которые можно разделить на два вида – некарбонатные кальцийсодержащие отходы и материалы, включающие горючие компоненты. Теплотехнические расчеты и промышленные испытания [1,2], проведенные с применением различных шлаков, показали, что каждый процент (из расчета на клинкер) поданного в печь сухого шлака обеспечивает снижение удельного расхода тепла на 68 кДж/кг клинкера.

Приведенные в таблице данные об эффективности использования шлака как сырьевого компонента цементной сырьевой смеси при мокром способе производства цемента свидетельствуют, что допустимая дозировка шлака лимитируется содержанием кислых оксидов и в расчете на клинкер ограничивается 30–45%. При этом удельный расход тепла на обжиг клинкера при мокром способе может приблизиться к уровню сухого способа.

При вводе в цементную сырьевую смесь шлака снижение расхода тепла обусловлено уменьшением тепло-

затрат на декарбонизацию  $\text{CaCO}_3$ , испарение воды, потери тепла через корпус и с отходящими газами. Выделение тепла при экзотермических реакциях расстекловывания шлаков дополняет приход тепла от сгорания технологического топлива. Производительность печи при этом возрастает пропорционально введенному шлаку.

Отвалы шлаков сталеплавильного производства Оскольского электрометаллургического комбината (ОЭМК) ежегодно пополняются на 550–600 тыс. т. При использовании шлаков в качестве компонента цементной сырьевой смеси в результате замены в ней части  $\text{CaCO}_3$  кальцийсодержащими соединениями шлака может быть обеспечено сбережение до 30% топлива и на 30% снижены выбросы  $\text{CO}_2$  в атмосферу; последнее весьма актуально в свете борьбы с выбросами в атмосферу парниковых газов. Однако при подаче шлака в печь со шламом, характеризующимся высоким КН, несколько снижается качество клинкера. Поэтому целесообразно изучить влияние на активность клинкера различных способов использования шлаков ОЭМК.

Из производственного опыта известно, что шлаки нельзя размалывать вместе с сырьевыми компонентами по мокрому способу, так как они частично гидратируются, схватываются и осаждаются в бассейнах, емкостях и трубопроводах. Поэтому наиболее рациональным

Таблица

Материал	Содержание оксидов, %					Предельная дозировка, %	Ограничение по оксиду	Расход тепла, кДж/кг
	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO			
Шлам	43	14	3,6	2,6	0,5	—	—	6000
Шлак								
– липецкий	47	36	8	0,4	7	45	SiO <sub>2</sub>	3000
– челябинский	37	37	15	0,4	6	35	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3600
– ОЭМК	39	21	5	14	12	30	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4000

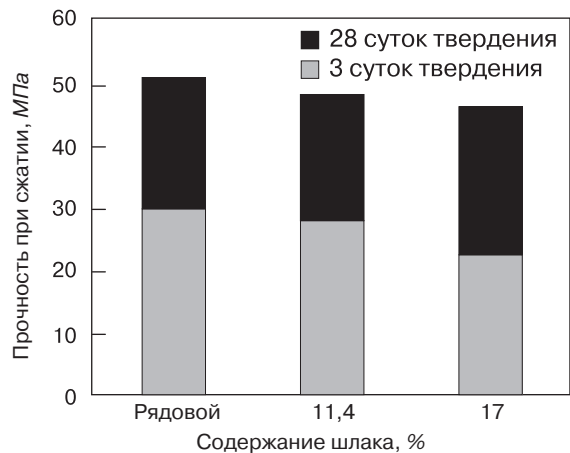


Рис. 1. Влияние дозировки подаваемого в печь шлака на активность клинкера

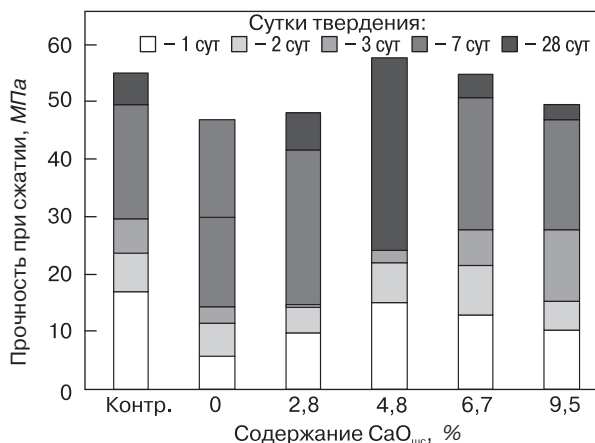


Рис. 2. Влияние содержания  $\text{CaO}_{\text{щс}}$  в шлакосоудержающей сырьевой смеси на активность клинкера

способом использования добавки шлака является его подача без измельчения непосредственно в печь, что способствует дополнительному снижению расхода электроэнергии на помол сырьевой смеси. Однако, несмотря на отдельные, достаточно длительные промышленные опыты, широкого и стабильного распространения данная технология не получила. Основные затруднения связаны с выносом абразивного шлака из печи, необходимостью приготовления специального шлама, обеспечением постоянства химического состава сырья и качества клинкера. С целью преодоления этих негативных явлений проанализирована эффективность нескольких вариантов подачи шлака с холодного конца печи в смеси со шламом:

- подача шлака с получением клинкера рядового состава;
- подача шлака в одну из нескольких печей с получением низкоосновного клинкера для производства впоследствии смешанного двухклинкерного цемента (СДКЦ);
- подача шлакомеловой смеси с КН, близким к этому показателю рядового клинкера;
- подача шлака с получением клинкера для выпуска специальных цементов.

При подаче шлака непосредственно в печь необходимо готовить шлам с КН, превышающим 1,2, что связано с трудностями. Результаты промышленных испытаний показали, что при этом наблюдается некоторое снижение активности клинкера. Поэтому выпуск цемента марки 500 обеспечивается только при содержании шлака в сырьевой смеси менее 12% (рис. 1).

Второй вариант подачи шлака в одну из нескольких печей для получения низкоосновного клинкера (НОК) не требует приготовления специального шлама и потому более технологичен. При совместном помолу рядового (с КН=0,92) клинкера и 20–40% низкоосновного (с КН=0,76) клинкера можно получить высокомарочный цемент, прочность которого в 3 и 28 сут возрасте составляет соответственно 31 и 55 МПа и превосходит показатели контрольного (полученного без ввода шлака) цемента на 5–10% [2].

По третьему варианту предлагается приготовление смеси в соотношении 54 : 46 шлака и мела с КН=0,95 непосредственно на отвалах ОЭМК. Для этого около 20% (из расчета на клинкер) расплавленного шлака с температурой 1500–1550°C предлагается выливать на подстилающий слой влажного мела. При этом обеспечивается необходимый химический состав шихты и одновременно осуществляется сушка и частичная декарбонизация мела. Это обеспечивает экономию до 25% топлива. Ввиду того, что при такой технологии использования шлака возможна различная степень декарбонизации мела, изучали влияние свободной  $\text{CaO}_{\text{шц}}$  в шихте на активность клинкера. Результаты (рис. 2) показали, что при одинаковом химическом составе опытных клинкеров прочностные свойства цементов, полученных при различном содержании  $\text{CaO}_{\text{шц}}$  в шлакосодержащей сырьевой смеси, различаются существенно. При  $\text{CaO}_{\text{шц}}$  4,8% и 6,7% цементы обладают наибольшей прочностью, которая в 28 сут возрасте равна или превосходит прочность контрольного цемента и соответствует марке 500.

Четвертый способ производства цемента для дорожных и аэродромных покрытий с применением шлаков ОЭМК внедрен на ОАО «Осколцемент». Для этого готовят сырьевой шлам, который отличается от рядового более высоким КН (0,92–0,94) и меньшим (2,3–2,4%) содержанием  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Шлак в количестве 5–6% подают непосредственно в печь. На выходе из печи получается клинкер требуемого минералогического состава: содержание  $\text{C}_3\text{A}$  до 7%. Реальный минералогический состав клинкера контролируют на дифрактометре количественным рентгенофазовым анализом (РФА) по методу Ритвельда и по результатам РФА корректируют подачу

шлака в печь. В случае перебоев подачи шлака печь переводят на питание рядовым шламом. Несмотря на некоторое снижение активности клинкера в сравнении с обычной технологией (в среднем на 2МПа как в ранние, так и в поздние сроки твердения), использование этой технологии позволяет сэкономить до 420 кДж/кг клинкера, повысить производительность печи на 5 т/ч и обеспечить выпуск специального цемента ПЦ500Д0-Н по ГОСТ 10178–85.

#### Выводы

1. При вводе во вращающуюся печь сталеплавильных шлаков ОЭМК можно достичь 30% снижения расхода тепла на обжиг клинкера.

2. При применении шлака в качестве сырьевого компонента высокую активность клинкера можно обеспечить производством двухклинкерного смешанного цемента или вводом продукта частичной декарбонизации мела шлаковым расплавом.

3. На ОАО «Осколцемент» внедрен энергосберегающий способ получения цемента для дорожных и аэродромных покрытий ПЦ500Д0-Н по ГОСТ 10178–85 с использованием шлаков ОЭМК.

#### Список литературы

1. Классен В.К., Текучева Е.В., Дроздов А.А. Эффективность использования электросталеплавильных шлаков в качестве сырьевого компонента для производства цемента // Техника и технология силикатов. 2006. № 4. С. 7–15.
2. V. Klassen, P. Shurawlev, A. Klassen. Synthese des niedrigbasischen Klinkers durch Verwendung der Schlackeabfälle und Herstellung des hochwertigen Mischzements // Inter. Baustofftagung, Deutschland, Weimar. 2000. BAND 1. S. 189–196.

**17-20 октября 2007**  
РОСТОВ-НА-ДОНУ

**ВЫСТАВКА**

**СТИМ Экспо**

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ГОРОД-ЖКХ ВОДА ТЕПЛО

ВЕРТОЛЭКСПО

ВЦ «ВЕРТОЛЭКСПО», 344068, РОССИЯ  
Г. РОСТОВ-НА-ДОНУ, ПР. М. НАГИБИНА, 30  
Т./Ф.: (863) 268-77-19, 267-77-75, 268-77-49  
E-MAIL: STROYEXPO@VERTOLEXPO.RU

В.К. КЛАССЕН, д-р техн. наук, И.Н. БОРИСОВ, канд. техн. наук,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова;  
В.Е. МАНУЙЛОВ, канд. техн. наук, ОАО «Искитимцемент» (г. Искитим Новосибирской обл.);  
Е.И. ХОДЫКИН, канд. техн. наук, ЗАО «Уралцемент» (г. Коркино Челябинской обл.)

## Теоретическое обоснование и эффективность использования углеотходов в технологии цемента

Одним из эффективных способов экономии технологического топлива при обжиге клинкера является подача горючих отходов в сырьевой шлам.

Для решения этой проблемы необходимо:

- обеспечение полного выгорания введенной в шлам горючей добавки;
- поддержание заданной температуры и величины теплообмена в факельном пространстве при повышенном избытке воздуха;
- определение предельно допустимой концентрации выгорающей добавки в шламе в зависимости от технологических параметров работы вращающейся печи.

Для решения поставленных задач проведены расчеты и исследования применительно к ЗАО «Уралцемент» при использовании углеотходов.

Известно, что выход из бурых углей летучих практически начинается от 100°C и наиболее интенсивно протекает в интервале 250–600°C [1]. При тех же температурах наблюдается окисление топлива. Однако необходимая в топках скорость горения достигается только выше 700°C. Во вращающихся печах мокрого способа температура газа в зоне подогрева по крайней мере на 750°C выше температуры материала (рис. 1), следовательно, возгоняемые при 100–400°C летучие попадают в газовую среду с температурой 850–1150°C, где при наличии кислорода обеспечится их быстрое выгорание. При этом возникает необходимость сжигания основного технологического топлива в пламенном пространстве с большим избытком воздуха –  $\alpha$ .

Необходимым условием применимости этого способа является наличие в холодной части печи достаточного для окисления содержащегося в шламе топлива количества кислорода. Для этого в пламенном пространстве горячего конца печи необходимо сжигать топливо с повышенным избытком воздуха. Это вызывает снижение температуры факела и, следовательно, теплообмена в зоне спекания. Для определения допустимой кон-

центрации горючей составляющей в шламе проведены теплотехнические расчеты для различных условий эксплуатации вращающихся цементных печей. В результате многочисленных анализов проб по длине печей и испытаний с применением радиоактивных изотопов установлено изменение фазового состава материала в пламенном пространстве и расположение факела в печах диаметром 5 м (рис. 2) [2].

Для оценки требуемой интенсивности теплообмена в пламенном пространстве рассчитывались теплоты превращения материала при различных температурах и величина удельного теплообмена излучением по формуле:

$$Q_{л} = 5,67 \cdot \epsilon_{м} \cdot \left[ \epsilon_{ф} \cdot \left( \frac{T_{ф}}{100} \right) - a_{г} \cdot \left( \frac{T_{м}}{100} \right)^4 \right],$$

где  $\epsilon_{м}$ ,  $\epsilon_{ф}$  – степень черноты материала и факела при соответствующих температурах;  $a_{г}$  – поглощающая способность газа;  $T_{ф}$ ,  $T_{м}$  – температура факела и материала в К.

С учетом превращения материала в пламенном пространстве печи в отсутствие выгорающих добавок расчетные и экспериментальные данные для печи 4,5/5×170 м свидетельствуют, что максимальная теплопередача от газа к материалу в пламенном пространстве должна составлять 1100 кДж/кг клинкера и снижаться пропорционально теплоте сгорания введенного в шлам углеотхода (см. табл.). При неизменной производительности 56 т/ч удельную теплопередачу в зоне спекания необходимо поддерживать на уровне  $Q_{м} = 100$  кВт/м<sup>2</sup>. Величина теплообмена будет определяться температурой факела и длиной зоны спекания, которые, в свою очередь, зависят от концентрации введенной в шлам горючей составляющей, КПД холодильника и  $\alpha$ . Иллюстрированная кривыми

Таблица

Физико-химические процессы	Температура, °С	Масса вещества, кг	Теплота процесса, кДж
$\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$	900	0,25	-418
$2\text{CaO} + \text{SiO}_2 = \text{C}_2\text{S}$	1200	0,07	+43
$3\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 = \text{C}_3\text{A}$	1200	0,06	+3
$4\text{CaO} + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3 = \text{C}_4\text{AF}$	1200	0,14	+24
$\text{CaO} + \text{C}_2\text{S} = \text{C}_3\text{S}$	1400	0,60	-6
Возгонка щелочных фаз	>1300	0,02	-25
Образование жидкой фазы	>1250	0,25	-100
Нагрев материала	900–1450	1	-621
Теплота, передаваемая материалу			-1100

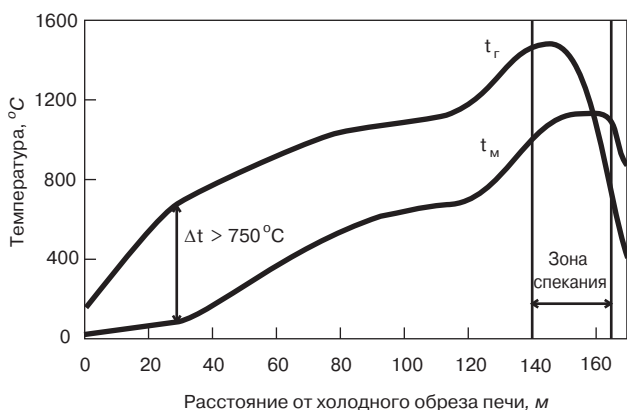


Рис. 1. Изменение температуры материальной ( $t_{м}$ ) и газовой ( $t_{г}$ ) потоков в печи мокрого способа производства

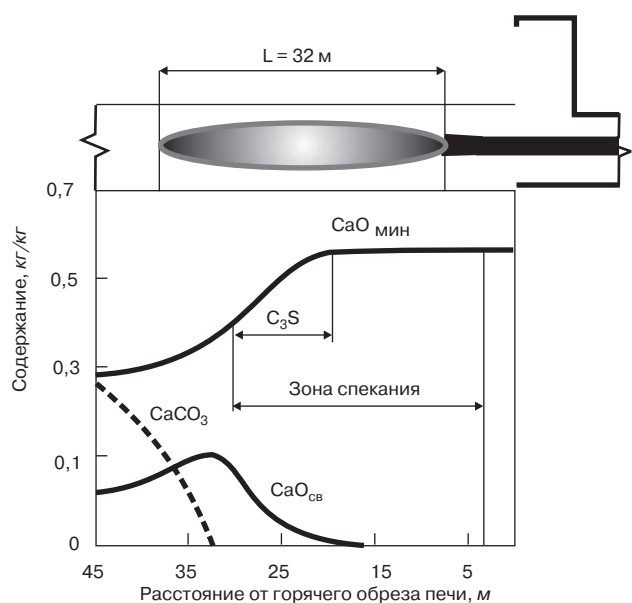


Рис. 2. Изменение фазового состава материала в факельном пространстве печи:  $C_3S$  – область образования алита,  $CaO_{мин}$  – содержание оксида кальция в клинкерных минералах

рис. 3 взаимосвязь указанных параметров позволяет сделать вывод, что если теплотери с клинкером  $q_{кл}$  составляют 200 кДж/кг, то предельно допустимая концентрация выгорающей добавки в шламе не должна превышать 3,8%, а температура факела – не ниже 1680°C при  $\alpha = 1,5$  (точка А). В случае ухудшения работы холодильника, например при увеличении  $q_{кл}$  с 200 до 600 кДж/кг необходимый  $Q_M = 100$  кВт/м<sup>2</sup> можно обеспечить при  $\alpha \leq 1,28$  и ввести лишь 2% выгорающей добавки (точка В).

Снижение КПД холодильника ниже 0,6 практически исключает возможность введения в шлам выгорающей добавки при неизменной производительности печи. Однако если при уменьшении КПД холодильника оставить постоянными абсолютный расход тепла и тепловую мощность печи и, следовательно, пропорционально снизить производительность печи и  $Q_M$ , то возможность введения добавки определится наклонной прямой  $Q'_M$ . В этих условиях даже при  $q_{кл} = 800$  кДж/кг (КПД=0,5) сохраняется возможность введения до 1% добавки (точка С), и требуемый теплообмен достигается при  $t_f = 1640^\circ C$ . Так как  $q_{кл}$  на печах с колосниковыми холодильниками обычно составляет не более 300 кДж/кг клинкера, можно с уверенностью вводить до 3,5% выгорающей добавки с углеотходами, что позволит сэкономить 25% топлива на обжиг клинкера.

Проведенные на ЗАО «Уралцемент» промышленные испытания использования углеотходов показали, что они также являются интенсификатором помола [3]. При их использовании производительность сырьевой мельницы повысилась с 68 до 73 т/ч и снижился удельный расход электроэнергии на помол с 23,6 до 21,4 кВт·ч/т. То что в минеральной части углеотходов содержится повышенное количество  $Al_2O_3$ , открывает возможность использования ранее вывозимой в отвал запесоченной глины.

Результаты испытания печи 4,5/5×170 м при обжиге рядового и опытного шламов подтвердили снижение удельного расхода форсуночного топлива с 204 до 172 кг/т клинкера. Не наблюдалось неполноты сгорания топлива. Клинкер из опытного шлама отличался лучшей грануляцией и микроструктурой. Результаты лабораторного, а затем и промышленного помола клинкеров подтвердили их лучшую размалываемость; производительность мельницы повысилась на 1,3 т/ч при снижении удельного расхода электроэнергии на 2 кВт·ч/т. Прочность цемента из

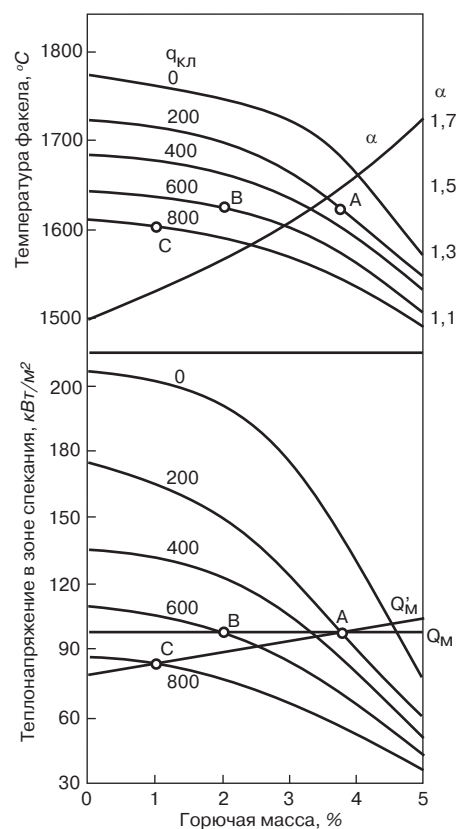


Рис. 3. Изменение температуры факела и теплообмена в зоне спекания ( $Q_M$ ) в зависимости от концентрации выгорающего вещества в шламе, теплотери с клинкером ( $q_{кл}$ ) и коэффициента избытка воздуха ( $\alpha$ )

опытного клинкера при сжатии в 28 сут возрасте составила 51,3 МПа, что соответствует марке 500.

**Выводы**

1. Установлено, что при мокром способе производства с целью экономии технологического топлива возможно подавать в сырьевой шлам выгорающую добавку. Допустимая концентрация добавки зависит от состава и свойств горючей массы, коэффициента избытка воздуха и теплового КПД клинкерного холодильника. В условиях ЗАО «Уралцемент» допустимая концентрация горючей части углеотходов на печах с колосниковым холодильником составляет 3,8%, а с рекуператорным – 3,15%; это позволит сэкономить соответственно 55 и 48 кг/т клинкера технологического условного топлива.
2. Углеотходы, содержащие до 25% горючего вещества, могут быть успешно использованы путем введения в сырьевой шлам в качестве заменителя 25% технологического топлива.
3. При введении углеотходов в шлам достигается увеличение производительности сырьевых и цементных мельниц, что обеспечивает снижение удельного расхода электроэнергии при производстве цемента на 3,5 кВт·ч/т цемента.

**Список литературы**

1. Кнорре Г.Ф. Топочные процессы. М.—Л.: Госэнергоиздат. 1959. 396 с.
2. Классен В.К. Обжиг цементного клинкера. Красноярск: Стройиздат. 1994. 324 с.
3. Ходыкин И.А., Лукошкин Ю.П., Мануйлов В.Е., Ходыкин Е.И., Классен В.К., Борисов И.Н. Эффективность использования углеотходов при обжиге цементного клинкера // Международная конференция «Промышленность строительных материалов и стройиндустрия, энерго- и ресурсосбережение в условиях рыночных отношений». Белгород, 1997. Ч. 1. С. 172–174.

## Особенности теплотехнологических процессов в подготовительной зоне вращающихся печей

Основная масса цемента в России производится по технологии мокрого способа, при котором на обжиг клинкера расходуется повышенное количество тепла. При этом потери тепла на испарение воды и с отходящими газами зависят от свойств сырьевого шлама и эффективности процессов, протекающих в цепных теплообменниках. Поэтому при оптимизации работы печных агрегатов необходимо интенсифицировать процессы теплообмена именно в этой части печи [1–4].

При изучении особенностей *изменения физических свойств шлама в процессе нагревания* на установке, моделирующей работу цепного теплообменника, установлено, что изменение удельной массы влажного материала на цепи  $m_m/m_c$  позволяет определить критическую влажность  $W_{кр}$ , при которой на цепь переходит максимальное количество материала, и остаточную влажность  $W_{сб}$  при сбросе материала с цепей [5].

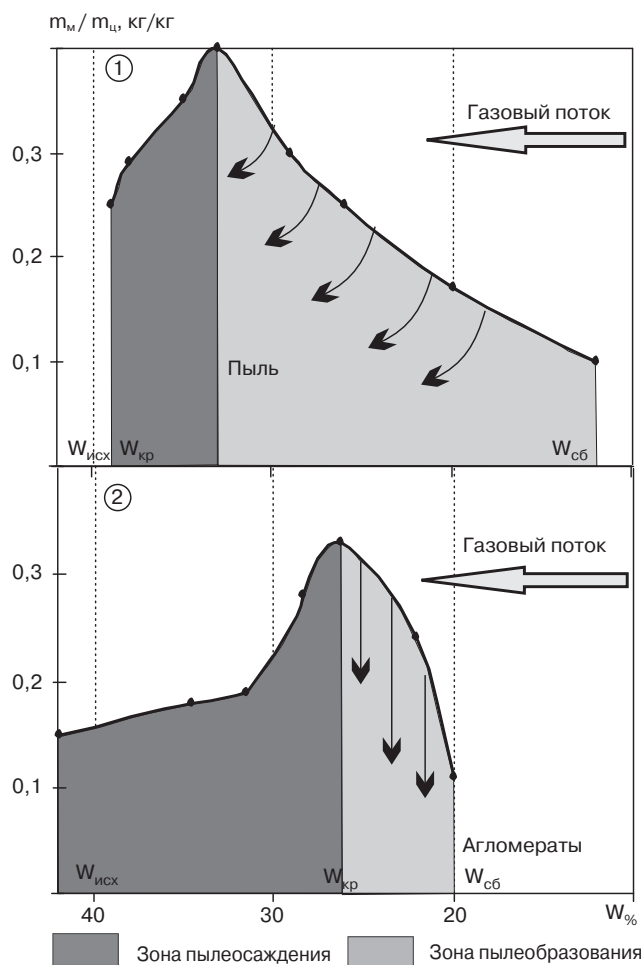


Рис. 1. Изменение удельной массы материала на цепях  $m_m/m_c$  при высушивании старооскольского (1) и белгородского (2) шламов

Исследования физических свойств промышленного шлама на основе мела и известняка с исходной влажностью  $W_{исх}$  от 32 до 44% (см. таблицу) показали, что зависимость  $m_m/m_c$  от влажности материала носит экстремальный характер (рис. 1).

Старооскольский и белгородский заводы используют идентичное сырье, однако поведение сырьевых шламов при нагревании значительно отличается: старооскольский шлам при высушивании за короткий период переходит на цепи, белгородский отличается длительным набором материала на цепи.

При высушивании старооскольского шлама после  $W_{кр}$  наблюдается постепенное отслаивание мелких частиц с поверхности материала, которое, как показано стрелками на рис. 1, приводит к интенсивному пылеобразованию: сырье обладает слабыми когезионными свойствами и повышенной адгезией к цепи. При высушивании белгородского шлама, содержащего повышенное количество водорастворимых солей [5], происходит резкий сброс материала с цепей в виде укрупненных агломератов, которые окатываются в гранулы, так как водорастворимые соли улучшают когезионные свойства.

Процесс сушки шлама можно разделить на два участка. Первый – от  $W_{исх}$  до  $W_{кр}$ , на котором цепи покрыты пленкой влажного шлама, способной улавливать пыль; этот участок можно считать *зоной пылеосаждения* (на рис. 1 выделен темным цветом). Участок после  $W_{кр}$ , на котором шлам теряет подвижность, сыпается с цепей и подхватывается газовым потоком, можно считать *зоной пылеобразования*. Различное поведение шламов при высушивании является причиной существенно меньшего пылевыноса (ПУ) из печей белгородского завода (1–5%) по сравнению со старооскольским (20–25%) (см. таблицу).

Установлено, что добавки ПАВ и шлама значительно увеличивают зону пылеосаждения и сокращают зону пылеобразования; лигнин значительно увеличивает зону пылеобразования.

Обобщенные результаты по зависимости пылеуноса из промышленных печей многих заводов от протяженности ( $W_{кр} - W_{сб}$ ) зоны пылеобразования свидетельствуют о достаточно высокой корреляционной взаимосвязи: увеличение длины зоны пылеобразования сопровождается повышением пылевыноса из печи (рис. 2).

Полученные результаты имеют принципиальное значение для проектирования цепных теплообменников: для уменьшения длины зоны пылеобразования при использовании сырья типа старооскольского завода предпочтение следует отдавать гирляндной или комбинированной завесе, способствующей образованию и сохранению гранул, а сырья типа белгородского завода – завесе из свободновисящих цепей.

Распределение газового потока в межцепном и подцепном пространствах теплообменных устройств зависит от свойств сырьевого шлама и особенностей навески цепей. По характеру теплообмена комплекс цепных завес можно разделить на два участка. На первом участке (цепи покрыты текучим или вязким материалом) происходит конвек-

Шлам заводов	$W_{исх}, \%$	$m_m/m_{ц}, \text{кг/кг}$	$W_{кр}, \%$	$W_{исх}-W_{кр}, \%$	$W_{кр}-W_{сб}, \%$	ПУ, %
На основе мела						
Старооскольского	39	0,4	33	6	20	20–25
Белгородского	42	0,33	27	15	7	2–5
Мальцовского	44	0,52	36	8	25	15–17
Себряковского	40	0,6	23	17	9	1–3
Кричевского	42	0,32	28	14	16	8–10
На основе известняка						
Искитимского	37	0,4	32	5	21	12–15
Коркинского	38	0,52	27	11	18	8–12
Сухоложского	38	0,4	33	5	21	12–15
Новотроицкого	36	0,32	30	6	16	10–12
Углегорского	34	0,36	26	8	14	12–14
Ангарского	32	0,5	27	5	10	15–20



Рис. 2. Зависимость пылеуноса из печей от протяженности зоны пылеобразования

тивная теплопередача от газового потока к материалу. На втором участке (цепи не покрыты материалом) осуществляется регенеративный теплообмен: от газа к цепям – конвекцией, от цепи к материалу – теплопроводностью. Поэтому если по всей длине цепной завесы преобладает конвективный теплообмен, зависящий от скорости движения газов, то необходимо определить ее величину.

**Распределение газового потока** по вертикальному сечению определялось во время остановки промышленной печи 5/4,5 × 170 м (рис. 3). Как видно, эпюры скоростей изменяются в зависимости от плотности навески  $K_F$  и длины цепей. Скорость газа в подцепном пространстве в 2–3 раза превышает скорость в цепях, причем чем выше  $K_F$ , тем больше эта разница. Поэтому с увеличением  $K_F$  интенсивность конвективного теплообмена ( $Q_{кон}$ ) должна увеличиться, но в связи с тем, что в это же время уменьшаются скорость и количество газа, проходящего через цепи, коэффициент  $\alpha_{кон}$  снижается; это приводит к снижению  $Q_{кон}$ . На участке пластичного материала при высоких значениях  $K_F$  и  $m_m/m_{ц}$  может произойти полное перекрытие сечения цепей, увеличение доли газа в подцепном пространстве и уменьшение в межцепном пространстве, т. е.  $Q_{кон} \approx 0$ . В связи с этим при совершенствовании и проектировании теплообменников необходимо уделять первостепенное внимание этому участку цепной завесы.

Следует изменять  $K_F$  по длине цепной завесы в зависимости от характера кривой удельной массы материала на цепях  $m_m/m_{ц}$ . При малом (0,3–0,4 кг/кг) количестве материала на цепях в зоне критической влажности рекомендуется  $K_F = 6–8 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ; при 0,4–0,6 кг/кг материала на цепях плотность следует снизить до 4–6  $\text{м}^2/\text{м}^2$ .

Для характеристики газопроницаемости цепного и подцепного пространства в вертикальном сечении печи были введены новые взаимосвязанные коэффициен-



Рис. 3. Распределение газового потока по вертикальному сечению цепной завесы

ты, характеризующие газопроницаемость цепной завесы ( $K_c$ ) и соотношение скоростей газового потока в цепях и подцепном пространстве ( $K_p$ ).

Увеличение шага навески от 100 до 150 мм приводит к росту  $K_c$  и к уменьшению сопротивления цепной завесы, но при этом происходит снижение количества цепей и сокращение поверхности теплообмена. Поэтому для сохранения общей массы цепей при уменьшении сопротивления цепной завесы необходимо навешивать цепи с большим шагом по две на один крепеж.

Таким образом, предложена методология совершенствования и проектирования комплекса теплообменных устройств во вращающейся печи, заключающаяся в конструировании схемы и элементов цепной завесы с учетом изменения в процессе нагревания физических свойств материала, которые определяются на специально разработанной модельной установке, позволяющей классифицировать зоны пылеосаждения, пылеобразования и способность материала к грануляции.

#### Список литературы

1. Мешик А.Ф. Влияние теплофизических свойств материала цепных завес на интенсивность теплообмена // Труды НИИцемента. 1975. № 29. С. 43–52.
2. Ходоров Е.И. Печи цементной промышленности. Л.: Стройиздат. 1968. 370 с.
3. Косарева В.М., Шлионский Ю.С., Шаповал Л.А. К вопросу теплового расчета цепных завес вращающихся печей // Труды Гипроцемента. 1964. Вып. 29. С. 28–31.
4. Классен В.К. Обжиг цементного клинкера. Красноярск: Стройиздат. 1994. 323 с.
5. Борисов И.Н., Дурнева Л.С. Некоторые особенности поведения шламов на цепях при высушивании // Цемент и его применение. 2002. № 5. С. 26–28.

## Прогнозирование дисперсных характеристик высокодисперсных цементов

Строительно-технические свойства цемента – прочностные характеристики и интенсивность их нарастания, водопотребность, водоотделение, удельные затраты на измельчение и ряд других – в значительной мере зависят как от минералогического состава, так и от дисперсных характеристик цемента (ДХЦ). Рассев порошка на наборе сит и определение его удельной поверхности не позволяют гарантированно прогнозировать качество цемента. Вместе с тем использование замкнутых технологических систем измельчения, оснащенных современными контрольно-измерительными системами, существенно расширяет возможности управления ДХЦ, обеспечивает заданное качество продукта при минимальных энергозатратах и актуализирует разработку уточненных методов прогнозирования и автоматизированного расчета ДХЦ в ходе его измельчения.

Порошкообразные материалы состоят из частиц различных размеров и формы. Крупность частиц неправильной формы описывается тремя характерными размерами: наибольшим размером частицы – длиной  $\delta_1$ ; ее наибольшим поперечным размером – шириной  $\delta_2$  и наибольшим размером в направлении, перпендикулярном двум предыдущим, – толщиной  $\delta_3$ . По этим размерам, которые могут быть определены микроскопически, объем частицы ( $V$ ) приближенно вычисляется с помощью эмпирического соотношения [2]:

$$V = \frac{\delta_1 \delta_2 \delta_3}{2,2} \quad (1)$$

В этом случае эквивалентный размер частицы, т. е. диаметр шара такого же объема, выражается формулой:

$$\delta = \sqrt[3]{6 \frac{\delta_1 \delta_2 \delta_3}{2,2\pi}} = 0,954 \sqrt[3]{\delta_1 \delta_2 \delta_3} \quad (2)$$

и практически совпадает со средним геометрическим трех характерных размеров зерна цемента.

Наиболее общая и информативная характеристика порошкообразных материалов – их гранулометрический состав может быть выражен интегральной функцией распределения частиц по размерам, для аналитического описания которой чаще всего применяется закон Розина–Раммлера–Беннета (RRB) [3]:

$$R(\delta) = \exp(-(\delta/\delta')^n), \quad (3)$$

где  $n$  – коэффициент равномерности распределения RRB,  $\delta' = \delta_{0,368}$ .

Функция распределения частиц по размерам используется для прогнозирования дисперсных характеристик порошков.

Удельная поверхность порошка равна отношению суммы площадей поверхностей всех частиц к их общей массе  $m$ . При ее определении принято считать, что все частицы  $i$ -й фракции ( $\delta_i, \delta_{i+1}$ ) имеют сферическую форму и одинаковый размер  $\delta_i = (\delta_i + \delta_{i+1})/2$ .

Тогда

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta m_i}{m} \frac{\Delta m_i}{m_{pi}} S_{pi} = \frac{\sum_{i=1}^N \Delta D_i S_i}{\rho \sum_{i=1}^N \frac{\Delta D_i}{\delta_i}}, \quad (4)$$

где  $\Delta m_i$  – масса частиц  $i$ -й фракции;  $m_{pi}$ ;  $S_{pi}$  – масса и площадь поверхности одной частицы  $i$ -й фракции;

$S_i = S_{pi}/m_{pi} = 6/\rho\delta_i$  – ее удельная поверхность;  $\Delta D_i$  – массовое содержание в порошке  $i$ -й фракции;  $\rho$  – плотность частиц;  $N$  – число фракций. Формула (4) рекомендуется для расчета удельной поверхности порошков по их гранулометрическому составу [4].

Однако такой способ расчета удельной поверхности приводит в 1,8–2,5 раза меньшим значениям по сравнению с экспериментально найденными величинами [5]. Это свидетельствует о необходимости более полного учета морфологических свойств частиц и особенностей гранулометрического состава порошков.

Наибольший вклад в удельную поверхность порошков вносят мелкие фракции, которые могут быть учтены только с использованием функций распределения частиц по размерам:

$$S = \int_{\delta_{\min}}^{\delta_{\max}} f(\delta) S(\delta) d\delta, \quad (5)$$

где  $f(\delta) = dR(\delta)/d\delta$  – дифференциальная функция распределения частиц;  $S(\delta)$  – зависимость удельной поверхности частиц от их размера;  $\delta_{\min}$ ,  $\delta_{\max}$  – наибольший и наименьший размеры частиц порошка.

Существенное влияние на величину удельной поверхности частиц оказывает их форма, которая является их важнейшим и трудно формализуемым свойством. В качестве первого шага к созданию его математического описания можно применить классификацию частиц в зависимости от соотношения их характерных размеров: изометрические частицы, для которых все три характерных размера близки  $\delta_1 \sim \delta_2 \sim \delta_3$ ,  $\Delta\delta \leq 0,2\delta_1$ ; плоские частицы (пластинчатые, чешуйчатые и т. д.), в которых два больших размера близки друг к другу и существенно превосходят третий размер  $\delta_1 \sim \delta_2 \gg \delta_3$ ; вытянутые частицы (игольчатые, волокнистые и т. д.), удлиненные в одном направлении и имеющие значительно меньшие и близкие по величине размеры в двух других направлениях  $\delta_1 \gg \delta_2 \sim \delta_3$ .

Среднегеометрическое значение близких по величине размеров анизометрических (плоских или вытянутых) частиц будем называть их поперечным размером  $\delta_{\Pi}$ , а третий размер  $\delta_0$  – осевым. Отношение осевого размера к поперечному, характеризующее отклонение формы частицы от изометрической, будем называть коэффициентом анизометрии  $a = \delta_0/\delta_{\Pi}$ . Для изометрических частиц  $a \sim 1$ , для плоских частиц  $a < 1$ , для вытянутых частиц  $a > 1$ .

Следующим шагом построения математической модели формы частиц является их аппроксимация правильными геометрическими телами, позволяющими прогнозировать геометрические характеристики частиц по их характерным размерам. Для геометрических частиц, аппроксимируемых шаром, удельная поверхность минимальна:

$$S(\delta) = 6/\rho\delta, \quad (6)$$

где  $\rho$  – плотность материала частиц.

Для анизометрических частиц площадь удельной поверхности возрастает и может быть представлена в виде:

$$S(\delta) = 6K(a)/\rho\delta, \quad (7)$$



где  $K(a)$  характеризует возрастание удельной поверхности частиц вследствие их анизотропии. При аппроксимации формы частиц прямоугольным параллелепипедом размерами  $\delta_0 \sim \delta_n \sim \delta_n$  получим:

$$K(a) = 0,41(1+2a)/a^{2/3}. \quad (8)$$

Микроскопический анализ подтверждает, что среди частиц цемента преобладают удлиненные частицы, для которых коэффициент анизотропии с уменьшением размера частиц возрастает от значения  $a_{\min} \sim 1$  для крупных частиц размером  $\delta_{\max} \sim 5\delta'$  до значения  $a_{\max} \sim 10-15$  для мельчайших частиц размером  $\delta_{\min} \sim 0,01\delta'$ ;  $\delta' = 10-30$  мкм – характерный размер зерна цемента.

В первом приближении зависимость коэффициента анизотропии от размера частиц может быть выражена линейной функцией:

$$a(t) = a_{\max} - 0,2(a_{\max} - 1)t, \quad (9)$$

где  $t = \delta/\delta'$ . Полагая, что гранулометрия частиц цемента подчиняется закону RRB, соотношение для вычисления удельной поверхности порошка можно записать в виде:

$$S = \frac{6n}{\rho\delta'} \int_{0,01}^5 K(a(t)) \exp(-t^n) \cdot t^{n-2} dt. \quad (10)$$

По сравнению с формулой (4) соотношение (10):

– более точно прогнозирует величину удельной поверхности: отклонение результатов расчета от экспериментальных данных не превышает 5%;

– позволяет исследовать влияние параметров гранулометрического состава и свойств частиц на величину удельной поверхности порошка;

– обеспечивает более надежное определение таких технологических параметров помольных установок, как производительность, энергопотребление, качество конечного продукта и т. д.

Представленный метод определения удельной поверхности является составной частью системы определения ДХЦ, включающей блок обработки данных лазерной и оптической диагностики дисперсности и формы частиц, блок определения параметров распределения частиц цемента, а также блок расчета содержания отдельных фракций и других показателей гранулометрического состава. Такую систему можно применить для разработки методов программного (виртуального) тестирования цементов, позволяющих вести непрерывный контроль качества порошка в процессе его измельчения и существенно сократить объем натурных испытаний [6].

При модернизации существующих и проектировании новых цементных заводов методику расчета ДХЦ можно использовать для разработки автоматизированных систем управления технологическими процессами.

#### Список литературы

1. Пироцкий В.З. Технологическая система измельчения для высокодисперсных компонентных цементов // Цемент. 1992. № 3. С. 85–91.
2. Авдеев Н.Я. Расчет гранулометрических характеристик полидисперсных систем. Ростов-на-Дону: Ростов. книж. изд. 1966. 126 с.
3. Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А. Закономерности измельчения и исчисление характеристик гранулометрического состава. М.: Металлургиздат. 1959. 427 с.
4. Артамонова М.В., Рабухин А.И., Савенков В.Г. Практикум по общей технологии силикатов. М.: Стройиздат, 1996. 280 с.
5. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Портландцемент. М.: Стройиздат. 1974. 328 с.
6. Скобло Л.И. Виртуальные испытания – предсказания свойств цементов и бетонов // Цемент и его применение. 2005. № 2. С. 67–68.

## 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.vniir.ru E-mail: vniir@bna.ru  
Режим работы: с 9:30 до 18:00, выходные - сб, вскр.  
Условия работы: 100% предоплата, отгрузка со склада в Москве.

Реклама

В.М. КОНОВАЛОВ, А.В. ЧЕРКАСОВ, Д.А. МИШИН, кандидаты техн. наук, А.В. ЛИТОВЧЕНКО, инженер, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова; А.Н. СЫСОЕВ, управляющий директор, ОАО «Теплоозерский цемент» (пос. Теплоозерск, Хабаровский край)

## Цемент с компенсированной усадкой

Усадка растворов и бетонов на обычном портландцементе значительно ухудшает их свойства: повышается водопроницаемость и склонность к трещинообразованию. Способность цемента компенсировать усадочные деформации может быть использована для различных целей, в частности для производства безусадочного бетона, размеры изделий из которого после распалубки не меняются. Весьма перспективным является изготовление расширяющихся цементов на оксидной основе: гидраты оксидов кальция и магния являются стабильными соединениями, и в отличие от цементов на основе сульфоалюминатных композиций в цементном камне на их основе не происходит фазовых изменений, ведущих к нарушению структуры и сбросам прочности.

Использовать в качестве расширяющейся добавки оксид магния с точки зрения энергозатрат на получение предпочтительнее, чем оксид кальция: температуры разложения карбоната и гидроксида магния ниже, чем у аналогичных кальциевых соединений. Однако производство расширяющихся и безусадочных цементов с использованием оксида магния не получило широкого распространения вследствие недостаточной изученности условий формирования MgO, гидратация которого при определенных условиях может приводить к неравномерности изменения объема твердеющего цемента.

Для Дальневосточного региона наиболее перспективно применить в качестве расширяющейся добавки оксид магния, сырьем для которого может стать брусит Кульдурского месторождения, характеризующийся следующим химическим составом: MgO – 60,59%; CaO – 4,49%; SiO<sub>2</sub> – 0,64%; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,31%, ППП – 33,97%.

По данным дериватографии, разложение Mg(OH)<sub>2</sub> происходит в интервале 400–450°C. Время полной диссоциации зависит как от температуры, так и от дисперс-

ности материала. В изотермических условиях при температуре 700°C дегидратация брусита фракции 20 мм полностью заканчивается в течение 22,5–25 мин. Ввиду того, что при обжиге в промышленных условиях при нагревании брусит самопроизвольно диспергируется, исследовали поведение двух его фракций размером 1,25–10 и менее 1,25 мм, далее обозначаемые соответственно «крупная» и «мелкая» фракции. При обжиге температуру в муфельной печи доводили до заданной, помещали в нее тигли с бруситом и выдерживали их 10 мин, а затем охлаждали на воздухе. По данным рентгеновской дифрактометрии, в продуктах обжига мелкой фракции при 700°C после 10 мин изотермической выдержки диссоциация исходного Mg(OH)<sub>2</sub> полностью не завершалась: в пробе фиксируется брусит, практически исчезающий лишь при 800°C.

Активность MgO при взаимодействии с водой, влияющая на величину линейного расширения композиции MgO + портландцемент, определяется условиями его синтеза (температурой, гранулометрическим составом и продолжительностью обжига) и свойством исходного брусита. Обожженный при 800, 900 и 1000°C брусит в количестве 1 и 2 мас. % вводили в цемент, из которого формовали балочки размером 10×10×60 мм.

Изучение линейных деформаций образцов показало, что с увеличением температуры обжига брусита их линейное расширение снижается (рис. 1). Расширение цементов зависит от размера кристаллов периклаза, который с повышением температуры обжига увеличивается и снижает гидратационную активность MgO. В продуктах взаимодействия с водой возрастает содержание непрореагировавшего MgO (d = 2,11 Å).

Введение 1 и 2% продуктов обжига брусита исследуемых фракций при 800–900°C в цемент вызывает линейное расширение цементных балочек при водном твердении до 0,4–0,7%

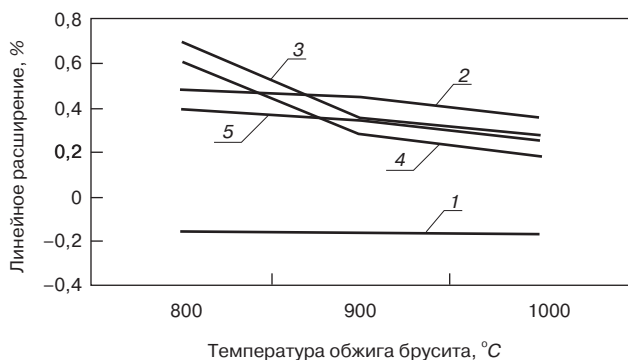


Рис. 1. Линейные деформации портландцемента с добавкой брусита после тепловлажностной обработки: 1 – без добавок; 2 – с 1% мелкой фракции; 3 – с 2% мелкой фракции; 4 – с 1% крупной фракции; 5 – с 2% крупной фракции

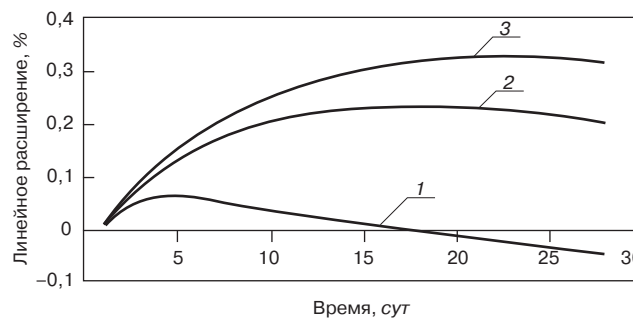


Рис. 2. Линейные деформации образцов с добавкой MgO: 1 – цемент; 2 – промышленная партия с 1% MgO; 3 – цемент лабораторного помола с 5% MgO

Таблица 1

Маркировка состава	Ввод MgO, %	Предел прочности, МПа через, сут							
		при изгибе				при сжатии			
		3	7	14	28	3	7	14	28
1	0	4,5	4,8	5,2	5,3	55,2	87	92	102
2	1	4,5	5,1	5,2	5,4	56,2	82	91,4	98,4
3 (лабор. помол)	5	3,4	4,8	5	5,1	39,2	63	73	86

Таблица 2

Наименование	Прочность после автоклавирования, МПа		Относительное удлинение, %		
	при изгибе	при сжатии	после автоклавирования	после автоклавирования и твердения на воздухе, сут	
				28	60
Контрольный цемент	4,8	21,8	0,47	0,24	0
Опытная партия (с добавкой 1% MgO)	4,6	19,4	2,34	1,87	1,64

Полученные данные использованы в разработке технологического регламента выпуска опытных партий цемента с компенсированной усадкой в условиях ОАО «Теплоозерский цементный завод». Технологическая схема предусматривала дробление брусита на щебень и его рассев на определенные фракции, которые подавали в расходный бункер, установленный у горячего конца печи. Из бункера бруситовый щебень дозатором самотеком подается по течке на вход леек рекуператоров вращающейся печи. Выходящая из холодильника смесь клинкера и обожженного брусита поступает на клинкерный конвейер и далее на склад. Клинкер на входе в лейки рекуператоров по оптическому пирометру имеет температуру около 1000–1150°C. Время контакта брусита с охлаждаемым клинкером в рекуператоре планетарного холодильника длиной 6,5 м составляет 12 мин. При перемешивании и нагреве за счет тепла клинкера крупные куски брусита распадались на более мелкие, размером 1–5 мм. Температура клинкера на выходе из рекуператора составляла 350–400°C.

Тепловые затраты на разложение брусита из расчета 1–2% концентрации MgO составляют 1,4–2,8 кг усл. топлива/т клинкера, что не превышает 3,5–7% от теплосодержания выходящего из печи клинкера. Использование тепла охлаждаемого в рекуператоре клинкера в технологическом процессе обжига брусита позволяет отнести предлагаемое техническое решение к классу энергосберегающих.

Испытания цементов опытных партий, соответствующих марке ПЦ 500, выпущенных в соответствии с временными техническими условиями ТУ 57 3460-001-00282777–2004 и содержащих до 1% MgO, проводили в условиях заводской лаборатории и параллельно в лаборатории БГТУ им В.Г. Шухова.

Для контроля расширения готовили цементное тесто (1:0) нормальной плотности и формовали образцы размером 4×4×16 см. Через 1 сут расформованные образцы для дальнейшего твердения помещали в воду и измеряли их линейные размеры. Представленные на рис. 2 результаты измерений деформации цементов, твердевших в воде, свидетельствуют, что к 15 сут расширение цементов опытных партий заканчивается и составляет 0,2–0,3%, что обеспечивает компенсацию усадочных деформаций при твердении цемента.

Таблица 3

Время, мин	Водопроницаемость, мл			
	3 сут		7 сут	
	Контрольный	Опытная партия	Контрольный	Опытная партия
10	0	0	0	0
60	1,7	0,9	0,1	0,1
120	2,5	1,3	0,2	0,1
180	3,1	1,5	0,35	0,2
3 сут	11,2	9,3	4,3	2,3

Физико-механические испытания (табл. 1) образцов из цементного теста нормальной плотности с 1% расширяющейся добавки MgO не выявили возможных деструктивных изменений.

С увеличением содержания MgO в цементе до 5% при увеличении расширения от 0,2 до 0,3% наблюдается значительное (до 15%) снижение прочности. Изменением условий твердения можно регулировать линейные деформации цементного камня. Твердение цементов в гидротермальных условиях (избыточное давление 2 МПа, температура 180°C) позволяет увеличить расширение цементов до 2,5% с сохранением высоких прочностных показателей (табл. 2).

У портландцемента опытной партии с компенсированной усадкой определяли трещиностойкость по методике [1]. Образование трещины в образце из бездобавочного цемента зафиксировали через 35 ч. Введение 1% MgO увеличивает время до начала появления трещины в 1,3 раза.

Для растворов и бетонов в сооружениях, подвергающихся напору воды, большое значение для оценки качества вяжущего имеет водопроницаемость. Она характеризуется давлением, при котором образцы начинают пропускать воду, или количеством воды, прошедшей через образцы при данном давлении в течение определенного промежутка времени.

Для измерений водопроницаемости использовали установку, предложенную И.Г. Гранковским [2], отличительной особенностью которой является наличие горизонтальной стеклянной трубки со шкалой, обеспечивающей постоянство гидростатического давления.

Для определения водопроницаемости готовили составы из контрольного цемента и из цемента опытной партии с добавкой 1% MgO. Полученные из цементного теста нормальной густоты образцы в виде таблеток (диаметр 40 мм, толщина 12 мм) испытывали после 3 и 7 сут твердения (табл. 3).

Данные определения водопроницаемости образцов показывают, что цемент опытной партии с добавкой 1% MgO снижает водопроницаемость почти вдвое.

Отдельные части гидротехнических сооружений подвергаются попеременному увлажнению и насыщению агрессивными растворами с последующим высушиванием; при этом возможны повреждения бетона. Устойчивость цементов к агрессивным средам оценивалась по методике, предложенной Б.Г. Скрамтаевым [3], в условиях попеременного насыщения образцов 5% раствором сульфата натрия и последующего их высушивания при 100–110°C.

После 30 циклов попеременного погружения в раствор и высушивания образцы испытывали на прочность. Снижение прочности контрольного цемента составило 7,5%, а цемента опытной (с 1% MgO) партии – 3,1%. Введение добавки MgO в цемент повышает его сульфатостойкость.

Таким образом, получен безусадочный цемент с добавкой 1–2% MgO с линейным расширением 0,2–0,3%. Предлагаемая технология позволяет улучшить строительно-технические свойства цементов, а их незначительное расширение – отнести полученные цементы к классу безусадочных. На основании экспериментальных данных в ОАО «Теплоозерский цементный завод» выпущена партия безусадочного цемента с добавкой 1%

MgO, которая прошла успешные испытания на заводах ЖБИ Амурской области.

#### Выводы

1. Разработан технологический регламент и временные технические условия для выпуска цемента с компенсированной усадкой и предложена малоэнергоёмкая технология получения безусадочного цемента с расширяющейся добавкой на основе брусита, для обжига которого используется тепло охлаждаемого в холодильнике вращающейся печи клинкера. Определены оптимальные технологические параметры получения цемента с компенсированной усадкой на печах с рекуператорными холодильниками: фракционный состав брусита 10–20 мм; ввод в цемент расширяющейся добавки MgO 1–2%; температура клинкера на входе в лейки рекуператоров 1100°C.

2. Использование цемента с компенсированной усадкой позволяет избежать усадочных трещин при твердении на воздухе. Цементы опытных партий прошли успешные испытания на заводах ЖБИ Амурской области.

#### Список литературы

1. Бутт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. Учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов. М.: Высш. школа. 1973. 504 с.
2. Грановский И.Г. Структурообразование в минеральных вяжущих системах. Киев: Наукова думка. 1984. 154 с.
3. Бутт Ю.М. Практикум по технологии вяжущих веществ и изделий из них. М.: Госстройиздат. 1953. 326 с.



## ЗАО «Инжремтехстрой»

преемник головного объединения «Спецремэнерго» Минэнерго СССР

### С 1970 г. Инжремтехстрой осуществляет:

- ▶ комплексное обследование технического состояния промышленных сооружений (зданий, дымовых и вентиляционных труб, газоходов, градирен, водонапорных и силосных башен, металлоконструкций и т.п.) с выдачей заключения о техническом состоянии и рекомендаций по их эксплуатации;
- ▶ разработку технических решений (включая увеличение несущей способности отдельных металлических и железобетонных элементов конструкций), проектно-сметной и конструкторской документации для ремонта и реконструкции;
- ▶ строительство, ремонт и реконструкцию всех типов промышленных дымовых и вентиляционных труб, газоходов, градирен, водонапорных и силосных башен, других высотных сооружений с применением современных материалов и конструкций;
- ▶ антикоррозионную и тепловую защиту оборудования и конструкций (лакокрасочные, обмуровочные, футеровочные работы);
- ▶ техническое диагностирование, сертификацию и паспортизацию, монтаж, ремонт и пусконаладочные работы котельных установок, а также вспомогательного оборудования;
- ▶ экспертизу промышленной безопасности опасных производственных объектов, в т.ч. дымовых и вентиляционных промышленных труб;
- ▶ все виды общестроительных работ;
- ▶ функции Заказчика, Генподрядчика по проектным, строительным, ремонтным работам на различных промышленных и гражданских объектах.

На все виды деятельности имеются лицензии, все работы сертифицированы

Россия, 123001, Москва, Б. Патриарший пер. 8, стр. 2  
Тел.: (495) 291-18-39, факс: (495) 291-18-39, 203-43-08, 203-32-16  
E-mail: irts@bk.ru, info@irts.energo.ru  
Отдел обследований и экспертизы: (495) 202-35-48, 203-42-96  
Производственно-технический отдел: (495) 203-22-75, 203-43-08

А.В. ЧЕРЕВАТОВА, канд. техн. наук,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Теоретические основы проектирования строительных композитов с использованием высококонцентрированных вяжущих систем

Создание высококачественных строительных материалов нового поколения невозможно без управления процессами структурообразования на микро- и наноуровнях. Прикладной интерес к наносистемам со стороны строительного материаловедения обусловлен возможностью создания оптимальных структур строительных композитов за счет модификации при переходе на наноуровень, сопровождающейся как принципиальным изменением свойств известных материалов, так и созданием новых композитов.

Однако применение нанообъектов в существующих технологиях сопряжено с трудностями получения плотного безусадочного материала. Оптимальным вариантом с технологической точки зрения можно считать наличие в композициях небольшого количества нанодисперсных частиц, как например в высококонцентрированных вяжущих системах (ВКВС). Технология ВКВС является одним из новых направлений в современном материаловедении, теоретические основы которой были разработаны Ю.Е. Пивинским. ВКВС представляют собой минеральные водные дисперсии, которые получают преимущественно мокрым измельчением природных или техногенных кремнеземистых, алюмосиликатных или других материалов в условиях высокой концентрации твердой фазы, повышенной температуры [1]. Эти условия способствуют накоплению в системе определенного количества наночастиц (золь, получаемый диспергированием), обеспечивают механическую активацию частиц основной твердой фазы. Твердение данных систем и их упрочнение основано преимущественно на контактно-поликонденсационном механизме.

Отметим, что ВКВС до настоящего времени используется только для производства огнеупоров. Неодно-

кратно возникал вопрос о расширении сферы их применения, так как высокотемпературная обработка данных систем является одним из видов упрочнения и формирования новых кристаллических структур, но не является основной и единственной. Поэтому возможно расширение областей использования ВКВС, основанное на направленном модифицировании поверхности дисперсной фазы с целью повышения агрегативной устойчивости (рис.1).

Были разработаны методологические основы получения высококачественных строительных композитов путем направленного форми-

рования структуры материалов с использованием в качестве вяжущего компонента высококонцентрированных вяжущих систем. Показано, что присутствие в ВКВС оптимального количества нанодисперсных частиц положительно влияет на реотехнологические свойства ВКВС [2, 3] и технико-эксплуатационные характеристики получаемых на их основе материалов [2, 4–6].

Морфоструктурные особенности строения наноразмерных частиц ВКВС и частиц глинистых минералов, неорганических и органических модификаторов позволили предложить пути создания агрега-



Рис. 1. Рациональные области применения ВКВС

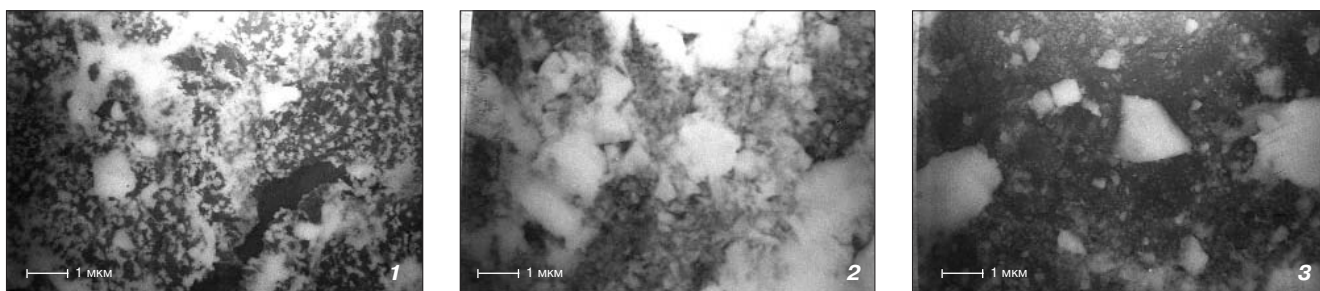


Рис. 2. Оптимизация структуры матричной фазы на примере ВКВС: 1 – исходная система; 2 – изменение структуры под воздействием структурно-механического механизма при введении глинистой составляющей; 3 – оптимизация структуры матричной фазы ВКВС под воздействием структурно-механического, электростатического, адсорбционно-сольватного механизмов при модификации глинистой составляющей и комплексным дефлокулянт

тивно-устойчивой среды за счет оптимизации состава ВКВС.

Пластификация ВКВС позволяет изменить реологическую характеристику системы с дилатантной на тиксотропную. Установлены оптимальные составы и закономерности получения смешанных керамических вяжущих в системе ВКВС кварцевый песок–глина без проявления эффекта гетерокоагуляции [2].

Принцип оптимизации структуры матричной фазы ВКВС основан на комплексном проявлении трех механизмов воздействия на систему: структурно-механического, электростатического, адсорбционно-сольватного (рис. 2). Структурно-механическое воздействие на систему реализуется при дополнительном введении в ВКВС глинистой составляющей. Специфическое строение глинистых частиц способствует созданию структурно-механического барьера, который позволяет обеспечить весьма высокую устойчивость прослоек дисперсионной среды между частицами дисперсионной фазы.

Электростатический и адсорбционно-сольватный механизмы оптимизации структуры системы апробированы при разработке комплексных дефлокулянтов: триполифосфата натрия и суперпластификатора СБ-5 [3]. Высокая эффективность комплексной добавки обусловлена суммированием различных механизмов воздействия компонентов на частицы дисперсионной фазы ВКВС и смесей. Если для минеральных добавок, например жидкого стекла или триполифосфата натрия, разжижение обусловлено образованием двойного электрического слоя (ДЭС), изменением рН дисперсионной среды ВКВС, увеличением значения электрокинетического потенциала, то для органических добавок (СБ-5) характерна адсорбция на поверхности частиц и гидрофилизация за счет наличия в добавках полярных групп. Это сопровождается снижением поверхностного натяжения на границе раздела фаз, что ведет к пептизации частиц (рис. 2).

Установленные закономерности регулирования агрегативной устойчивости системы ВКВС позволяют в первую очередь повысить их седиментационную устойчивость, увеличить объемную концентрацию твердой фазы – это является общим для всех изучаемых систем, а также направленно регулировать реологические свойства.

Принципы проектирования строительных композитов основываются на типоморфных признаках сырьевых компонентов; реологических особенностях модифицированных систем; кинетике уплотнения формовочных систем.

Эффективность применения метода получения ВКВС в традиционных технологиях производства строительных материалов и установленные закономерности регулирования реологических свойств и агрегативной устойчивости при комплексной модификации ВКВС были апробированы при разработке многослойных строительных изделий, теплоизоляционных и жаропрочных пенобетонов, огнеупорных керамобетонов, тонкокерамических систем.

Разработан способ [4, 7] получения многослойных строительных композитов на основе кремнеземосодержащего сырья с применением ВКВС, который позволил упростить, удешевить и существенно повысить эффективность технологического процесса за счет резкого сокращения сроков изготовления многослойных изделий с сохранением и улучшением следующих технико-эксплуатационных характеристик: механической прочности, пористости, плотности, морозостойкости. Кроме того, данный способ получения стеновых изделий позволил использовать в качестве заполнителя для теплоизоляционного материала зернистые материалы низкой плотности. Разработанный способ позволил создать прочную переходную межслоевую контактную зону уже на стадии изготовления изделия и исключить возможность расслоения при формировании изделия, что способство-

вало образованию бездефектной монолитной структуры многослойного изделия.

Из анализа полученных результатов по оптимизации структуры матричной фазы ВКВС становится очевидной перспективность применения формовочных систем типа минерализованных пен с использованием высококонцентрированных суспензий (ВКВС) алюмосиликатного состава для получения жаростойких пенобетонов. В результате выполненного комплекса работ по совершенствованию технологии производства жаростойкого пенобетона [6] удалось более чем в два раза снизить рабочую влажность пеномассы, что позволило полностью решить проблему больших усадочных деформаций отформованных изделий.

Созданы новые виды кремнеземистых керамобетонов типа набивных (вибротрамбованных) или виброналивных огнеупорных масс с повышенной стойкостью. По сравнению со всеми известными кремнеземистыми неформованными огнеупорами полученные массы имеют существенно меньшие (в 1,5–2 раза) показатели пористости и значительно большую (в 2–3 раза) механическую прочность, характеризуются принципиально отличным характером деформации под действием нагрузки, а также более высокой температурой начала деформации под нагрузкой [2, 8]. Экспериментально установлено, что при 1650°C величина деформации в этом случае не превышает 1%.

Повышение эффективности производства тонкокерамических материалов заключается в оптимизации зернового состава исходной суспензии регулированием количества нанодисперсных частиц. Установлена взаимосвязь между способом помола отощающего компонента, линейной усадкой и скоростью образования муллита в тонкокерамических литейных системах. Экспериментальные тонкокерамические массы малоусадочны, что дает преимущество при произ-

водстве изделий из этих масс. Для экспериментальных фарфоро-фаянсовых масс при температуре 1200°C линейная усадка составляет 9% (для базового 15%), для экспериментальных майоликовых масс при температуре 1000°C – 6% (для базового 12,5%) [5].

Полученные данные стали теоретической основой разработки технологий получения многослойных стеновых, теплоизоляционных, огнеупорных и тонкокерамических материалов. Результаты исследований прошли промышленную апробацию и внедрены в производство.

Данная работа выполнялась при финансовой поддержке в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» по лоту «Работы по проведению проблемно-ориентированных поисковых исследований и созданию научно-технического задела в области индустрии наносистем и материалов» по критической технологии «Технологии создания и обработки композиционных и керамических материалов», шифр 2007–3–1.3–24–01–04.

**Список литературы:**

1. *Ливинский Ю.Е.* Керамические вяжущие и керамобетоны. М.: Металлургия, 1990. 270 с.
2. *Череватова А.В.* Кремнеземистые огнеупорные массы на основе пластифицированных высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий. Белгород: Изд. БГТУ. 2005. 151 с.
3. *Шаповалов Н.А., Череватова А.В., Слюсарь А.А.* Комплексная разжижающая органоминеральная добавка для огнеупорных формовочных систем и способ изготовления материалов с ее применением // Патент РФ № 2238921 Оpubл. 27.10.2004. БИ № 30. С. 319.
4. *Череватова А.В., Гащенко Э.О.* Многослойный строительный материал на основе ВКВС кремнеземосодержащего сырья // Строит. материалы. 2006. № 4. С. 22–23.
5. *Шаповалов Н.А., Череватова А.В., Слюсарь А.А. и др.* Возможность получения высокодисперсного отошающего компонента для тонкокерамических систем // Химия и химическая технология. 2004. Т. 47. Вып. 2. С. 14–17.
6. *Череватова А.В., Перетоккина Н.А., Евтушенко Е.И.* О возможности получения жаростойкого пенобетона на основе модифицированной ВКВС алюмосиликатного состава // Сб. трудов Международной научно-технической конференции «Композиционные строительные материалы. Теория и практика». Пенза, 17–18 мая, 2006. С. 298–300.
7. *Череватова А.В., Шаповалов Н.А., Гащенко Э.О.* Способ получения многослойного строительного изделия на основе высококонцентрированной суспензии кремнеземосодержащего сырья (варианты), способ получения формовочной смеси для несущих функциональных слоев изделия (варианты), способ получения теплоизоляционного материала для многослойного строительного изделия, многослойное строительное изделие (варианты) // Заявка на патент РФ. Рег. № 2006122044 от 22.06.2006 г.
8. *Ливинский Ю.Е., Добродон Д.А., Череватова А.В., Ермак Ю.Н.* О влиянии разжижающих добавок на свойства высокоглиноземистых керамобетонов // Новые огнеупоры. 2003. № 6. С. 28–35.



## ООО «Экостройматериалы»

**1. Строительные конструкции из монолитного пенобетона:**

- Теплозвукоизоляция полов;
- Теплоизоляционная оболочка и основание под рулонные кровли;
- Ограждающие конструкции в несъемной опалубке (в т.ч. устройство мансардных кровель);
- Огнезащита металлических конструкций;
- Заполнение пустот строительных конструкций (слоистая кладка, технологические и другие отверстия, земляные работы и т.д.);

**2. Оборудование для производства монолитного пенобетона и мелкоштучных изделий из пенобетона.**

**2.1. Сырьевые материалы:**

- Вяжущее: поргланцемент марки не ниже 400, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 10178-76
- Заполнитель : Песок с  $M_k \leq 2,5$  (возможно применение зол-уноса, шлаков гр. заполнителей сходного состава)
- Пенообразующая добавка: Синтетические пенообразователи Морпен, ТЭАС, Пионер и др. сходного действия
- Вода, удовлетворяющая требованиям ГОСТ 23732-79;
- Добавки –модификаторы свойств пенобетонной смеси

**2.2. Оборудование и получаемый материал:**  
Ячеистый цементный бетон, полученный аэрацией цементного раствора под давлением. Одностадийная технология производства требует применения только одной единицы оборудования – пенобетоносмесителя.

Пенобетоносмеситель совмещает функции трех агрегатов:

- Растворосмеситель;
- Агрегат для аэрации цементно-песчаного раствора;
- Пневокамерный насос для транспортировки пенобетона

Марки по средней плотности: D250, D300, D400, D500, D600, D700, D800, D1000, D1200  
Марки по прочности: В 0.35, В 0.5, В 1, В 1.5, В 2, В 2.5, В 3.5, В 5, В 7.5

**2.3. В продажную стоимость оборудования входит:**

- Отработка технологического регламента производства пенобетона на материалах заказчика
- Обучение рабочего персонала и ИТР заказчика технологии производства, лабораторному анализу и нормативно-правовому обоснованию применения пенобетона в строительстве
- Нормативно-правовая документация

г. Белгород, Михайловское шоссе, 5  
т. (4722) 580748, 89107459590, 89103205849  
[www.penostroy.ru](http://www.penostroy.ru)

Э.О. ГАЩЕНКО, инженер, А.В. ЧЕРЕВАТОВА, канд. техн. наук, Н.В. ПАВЛЕНКО, инженер, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## **Упрочнение безобжиговых материалов посредством химического активирования контактных связей**

Для получения современных строительных материалов существенный интерес могут представлять высококонцентрированные вяжущие системы (ВКВС) [1].

В технологии производства многослойных строительных изделий основными исходными материалами являются кварцевый песок и ВКВС на основе этого песка [2].

В качестве вяжущего для исходных формовочных систем применяли ВКВС с влажностью 12–20% и содержанием частиц менее 5 мкм до 50% с введенными в них модифицирующими добавками, например глинистым компонентом и комплексной органоминеральной добавкой, для улучшения технологических и реологических свойств формовочных систем и придания им необходимой пластичности [3]. Применение модифицирующих добавок позволяет на 45–60% улучшить основные физико-механические характеристики готовых изделий. В технологии рассматривается возможность совместного использования добавок. Высокая эффективность их действия в этом случае обусловлена суммированием различных механизмов воздействия компонентов на частицы дисперсной фазы ВКВС и формовочных смесей. Оптимальное количество глинистого компонента при совместном применении с комплексной органоминеральной добавкой составляет 2–5%.

В качестве заполнителя для функциональных слоев изделий использовали преимущественно техногенные отходы промышленности строительных материалов, а также природное кремнеземистое сырье (пески, кварцитопесчаники).

Для формования изделий применяли метод вибропрессования и метод статического прессования в металлических формах послойно. Формовочная влажность массы составляла 5–10%. После формования изделие подвергали сушке при температуре 80–120°C.

Для большинства многослойных изделий применяли дополнительную операцию по упрочнению, которая заключается в выдержке высушенного материала в щелочной среде.

Сущность технологического принципа получения безобжиговых материалов, основанного на эффекте холодного спекания, состоит в том, что сформованный и высушенный полуфабрикат выдерживают в жидких химически активных по отношению к исходному компоненту средах с последующей сушкой или гидротермальной обработкой [4]. Достижение эксплуатационной прочности в таком материале является результатом упрочнения химическим активированием контактных связей (УХАКС). Основные элементы способа УХАКС включают формирование полуфабриката с достаточно высоким значением плотности и прочности, выбор химически активной среды (вид и концентрация добавки, рН) и режима упрочнения (продолжительность и температура), сушку.

Полуфабрикат, подвергаемый упрочнению по рассматриваемому механизму, обладает капиллярно-пористым строением, развитой поверхностью раздела и по-

вышенной межфазной энергией на поверхности тонкоизмельченных частиц. Благодаря этому обеспечивается сравнительно быстрое насыщение материала раствором и повышенная реакционная способность системы, определяющая кинетику и степень упрочнения. Упрочнение существенно ускоряется по мере повышения дисперсности частиц твердой фазы.

Упрочнение материалов можно объяснить незначительным растворением твердой фазы матрицы с последующим выделением растворенного материала. В поровой структуре кремнеземных или силикатных материалов при выдержке в щелочном растворе происходит растворение  $\text{SiO}_2$  и образование насыщенного раствора кремнекислоты, которая на поверхности матрицы пересаживается в результате поликонденсации.

Следует отметить, что по разработанной технологии удалось в достаточной степени активировать кристаллический  $\text{SiO}_2$ , с тем чтобы получить на его основе водостойкий материал после формования. Как отмечается в литературе [5], тонкодисперсный кристаллический кремнезем даже при давлении прессования 200 МПа не образует водостойкого материала.

В данной работе было изучено влияние механизма УХАКС-упрочнения на основные технологические и физико-механические показатели изделий.

Упрочнение при помощи растворов условно можно разделить на три стадии: насыщения, взаимодействия и сушки [4]. Продолжительность насыщения определяется массой (объемом) полуфабриката, концентрацией (вязкостью) раствора и его температурой.

В качестве щелочной среды применяли раствор жидкого стекла ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) плотностью 1,06–1,08 г/см<sup>3</sup>. Продолжительность упрочнения составляла от 0 (окувание, смачивание) до 30–60 мин в зависимости от вида изделий. Плотность раствора жидкого стекла и продолжительность упрочнения установлены экспериментально, температура упрочняющего раствора 20–25°C.

При определении оптимального времени упрочнения такие характеристики материала, как водопоглощение, пористость и кажущаяся плотность, не определялись. Критерием является предел прочности при сжатии. Как показывают данные, простое окувание в упрочняющий раствор дает увеличение прочности образцов в 1,5 раза. Максимальная прочность образцов достигается через 5 ч выдержки в растворе.

Упрочнение в течение 1 ч позволяет получить образцы с прочностью более 90% от максимальной. На рис. 1 показана кривая роста механической прочности в зависимости от времени упрочнения.

Существует прямая связь скорости упрочнения от температуры раствора и его плотности. Возможна интенсификация упрочнения при увеличении температуры раствора до 30–40°C и плотности раствора до 1,12–1,14 г/см<sup>3</sup>. Дальнейшее повышение температуры раствора нежелательно, так как при этом существенно снижается водостойкость полуфабриката.



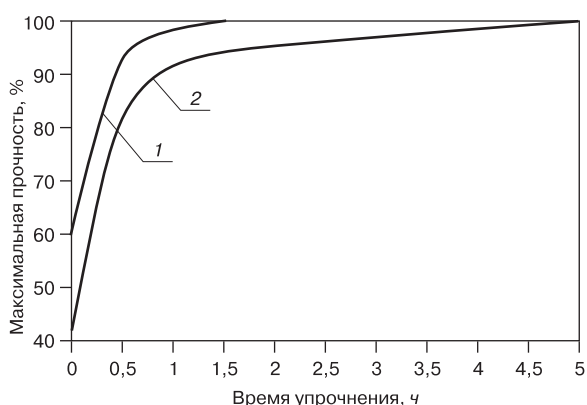


Рис. 1. Зависимость роста механической прочности от времени упрочнения по УХАКС-механизму для образцов материала на основе модифицированной (1) и немодифицированной (2) ВКВС.

Необходимым условием упрочнения материала по УХАКС является достаточно высокая прочность (водостойкость) исходного полуфабриката.

Повышение механической прочности образцов в высушенном состоянии достигается дополнительным введением в формовочную систему небольшой (0,5–1%) добавки порошка тонкоизмельченной силикат-глибы (так называемое объемное упрочнение). Эта операция применялась в основном для крупногабаритных изделий.

Следует отметить, что при низкотемпературной термообработке материала (при температуре выше 800°C) на образцах экспериментального материала, упрочненного по УХАКС-механизму, отмечается существенное понижение пористости, что сопровождается резким ростом показателей механической прочности (до 60 МПа).

Существенное повышение основных прочностных характеристик материала на основе модифицированной ВКВС в результате операции упрочнения связано прежде всего с комплексной оптимизацией структуры матричной фазы системы [6].

Матричная фаза системы на основе модифицированной ВКВС имеет более высокий уровень реакционной способности как на стадии формирования кристаллизационных контактов в самой системе, так и на стадии взаимодействия с зернами заполнителя. Снижение исходной пористости (более плотная структура) как самой матричной системы, модифицированной ВКВС, так и полуфабриката на ее основе безусловно способствует более высокому уровню водостойкости материала.

В настоящей работе изучены особенности кинетики упрочнения формовочных систем на модифицированном вяжущем. Установлено, что по сравнению с аналогичными материалами на основе немодифицированной ВКВС данные системы набирают до 90% прочности в первые 30–40 мин. Механическая прочность упрочненного материала на основе модифицированного вяжущего выше аналога на 40–45% (рис. 1.).

Механизм УХАКС-упрочнения применим и для формовочных систем на основе модифицированной ВКВС, содержащей дополнительно 2% глинистой составляющей. Причем образцы материала на этом вяжущем показали максимальную прочность.

На прочность полуфабриката существенное влияние оказывает исходный состав формовочных систем, прежде всего вид и массовое содержание вяжущего, способ формования и пористость полученного материала.

Для материала с низким до 15% содержанием вяжущего после упрочнения достигается относительно высокое значение прочности при сжатии ( $\sigma_{сж}$ ). Максимальная эффективность упрочнения для виброформованных и прессованных материалов достигается при значениях

$m_b = 24\%$ . Характерно, что при значениях  $m_b$  выше 30% эффект упрочнения резко падает.

Механизм зависимости степени упрочнения от содержания вяжущего при изучении фазового состава и механических свойств виброформованных керамобетонов рассмотрен в работе [4]. По мере концентрирования формовочной системы по объемной доле заполнителя с понижением  $m_b$  уменьшается зазор между зернами заполнителя и соответственно толщина прослойки вяжущего. При достаточно низких значениях  $m_b$  толщина этой прослойки может понижаться до 5–10 мкм. При этом на контактах частиц выжимаются крупные частицы и концентрируются мелкие. Упрочнение существенно ускоряется по мере повышения дисперсности частиц твердой фазы.

На стадии сушки в материале, упрочненном по УХАКС-механизму, происходит изменение видов связей в пространственных структурах от точечных контактов и коагуляционных связей до широкого страстания по межфазовым и межкристаллическим границам, что сопровождается значительным ростом прочности.

Разрушение безобжиговых материалов, упрочненных по рассмотренному механизму, происходит не только по контактными связям, но и по объему исходных зерен. Поэтому при равных значениях пористости прочность материала может быть значительно, в 2–3 раза, выше по сравнению с обжиговыми материалами того же состава. Последнее предположительно объясняется залечиванием дефектов при регенерации растворенной твердой фазы и отсутствием термических напряжений.

При получении материалов на основе ВКВС имеется возможность изготовить высокоплотный материал уже на стадии формования, что в сочетании с упрочнением по УХАКС-механизму позволяет приблизить технологию производства строительных материалов на основе ВКВС к технологии на основе традиционных вяжущих веществ, т. е. минуя обжиг.

Результаты проведенных исследований физико-механических и эксплуатационных свойств образцов многослойного строительного материала подтверждают достаточно высокий уровень технологичности и технико-эксплуатационных характеристик получаемых изделий.

Данная работа выполнялась по гранту Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых МД-2906.2007.8 «Методологические принципы проектирования композиционных вяжущих при использовании нанодисперсных модификаторов с учетом типоморфизма сырья».

#### Список литературы

1. Пивинский Ю.Е. Керамические вяжущие и керамобетоны. М.: Металлургия, 1990. 270 с.
2. Череватова А.В., Гащенко Э.О. Многослойный строительный материал на основе ВКВС кремнеземсодержащего сырья // Строит. материалы. 2006. № 4. С. 22–23.
3. Шаповалов Н.А., Череватова А.В., Слюсарь А.А. и др. Комплексная модифицирующая органоминеральная добавка для алюмосиликатных огнеупорных систем на основе высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий // Химия и химическая технология. 2003. Т. 46, вып. 5. С. 137–140.
4. Пивинский Ю.Е. Теоретические аспекты технологии керамики и огнеупоров. Том 1. СПб: Стройиздат. 2003. 544 с.
5. Щелочные и щелочно-земельные гидравлические вяжущие и бетоны / Под ред. В.Д. Глуховского. Киев. 1979. 232 с.
6. Шаповалов Н.А., Строчкова В.В., Череватова А.В. Оптимизация структуры наносистемы на примере ВКВС // Строит. материалы. 2006. № 9. С. 16–17.

Н.П. КУДЕЯРОВА, канд. техн. наук, М.А. ГОСТИЩЕВА, инженер,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Гидратационная активность минералов сталеплавильных шлаков в автоклавных условиях

В настоящее время в промышленности строительных материалов накоплен определенный опыт эффективного использования отходов и попутных продуктов различных отраслей народного хозяйства, широкое применение которых не только увеличит сырьевые ресурсы строительных материалов, но и позволит ликвидировать значительные непроизводственные затраты на сооружение и эксплуатацию отвалохранилищ, очистных сооружений и т. д. К числу таких отходов относятся металлургические шлаки, количество которых ежегодно увеличивается. На Оскольском электрометаллургическом комбинате ежегодно попадает в отвалы до 500 тыс. т шлака, доля использования которых очень низка.

Из литературных данных известно, что в зависимости от химического состава и условий охлаждения кристаллические шлаки могут содержать силикаты кальция в виде различных модификаций белита, ранкинита, псевдоволластонита, мелилита, оксид магния, железосодержащие минералы и оксиды и гидроксиды кальция и магния в свободном состоянии. Содержание белито-

вой фазы в шлаках может колебаться от 30 до 60%, что делает их весьма перспективным сырьем для производства строительных материалов [1–3].

Минералогический состав сталеплавильных шлаков Оскольского электрометаллургического комбината представлен двухкальциевым силикатом, оксидами магния и железа, кварцем и др. Шлак преимущественно состоит из рассыпающегося  $\gamma$ - $C_2S$  (40–50%), характеризующегося низкой гидратационной активностью, и  $MgO$  в виде периклаза (20–30%). Поэтому для использования сталеплавильных шлаков как компонента сырьевой смеси при получении вяжущих веществ необходима активизация  $\gamma$ - $C_2S$ , образующегося в результате полиморфного превращения  $\beta$ - $C_2S$  при охлаждении шлака. Полиморфные изменения могут проходить не полностью, и тогда в шлаках присутствуют  $\beta$ - и  $\gamma$ -модификации. Модификация  $\gamma$ - $C_2S$  практически инертна и не может обеспечить необходимой прочности изделий при нормальных условиях твердения;  $\beta$ - $C_2S$  гидратируется медленно. Одним из способов активизации гидратации обеих модификаций следует рассматривать автоклавную обработку [4].

На гидратационную активность  $\beta$ - и  $\gamma$ - $C_2S$  при твердении сталеплавильных шлаков как компонента сырьевой смеси для производства автоклавных материалов влияют известь и кварцевый песок. Наличие извести приводит к увеличению pH раствора, а  $SiO_2$  – к снижению. При совместном их присутствии происходит взаимодействие с образованием гидросиликатов кальция, и pH раствора нейтрализуется.

В работе исследовалось влияние оксидов кальция и кремния на гидратационную активность как отдельных модификаций  $C_2S$ , так и при их совместном присутствии. Для этого из химических реактивов в лабораторной печи при температуре 1425°C были синтезированы  $\beta$ - $C_2S$  и  $\gamma$ - $C_2S$ . Известковый компонент вводили в виде химического реактива  $CaO$ , кремнеземистый – в виде кварцевого песка с содержанием кварца 98% и удельной поверхностью 300 м<sup>2</sup>/кг. Исследование активности фаз проводилось на малых образцах пластичной консистенции нормальной густоты. Автоклавную обработку по режиму 2-6-2 осуществляли при температуре насыщенного водяного пара 183°C. Результаты исследования вяжущих свойств  $\beta$ - $C_2S$  и  $\gamma$ - $C_2S$  и их смесей представлены в табл. 1 и 2.

Процесс гидратации  $\beta$ - $C_2S$  и  $\gamma$ - $C_2S$  в гидротермальных условиях подтверждается потерями при прокаливании и результатами рентгенофазового анализа. По результатам рентгенофазового анализа продуктами гидратации  $\gamma$ - $C_2S$  является гидросиликат типа  $C_2SH(C)$  (дифракционные максимумы  $d = 2$  и 1,817 Å). На рентгенограмме гидратированного  $\beta$ - $C_2S$  фиксируются гидросиликаты  $C_2SH(A)$  и  $C_2SH(B)$  (дифракционные отражения  $d = 3,033, 1,991$  и 1,92 Å). Отмечается также снижение высоты и интенсивности дифракционных максимумов  $\gamma$ - $C_2S$  ( $d = 1,914, 1,886$  Å) и  $\beta$ - $C_2S$  ( $d = 2,618, 2,196$  Å).

Гидратация  $\beta$ - $C_2S$  сопровождается образованием незначительного количества гидроксида кальция, это

Таблица 1

Состав вяжущего, мас. %				Свойства вяжущего	
$\beta$ - $C_2S$	$\gamma$ - $C_2S$	CaO	Кварцевый песок	CaO <sub>своб.</sub> , мас. %	Предел прочности при сжатии, МПа
100	–	–	–	следы	11
98,7	–	1,3	–	0,7	18
95	–	5	–	5,7	18
90	–	10	–	8,6	17
48,7	–	1,3	50	0	67
45	–	5	50	0	61
–	100	–	–	0	3
–	98,7	1,3	–	2,1	7
–	95	5	–	4,6	9
–	90	10	–	9,9	9
–	48,7	1,3	50	0	53
–	45	5	50	0	90

Таблица 2

№ состава	Состав вяжущего, мас. %			Свойства вяжущего	
	$\gamma$ - $C_2S$ + $\beta$ - $C_2S$	известь	песок	CaO <sub>своб.</sub> , мас. %	Предел прочности при сжатии, МПа
1	45	5	50	0	58
2	40	10	50	0,7	26
3	–	50	50	12,5	23

подтверждается изменением (12,09) pH жидкой фазы. Известно, что увеличение температуры процесса гидратации при нагревании до 90°C приводит к уменьшению pH раствора за счет снижения растворимости  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (pH = 11,78) [5]. Наличие кварца в смеси снижает pH раствора до минимального значения 10,82 при нормальной температуре и до 9,95 – при 90°C. Жидкая фаза гидратированного  $\gamma\text{-C}_2\text{S}$  также имеет щелочной характер, но меньшей величины, это позволяет предположить, что при гидратации выделяется  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

При добавлении извести к минералам некоторая часть  $\text{CaO}$  связывается в гидросиликаты кальция, значительная часть остается в свободном состоянии. Продукты гидратации  $\text{C}_2\text{S}$  представлены высокоосновными гидросиликатами  $\text{C}_2\text{SH}(\text{B})$ ,  $\text{C}_2\text{SH}(\text{A})$ ,  $\text{C}_2\text{SH}(\text{C})$ , присутствуют  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  и частично негидратированные  $\beta\text{-C}_2\text{S}$ ,  $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ . Прочность образцов при этом повышается в 1,5–2 раза.

Наличие в смеси  $\text{CaO}$ , и особенно  $\text{SiO}_2$ , способствующей образованию низкоосновных гидросиликатов кальция, приводит к росту прочности вяжущего на основе  $\beta\text{-C}_2\text{S}$  от 11 до 60 МПа и выше. Значительный рост прочности отмечается на образцах из  $\gamma\text{-C}_2\text{S}$  с 5% содержанием извести (до 90 МПа). По данным химического и рентгенофазового анализа, в вяжущих не обнаружено свободной  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , а также  $\beta\text{-C}_2\text{S}$  и  $\gamma\text{-C}_2\text{S}$  вследствие их полной гидратации. В автоклавных условиях возрастает растворимость кварцевого песка, что наряду с повышением степени гидратации белитовой составляющей и количества высокоосновных гидросиликатов кальция приводит к их переходу в низкоосновные гидросиликаты типа  $\text{CSH}(\text{B})$ , тоберморит ( $d = 3,089, 2,051 \text{ \AA}$ ) и ксонотлит ( $d = 2,827, 2,515 \text{ \AA}$ ). Ввиду низкого содержания известкового компонента в смеси и интенсивного образования высокоосновных гидросиликатов кальция как продуктов гидратации фазы двухкальциевого силиката доля низкоосновных гидросиликатов будет значительно ниже. Однако общее количество гидросиликатов кальция увеличивается, что приводит к росту прочности всех исследуемых составов.

Термографическими исследованиями подтверждено наличие гидросиликатов кальция в исследуемых составах вяжущего. Большой эндоэффект, характерный для тоберморита, и потери массы при 240°C наблюдаются для вяжущего на основе  $\beta\text{-C}_2\text{S}$ , это является подтверждением образования низкоосновного гидросиликата кальция как в результате взаимодействия вводимой извести и кварцевого песка, так и при взаимодействии  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  как продукта гидратации  $\beta\text{-C}_2\text{S}$  с кварцем песка. Для вяжущего, содержащего  $\gamma\text{-C}_2\text{S}$ , отмечены значительные потери массы при дегидратации  $\text{C}_2\text{SH}_2$  в интервале 300–400°C;  $\text{C}_2\text{SH}(\text{A})$  – в интервале 450°C, а также  $\text{C}_2\text{SH}(\text{B})$  – в интервале 640°C, что свидетельствует об образовании большого количества названных фаз по сравнению с новообразованиями в вяжущем на основе  $\beta\text{-C}_2\text{S}$ . Увеличенный экзоэффект кристаллизации волластонита при 800°C в этом случае является этому подтверждением. Различия фазового состава гидратных фаз и их количества способствуют повышенным значениям прочности вяжущего, содержащего  $\gamma\text{-C}_2\text{S}$  (до 90 МПа).

В смеси  $\beta\text{-C}_2\text{S} + \gamma\text{-C}_2\text{S}$  (соотношение 1 : 1) оптимальная добавка извести составляет 5%. Такая композиция характеризуется повышенной (58 МПа) прочностью при полном связывании оксида кальция, что более чем в 2 раза превышает прочностные показатели традиционного известково-песчаного вяжущего (состав 3, табл. 2), что является следствием формирования большого количества как низкоосновных, так и высокоосновных гидросиликатов кальция.

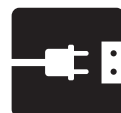
Результаты исследований показали повышение гидратационной активности  $\beta\text{-C}_2\text{S}$  и  $\gamma\text{-C}_2\text{S}$  при автоклав-

ной обработке. Наличие в смеси оксида кальция активизирует процесс гидратации модификаций двухкальциевого силиката. При совместном присутствии оксидов кальция и кремния в смесях как с  $\beta\text{-C}_2\text{S}$ , так и с  $\gamma\text{-C}_2\text{S}$  обеспечивается полная гидратация модификаций двухкальциевого силиката при соотношении  $\text{C}_2\text{S}$ : кварцевый песок = 1 : 1 и увеличение количества новообразований, что приводит к росту прочности вяжущего. Таким образом, меняя состав и концентрацию жидкой фазы в условиях автоклавной обработки, возможно ускорять гидратацию модификаций двухкальциевого силиката и получить на их основе вяжущее высокой прочности.

Результаты выполненных исследований позволяют эффективно использовать шлак электросталеплавильного производства для получения строительных материалов автоклавного твердения.

#### Список литературы

1. Волженский А.В., Буров Ю.С., Виноградов Б.Н., Гладких К.В. Бетоны и изделия из шлаковых и зольных материалов. М.: Стройиздат. 1969. 392 с.
2. Гориков В.С., Александров С.Е., Иващенко С.И. Использование металлургических шлаков в промышленности строительных материалов // Журнал Всесоюзного химического общества им. Менделеева. Т. XXVII. 1982. № 5. С. 566–568.
3. Дроздов А.А., Шилова И.А., Классен В.К., Текучева Е.В. Характеристика шлака Оскольского электрометаллургического комбината // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2005. № 10. С. 344–347.
4. Боженков П.И. Технология автоклавных материалов. Л.: Стройиздат. 1978. 367 с.
5. Бутт Ю.М., Рашкович Л.Н. Твердение вяжущих при повышенных температурах. М.: Стройиздат. 1965. 223 с.



## 14-я ВЫСТАВКА

энергоэффективных технологий  
**ВАШЕ ЖИЛИЩЕ**

**24 - 26 октября 2007**  
**Ярославль**

Выставка - в рамках всероссийской конференции  
"Основные проблемы и механизмы реализации программы "Модернизация ЖКК""

#### Разделы выставки:

- строительные материалы и конструкции
- средства теплозащиты зданий
- оборудование для тепло-, водо-, газо- и энергосбережения
- инженерное оборудование и системы
- системы очистки воды и воздуха
- строительные машины и механизмы

**На сайте:** • списки участников-2006, 2005  
• программа конференции  
• тезисы докладов • фото с выставки

**Оргкомитет:** (4852) 45-06-46, 73-28-87  
E-mail: info@energo-resurs.ru  
Сайт выставки: www.energo-resurs.ru

Л.Д. ШАХОВА, Е.С. ЧЕРНОСИТОВА, кандидаты техн. наук, Д.В. ГОНЧАРОВ, инженер, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Сопоставление расчетных и экспериментальных значений теплопроводности пенобетонов

Качество любого теплоизоляционного материала характеризуется совокупностью показателей, наиболее важным из которых с точки зрения функционального назначения является теплопроводность. При рассмотрении влияния пористости материала на теплопроводность необходимо учитывать общую пористость, величину пор и степень их замкнутости.

Зависимость коэффициента теплопроводности ячеистых бетонов от среднего диаметра пор и средней плотности материала в сухом виде имеет сложный характер [1].

Степень влияния каждого из указанных факторов можно проиллюстрировать нижеприведенной графоаналитической зависимостью (рис. 1), из которой видно, что плотность и размер пор оказывают неравнозначное по степени влияние на теплопроводность.

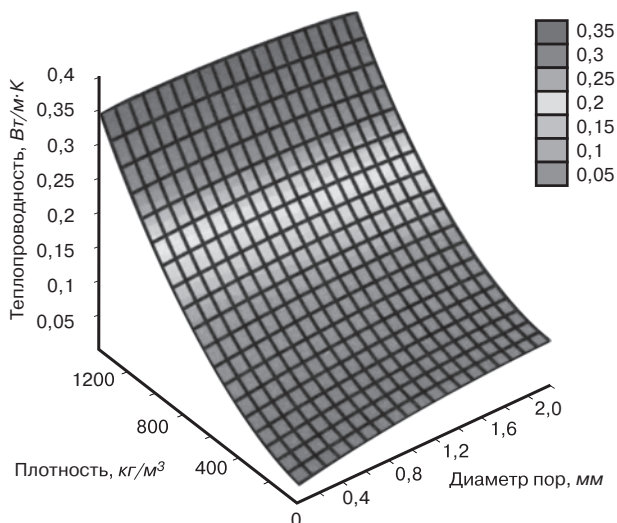


Рис. 1. Графоаналитическая зависимость теплопроводности пенобетона от плотности и размера пор

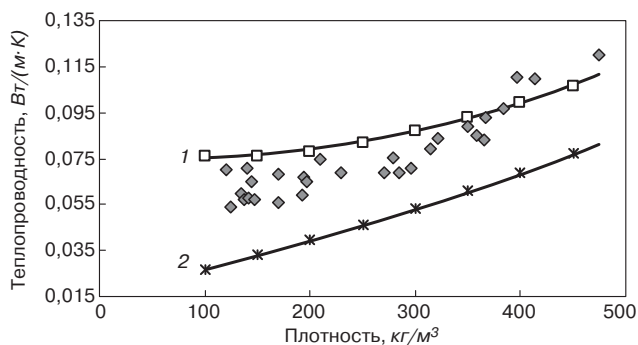


Рис. 2. Результаты испытания теплопроводности образцов пенобетона: 1 – теоретические значения теплопроводности для структур ячеистого бетона с размером пор 2 мм; 2 – теоретические значения теплопроводности для структур ячеистого бетона с размером пор 0,1 мм; ♦ – экспериментальные данные

Это подтверждают и рассчитанные коэффициенты уравнения регрессии:

$$\lambda_0 = 0,0272 + 0,0323 \cdot d + 0,05 \cdot \rho - 0,0063 \cdot d^2 - 0,0093 \cdot d \cdot \rho + 0,1275 \cdot \rho^2.$$

Значение свободного члена уравнения 0,0272 Вт/(м·К) близко к значению теплопроводности воздуха при температуре 10°С. Интервал варьирования для плотности выше 500 кг/м³ принят равным 100 кг/м³. С увеличением плотности и размера пор теплопроводность увеличивается.

Разброс значений теплопроводности при конкретном значении плотности обусловлен изменением размера пор: чем больше плотность, тем меньше влияет размер пор на теплопроводность.

Получение оптимальной пористой структуры является основной задачей в формировании строительно-технических характеристик теплоизоляционного пенобетона.

Таблица 1

Технология получения	Плотность, кг/м³	Наименьший и наибольший диаметр, мм	Средний диаметр, мм	Теплопроводность, Вт/(м·К)
Технология с поризатором фирмы «Сотим»	193	0,5–3,5	2	0,059
Кавитационная технология	194	2,5–7,5	5	0,067
Технология с поризатором фирмы «Сотим»	197	0,5–3	1,75	0,065
Технология с поризатором фирмы «Сотим»	230	0,5–3	1,75	0,069
Кавитационная технология	279	0,8–3	1,9	0,071
Кавитационная технология	284	1–5	3	0,069
Кавитационная технология	321	1–4	2,5	0,084
Кавитационная технология	358	2–5,5	3,75	0,085
Кавитационная технология	367	1,5–6,5	4	0,093
Кавитационная технология	376	1,5–6	3,75	0,094
Баротехнология	384	0,2–1,5	0,85	0,097
Баротехнология	397	0,2–1,5	0,85	0,127

Таблица 2

№ образца*	Теплопроводность, Вт/(м·К)	Средневзвешенный диаметр пор, мм	Модальность пор
1	0,085	1,45	0,1; 0,5; 1,3
2	0,093	0,45	0,2; 0,45; 0,7
3	0,074	0,86	0,5; 1,3
4	0,069	0,71	0,2; 1; 1,7
5	0,056	0,92	0,2; 1; 2
6	0,059	1,17	0,1; 1

\* Образцы 1, 3, 5 приготовлены с использованием пенообразователя «Тугоген», образцы 2, 4, 6 – с использованием пенообразователя «Неопор».

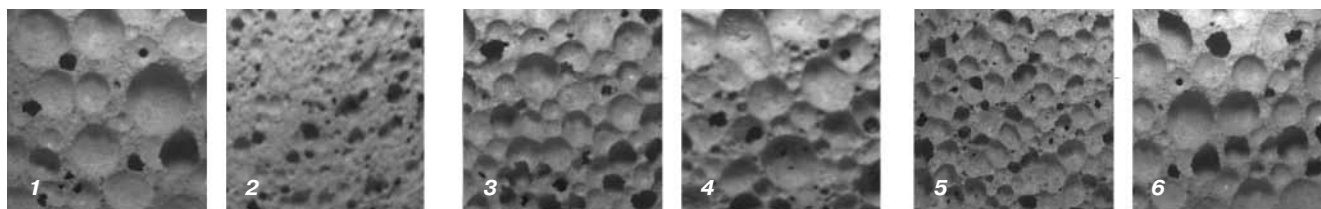


Рис. 3. Пористая структура образцов пенобетона, приготовленных с использованием пенообразователей: 1, 3, 5 – «Тугоген»; 2, 4, 6 – «Неопор». Увеличение  $\times 10$ . В/Ц=0,5,  $\rho=315 \text{ кг/м}^3$  (1, 2); В/Ц=0,65,  $\rho=270\text{--}280 \text{ кг/м}^3$  (3, 4); В/Ц=0,7,  $\rho=170 \text{ кг/м}^3$  (5, 6).

При выборе теплопроводности материала в качестве критерия оптимальности необходимо учитывать также прочность получаемого материала. Согласно проведенным ранее исследованиям, поровая структура пеноцементной смеси во многом определяет конечную пористость пенобетона и зависит от характеристик пенообразователя. Кроме того, практические значения теплопроводности в большей степени зависят от технологии получения пенобетона. Для проверки влияния вида технологии на теплопроводность пенобетона были отобраны образцы, изготовленные в производственных условиях по разным технологическим схемам. Образцы имели разные показатели плотности и размеры пор. Размер пор определяли по фотографическим изображениям поверхности скола образцов. Теплопроводность пенобетонных образцов определяли по ГОСТ 7076–99 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме» на приборе ИТП-МГ-4 на образцах размерами  $100 \times 100 \times 15 \text{ мм}$ .

На рис. 2 приведены две кривые, образующие между собой область, в которую согласно выполненным теоретическим расчетам должны попадать значения теплопроводности реальных пенобетонных образцов с размерами ячеек 0,1–2 мм. Визуальные наблюдения пористой структуры показывают, что большинство образцов имеет поры 0,1–2 мм. Следует отметить, что область, ограниченная этими двумя кривыми, с понижением плотности расширяется: чем ниже плотность пенобетона, тем сильнее его теплопроводность зависит от параметров пористости, в частности от размера воздушных пор.

Практически все полученные экспериментальным путем точки лежат между указанными кривыми, что свидетельствует о хорошем согласовании теоретических и экспериментальных данных. Приведенная графическая зависимость отражает существенное влияние размера пор на теплопроводность пенобетона при низких плотностях и еще раз подтверждает необходимость формирования мелкопористой структуры с равномерным распределением замкнутых пор для получения материала с высокими теплоизоляционными свойствами.

Для определения влияния вида пенообразователя на теплопроводность пенобетонных образцов в лабораторных условиях были получены образцы по кавитационной технологии. Для реализации эксперимента применялись белковые пенообразователи «Неопор» и «Тугоген» и синтетический «Пеностром».

На синтетическом пенообразователе в ходе эксперимента не удалось получить материал с такой структурой и плотностью, как на белковых пенообразователях при соответствующих водоцементных отношениях. Результаты показали очевидное влияние вида пенообразователя на структуру поризованного камня.

На рис. 3 приведены фотографии структуры образцов на сколе.

Форма пор в полученных образцах пенобетона в большинстве случаев была сферической. Данные подсчетов средневзвешенного диаметра и модальность пор указаны в табл. 2. Очевидно, что кроме среднего значения диаметра пор на теплопроводность оказывает влияние распределение пор по размерам и пористость межпорового цементного камня.

Проведенные исследования показали, что вид пористой структуры пенобетона зависит от природы применяемого пенообразователя и технологических параметров приготовления смеси. Пенобетон на белковых пенообразователях характеризуется более равномерным распределением пор по размерам, меньшим размером ячеек, имеет сплошные межпоровые перегородки и замкнутые ячейки. В пенобетоне на синтетическом пенообразователе чаще встречаются крупные поры и соединяющие их каналы в межпоровых перегородках. Для получения материала с хорошими теплоизоляционными свойствами нужно стремиться к получению мелкопористых структур с равномерным распределением замкнутых пор.

#### Литература

1. Чудновский А.Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов. М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит-ры. 1962. 456 с.



## Пенобетонные технологии СОТИМ

- ◆ Линии по производству пенобетонных блоков (до  $150 \text{ м}^3/\text{сутки}$ )
- ◆ Мобильный комплекс «Пенобетон МК-1»
- ◆ Автоматизированный резательный комплекс АРАП «Сочи-5»

---

ООО «Пенобетонные технологии СОТИМ»  
Тел.: (4725) 42-17-05, (910)745-62-38  
E-mail: s7456238@yandex.ru www: www.fconcrete.com

## Как выбрать технологию для производства пенобетона и повысить его качество

Эти вопросы обсуждали участники научно-практической конференции «Пенобетон-2007», которая состоялась в Санкт-Петербурге 19–21 июня 2007 г. Хорошо известное специалистам мероприятие, ранее базировавшееся в Белгороде, сменило дислокацию. В этом году организатором конференции выступила кафедра инженерной химии и естествознания Петербургского государственного университета путей сообщения.

В работе конференции приняли участие около 90 ученых – преподавателей вузов (из них более 30 человек сотрудники ПГУПС), руководителей и специалистов научно-исследовательских институтов, предприятий и фирм – разработчиков и производителей пенобетона, оборудования для его производства и химических добавок.

Важным отличием прошедшего мероприятия стало существенное усиление научной составляющей программы. Из 24 заслушанных докладов 10 были сделаны докторами технических наук. В пяти докладах свои работы представили аспиранты. Производственники выступили с тремя докладами.

Уже ни для кого не секрет, что для получения пенобетона высокого качества и расширения области его применения необходимо тщательно выбирать компоненты сырьевой смеси, подбирать состав с учетом используемого сырья и технологических особенностей оборудования, неукоснительно соблюдать технологию приготовления пенобетона на всех переделах до набора требуемой прочности.

С каждым годом знания о пенобетоне как материале и различных факторах, влияющих на его качество, расширяются и углубляются. В настоящее время ученые нашли пути прогнозирования свойств и управления ими на уровне молекул и атомов.

Тон конференции задал доклад **Л.Б. Сватовской**, д-ра техн. наук, заведующей кафедрой инженерной химии и естествознания ПГУПС, представившей развитие фундаментальных научных основ свойств пенобетона на современном этапе. Лариса Борисовна отметила, что сама структура пенобетона обуславливает ряд проблем, неприсущих плотным материалам. Например, высокая дисперсность наполнителя и снижение степени гидратации цемента в присутствии пены создают препятствия для достижения высоких показателей прочности, теплозащитности, трещиностойкости, долговечности и др.

Помочь в решении комплекса этих проблем может знание фундаментальных основ строения твердых веществ, участвующих в формировании пенобетона на вяжущей основе, и их свойств. К фундаментальным физико-химическим свойствам веществ относятся энthalпия (энергосодержание)  $\Delta H_{298}^0$ , молярные массы, акцепторные свойства катионов и др.

Понижение энергосодержания в ходе реакции свидетельствует о переходе энергии химического процесса в прочность,

выделенная энергия также информирует об изменении теплопроводности системы.

Введение или образование твердых фаз с пониженным энергосодержанием повышает прочность и трещиностойкость системы с одновременным понижением теплопроводности.

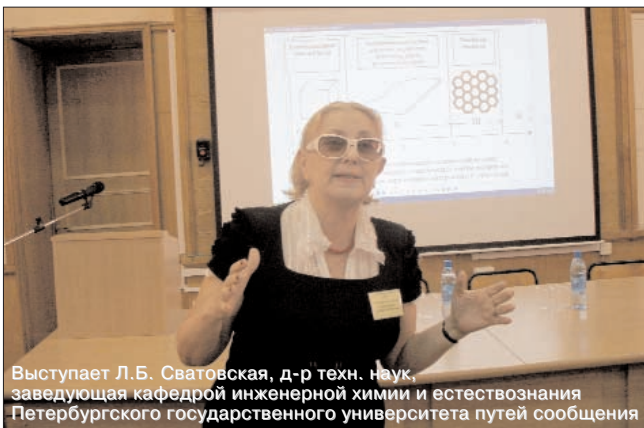
Повышение молярных масс неорганических веществ и усложнение состава повышает уровень выделившейся энергии, что также свидетельствует о повышении прочности и трещиностойкости.

Акцепторная способность катиона может быть оценена по орбитальной электроотрицательности и способствует упрочнению контакта на границе раздела фаз матрица – дисперсная среда.

Эти знания помогают объяснить те или иные свойства пенобетона, а также прогнозировать их и даже создавать новые технологии. Например, минимальным энергосодержанием в цементных композитах обладает тоберморит ( $C_5S_6H_5$ ). Следовательно, следует использовать технологии, обеспечивающие накопление этого гидросиликата, так как это должно способствовать снижению теплопроводности полученных материалов при прочих равных условиях. Примером такой технологии является автоклавная, что объясняет пониженную теплопроводность автоклавного пенобетона.

Эффективным способом повышения прочности цементной матрицы, следовательно, и массива пенобетона может стать разрядно-импульсное воздействие на цементную дисперсию. Об этих исследованиях доложил **М.С. Гаркави**, д-р техн. наук, заведующий кафедрой строительных материалов Мангитогорского государственного технического университета. Он отметил, что эффективность применения разрядно-импульсного воздействия на вяжущие системы определяется их приложением в оптимальные сроки, определяемые структурным состоянием этих систем. Разрядно-импульсное воздействие наиболее эффективно на такой стадии существования коагуляционной структуры, когда жидкая фаза в ней является непрерывной. Степень восприимчивости цементных паст к разрядно-импульсному воздействию возрастает с увеличением водоцементного отношения, что объясняется увеличением содержания основной токопроводящей фазы – воды.

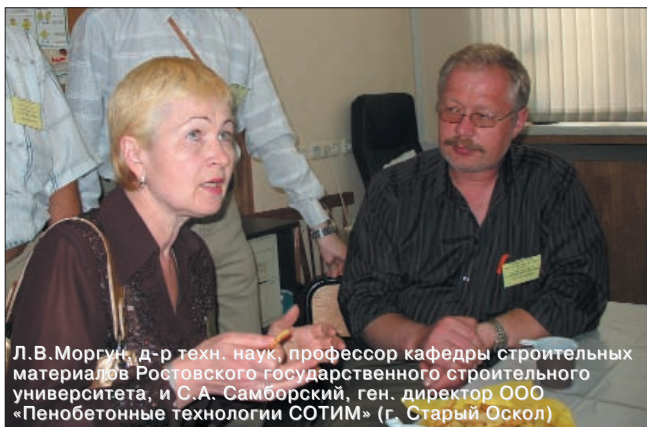
Исследования показали, что наибольший прирост прочности цементного камня достигается при осуществлении раз-



Выступает Л.Б. Сватовская, д-р техн. наук, заведующая кафедрой инженерной химии и естествознания Петербургского государственного университета путей сообщения



В.Д. Васильев, д-р техн. наук, ген. директор ООО «Ассоциация делового сотрудничества СОВБИ»; Г.А. Верега, ген. директор ООО «НПО Промбетон»; В.Я. Соловьева, д-р техн. наук, профессор кафедры инженерной химии и естествознания



Л.В. Моргуш, д-р техн. наук, профессор кафедры строительных материалов Ростовского государственного строительного университета, и С.А. Самборский, ген. директор ООО «Пенобетонные технологии СОТИМ» (г. Старый Оскол)



М.С. Гаркави, д-р техн. наук, заведующий кафедрой строительных материалов Магнитогорского государственного технического университета, и Ю.В. Никифоров, канд. техн. наук, главный редактор журнала «Цемент и его применение»

рядно-импульсного воздействия в течение 10–20 минут после затворения, а число импульсов соответствует кажущейся энергии активации процесса структурообразования. Применение разрядно-импульсного воздействия в технологии пенобетона обеспечивает повышение его прочности на один класс и снижение теплопроводности на 13–15%.

Однако передовые научные исследования не сразу находят применение в массовом производстве, а рынок требует эффективных технологий. По различным оценкам число российских организаций, предлагающих пенобетонные технологии, за последние 10 лет выросло в 10–15 раз. Предприниматели и организации, решившие создать пенобетонное производство, сталкиваются с обилием предложений.

Блестящий доклад о перспективах применения пенобетона и выборе технологии для его производства сделал **С.А. Самборский**, генеральный директор ООО «Пенобетонные технологии СОТИМ» (г. Старый Оскол Белгородской обл.). Сергей Анатольевич отметил, что каждый из существующих способов производства пенобетона имеет свои технологические преимущества, но ни один не имеет существенных преимуществ перед другими по значениям средней прочности и плотности получаемого пенобетона. Успех при производстве пенобетона зависит в первую очередь от экономического эффекта от данного вида деятельности, простоты и надежности функционирования оборудования. При этом следует иметь в виду, что при одном и том же качестве и количестве сырьевых компонентов оптимизация технологии может обеспечить повышение прочности пенобетона в 1,5–2 раза, а также улучшение других показателей.

На какие же параметры необходимо обращать внимание при выборе технологии производства пенобетона?

**Цена оборудования.** Отдельный агрегат для получения пенобетона стоит от 75 тыс. р. Полная технологическая линия по выпуску пенобетонных блоков с высокой производительностью обойдется в 8–15 млн р. Рассчитывайте свои ресурсы.

**Производительность.** Очевидно, что чем выше производительность, тем ниже себестоимость. К паспортным данным по производительности следует относиться критически, они могут быть существенно завышены. При этом не обязательно производитель оборудования намеренно вводит клиента в заблуждение, чаще производительность рассчитывается исходя из их «идеального» времени цикла приготовления порции поризованной смеси.

**Декларируемая плотность пенобетона.** При производстве пенобетонных блоков плотностью выше  $500 \text{ кг/м}^3$  на качество продукции будут влиять в основном применяемые сырьевые компоненты и культура производства. Возможность производства блоков плотностью  $400 \text{ кг/м}^3$  и менее обычно остается «на бумаге» или требует дорогостоящих компонентов и технологических приемов.

**Геометрия блоков.** При литьевой технологии соблюдение геометрических размеров блоков может быть обеспечено при использовании форм из листового металла толщиной не менее 3 мм с хорошей смазкой. При этом плотность блоков долж-

на быть не менее  $500 \text{ кг/м}^3$ . При использовании резательной технологии следует учитывать массу нюансов. Докладчик привел более 20, касающихся резательных машин со струнами, ленточными пилами и цепями.

**Себестоимость пенобетона.** При производстве пенобетона основными статьями затрат являются стоимость цемента и заработная плата обслуживающего персонала. Следует помнить, что экономия на цементе не должна сопровождаться снижением прочности изделий. Экономически оправдана выработка на одного работающего  $5\text{--}10 \text{ м}^3$ /смену. Проверить данный параметр можно по технологической карте или при личном посещении производства, работающего по рассматриваемой технологии.

Очевидно, что выбор технологии, соответствующей входным параметрам инвестиционного проекта (сумма, на которую рассчитывает инвестор, имеющиеся в его распоряжении сырьевые компоненты и их доступность, наличие квалифицированного персонала, рыночная ситуация, конкурентная среда и т. д.) требует или глубоких, разносторонних знаний предмета инвестором, или консультации квалифицированного специалиста. Распространенное мнение, что пенобетон – это просто, обанкротило не одну сотню энтузиастов.

Для производителей пенобетона основным ориентиром в соотношении цена/качество являются показатели для газо-силикатных блоков автоклавного твердения, составляющих основную конкуренцию на рынке материалов для заполнения ограждающих конструкций. При постоянном росте цен на цементные вяжущие вопрос о конкурентоспособности пенобетона стоит все острее. Поэтому научные разработки, которые могут обеспечить повышение прочностных и других эксплуатационных характеристик пенобетона, представляют несомненный практический интерес, они должны быть максимально быстро внедрены в массовое производство.

Однако многие уже имеющиеся весьма эффективные решения так и остаются в научных лабораториях. С одной стороны, ученые уделяют недостаточно внимания пропаганде и продвижению своих работ, результаты которых публикуются в сборниках трудов научных конференций, вузовских вестниках и других малотиражных изданиях.

С другой стороны, производители оборудования и производственников по разным, в том числе и объективным, причинам не готовы инвестировать в доведение научных работ до промышленных технологий, а промежуточных звеньев в этой цепочке не осталось.

Научно-практические конференции – формат общения специалистов, который трудно переоценить. Тем более важно, чтобы на них присутствовали производители пенобетона, предприниматели, которые собираются организовать его производство. Только нерушимый союз науки и практики позволит реализовать последние достижения материаловедения в эффективные и надежные технологии.

**Е.И. Юмашева,**  
инженер химик-технолог

КОЛЛЕГИ



**К 85-летию И.Г. Лугининой**

*Редакция и редакционный совет поздравляют с 85-летием доктора технических наук, профессора кафедры технологии цемента и композиционных материалов Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова, заслуженного деятеля науки РСФСР Ию Германовну Лугинину.*

И.Г. Лугинина родилась 3 сентября 1922 г. в г. Халтурине Кировской обл. В 1947 г. окончила Ленинградский химико-технологический институт им. Ленсовета.

В 1952 г. она защитила кандидатскую диссертацию по теме «Влияние весьма высоких температур на образование клинкерных минералов и портландцементного клинкера». В 1968 г. защитила докторскую диссертацию по теме «Влияние режима обжига и минерализаторов на декарбонизацию и клинкерообразование».

С 1952 по 1973 г. И.Г. Лугинина работала в Казахском химико-технологическом институте. С 1973 г. работает в БГТУ им. В.Г. Шухова. И.Г. Лугинина подготовила

29 кандидатов и 5 докторов технических наук.

Основные интересы научной деятельности направлены на раскрытие химической сущности эффективности каталитических добавок в силикатной технологии и использование техногенных материалов при минимальных затратах энергии, взаимную нейтрализацию примесей в цементном сырье и осуществлении первичного контакта реагентов. И.Г. Лугинина является автором более 300 научных работ, более 60 изобретений и 4 патентов.

Заслуги И.Г. Лугининой высоко оценены правительством. Она награждена орденами Трудового Красного Знамени, «Знак Почета», медалями «За трудовую доблесть», «За доблестный труд к 100-летию В.И. Ленина», «Ветеран труда», «50-летия Победы в Великой Отечественной войне» и другими наградами.

*Редакция и редакционный совет журнала, коллеги желают Ию Германовне Лугининой крепкого здоровья, неиссякаемой энергии и дальнейших творческих успехов.*

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**Корпорация «ТехноНИКОЛЬ» разработала технологию создания наплавляемых мембран**

Технология MICRO-PROFILE-SYSTEM® разработана специалистами научно-исследовательского центра Корпорации «ТехноНИКОЛЬ». Суть технологии заключается в том, что нижний слой материала рассекается продольными каналами глубиной 1,2–1,5 мм. При наплавлении это позволяет одновременно нагревать площадь поверхности на 60–100% больше, чем на стандартном материале. После микропрофилирования нижний слой покрывается специальной легкосгораемой пленкой. Таким образом, часть пленки (30–50%) проходит над каналами и имеет воздушную прослойку между поверхностью материала. Благодаря этому сгорание пленки происходит гораздо быстрее и скорость наплавления материала увеличивается.

Индикаторный рисунок на пленке позволяет визуально контролировать процесс готовности материала к наплавлению. Все вместе значительно уменьшает время воздействия высокой температуры пламени газовой горелки на материал и делает пережог материала практически невозможным. Кроме того, эта технология позволяет более качественно наплавлять материалы с помощью тепловых фенов и инфракрасных агрегатов.

Ключевые преимущества применения этой технологии заключаются в увеличении скорости укладки материала на 25–30%, в снижении расхода газа на 1 м<sup>2</sup> материала на 25–30%. Первый материал с использованием этой технологии Техноэласт-Супер выпущен на заводах компании в Рязани и г. Выборге (Ленинградская обл.).

По материалам пресс-службы  
Корпорации «ТехноНИКОЛЬ»

**Материалы URSA GLASSWOOL одобрены к применению в навесных фасадах высотных зданий**

Специалистами НИИ строительной физики (НИИСФ) впервые в отечественной строительной практике сформулирован полный комплекс требований к теплотехническим свойствам вентилируемых фасадов зданий высотой более 75 м. На основании разработанных теплофизических критериев обосновано применение теплоизоляционных плит из штапельного стекловолна URSA GLASSWOOL ФАСАД и URSA GLASSWOOL П-30 в высотном строительстве.

Испытания URSA GLASSWOOL подтвердили значения коэффициентов теплопроводности, паро- и воздухопроницаемости материалов. Установлено также, что материалы обладают высокой устойчивостью к

эмиссии волокна и не требуют установки ветрозащиты в конструкциях для предотвращения эмиссии.

Особое внимание уделено влиянию продольной фильтрации воздуха в утеплителе на теплозащитные качества стены. На основании расчетных и экспериментальных данных об особенностях теплофизических процессов в конструкциях вентилируемых фасадов высотных зданий обоснована возможность ограниченного применения в них ветрозащитных покрытий.

URSA GLASSWOOL П-30 — материал, обычно применяемый при утеплении стен с вентилируемым зазором. Материал URSA GLASSWOOL ФАСАД предназначен для вентилируемых фасадных систем в качестве наружного слоя при однослойном и двухслойном утеплении многоэтажных и высотных зданий.

По материалам ООО «УРСА Евразия»



НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**Новое предприятие фирмы КНАУФ**

В конце июля состоялась церемония закладки камня в фундамент будущего предприятия «КНАУФ гипс Байкал» по производству гипсокартонных КНАУФ-листов в Нукутском районе Усть-Ордынского Бурятского автономного округа, который со следующего года войдет в состав Иркутской области. Строительство нового завода осуществляется на базе горнодобывающего предприятия ОАО «Нукутский гипсовый карьер», в котором фирма КНАУФ имеет контрольный пакет акций. Общий объем инвестиций в строительство составит более 3 млрд р., в этом году планируется инвестировать около 700 млн р. При благоприятных условиях окончание строительства намечено на начало 2009 г. Впервые на стройплощадках фирмы в России смонтировали собственный бетонно-смесительный узел, способный бесперебойно снабжать бетоном все 5,5 га строительных площадей. Предстоит еще смонтировать более

6 тыс. т металлоконструкций, более 50 тыс. м<sup>2</sup> фальцевой алюминиевой кровли.

Проект осуществляется под руководством Центрального управления группы КНАУФ СНГ (г. Красногорск Московской обл.) во взаимодействии с дочерней фирмой международной группы КНАУФ – «КНАУФ инжиниринг» (Ипхофен, Германия). Сбытом продукции будущего предприятия будет заниматься маркетинговая фирма «КНАУФ гипс Иркутск», которая уже продвигает продукцию российских предприятий КНАУФ в Сибирском федеральном округе.

Кроме основного завода по производству КНАУФ-листов на предприятии будет построен гипсовый завод для выпуска гипсового вяжущего, административные и складские помещения. После запуска новое предприятие сможет снабжать продукцией регионы Сибири и Дальнего Востока.

По материалам пресс-службы  
фирмы КНАУФ в России и СНГ

**Оборудование для новой линии  
ОАО «Искитимцемент»**

Руководство ОАО «Искитимцемент» (Новосибирская обл.) подписало договор с немецкой инжиниринговой компанией «Polysius AG», которая входит в группу «Thyssen Krupp», на поставку оборудования для строительства новой линии по производству цемента по сухому способу мощностью 1,3 млн т. в год, запуск которой планируется к 2010 г. Таким образом, общая мощность цементного производства должна составить 2,9 млн т в год.

Новая линия будет построена с внедрением современных энергосберегающих технологий, что позволит добиться экономии топливно-энергетических ресурсов на 1 т цемента не менее чем на 20%, увеличить количество рабочих мест, а также существенно улучшить экологические показатели.

В настоящее время полностью подготовлена к застройке площадка общей площадью 10,5 га, построен участок газопровода, отремонтирован автомобильный мост через реку Бердь, вынесены инженерные коммуникации. Всего работ произведено на сумму 161,7 млн р.

Предложение фирмы «Polysius AG» полностью устроило «Искитимцемент» по условиям поставки, графику платежей и срокам изготовления оборудования. Специалисты «Polysius AG» будут полностью нести ответственность за производство всего оборудования. Часть оборудования будет произведена в России, на отечественных предприятиях под контролем российского представительства компании «Polysius AG». Общая масса оборудования, которое немецкая сторона поставит на предприятие, составляет около 7 тыс. т. Оборудование будет доставляться в Россию различными транспортными путями: частично железнодорожным транспортом, частично автотранспортом, наиболее крупные партии планируется доставлять через Северный морской путь, по реке Обь до Новосибирска. После реконструкции «Искитимцемент» планирует удовлетворять потребности местного рынка, снижая дефицит основного строительного материала, прежде всего в Новосибирской области и соседних с ней регионах.

По материалам  
ОАО «Искитимцемент»

**Производство керамогранита  
в Китае растет**

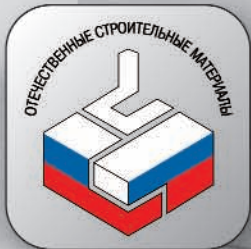
По данным исследования, проведенного российской консалтинговой компанией Optim Consult, отрасль производства керамогранита в Китае растет быстрыми темпами. В настоящее время Китай занимает лидирующие позиции на мировом рынке производства керамогранита, уступая лишь Италии и Испании. При этом темпы и потенциал развития отрасли позволяют судить о реальной возможности выхода Китая на второе место уже в ближайшее время.

В 2006 г. экспорт керамогранита из Китая, согласно официальной статистике, составил около 6,3 млрд USD. В январе–апреле 2007 г. экспорт превысил 1,8 млрд USD, увеличившись на 9,67% по сравнению с аналогичным периодом 2006 г. Основными странами – импортерами китайского керамогранита в настоящее время являются США, страны Ближнего Востока, Турция, Южная Корея,

Россия, а также Италия и Испания, которые, убедившись в высоком качестве китайского керамогранита, готовы выносить свое производство непосредственно в Китай.

Основными факторами успешного роста отрасли являются значительные производственные мощности, недорогая рабочая сила и субсидии со стороны государства. Лидеры отрасли, которые сконцентрированы в основном в южно-китайской провинции Гуандун, характеризуются высокой технической оснащенностью производства, выпуская в среднем более 150 тыс. м<sup>2</sup> керамогранита в сутки. Для российских компаний Китай остается наиболее привлекательным регионом в области поставок керамогранита. Благодаря высокой производительности средняя цена закупки квадратного метра керамогранита в Китае для российских компаний составляет 6 USD, в то время как цена испанского – 13,5 USD.

По материалам  
компании «Optim Consult»



ДЕВЯТАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА  
**ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ**  
 СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
 2008



В РАМКАХ ВЫСТАВКИ:

ЕЖЕГОДНЫЙ ФОРУМ "СТРОЙИНДУСТРИЯ РЕГИОНОВ РОССИИ"

ДЕНЬ СТРОИТЕЛЬНОГО КИРПИЧА

30 ЯНВАРЯ - 2 ФЕВРАЛЯ  
 МОСКВА,  
 ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»

ОРГАНИЗАТОРЫ:



Правительство Москвы  
 (Комплекс архитектуры, строительства,  
 развития и реконструкции города)



**ЕВРОЭКСПО**

ОФИЦИАЛЬНАЯ  
 ПОДДЕРЖКА:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ  
 ИНФОРМАЦИОННЫЙ  
 СПОНСОР:



ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:



ИНФОРМАЦИОННЫЙ  
 СПОНСОР ДСК:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ  
 ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР:



ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР:



[WWW.OSMEXPO.RU](http://WWW.OSMEXPO.RU)

# Водостоки Lindab Rainline™



**Шведская компания Lindab специализируется на изготовлении стальных водостоков с 1956 г. Сначала водостоки производились кустарным способом, а к концу 60-х годов – из оцинкованной стали на промышленной основе. Позднее была внедрена технология защиты листовой стали полимерными покрытиями, которые не только существенно повысили качество и долговечность изделий, но и улучшили их декоративные свойства.**

Водосточные системы компании Lindab высоко оценены потребителями: за 2006 г. объем продаж составил 56 млн евро. Основной причиной потребительских предпочтений является исключительная механическая прочность изделий, обусловленная качеством металла. Водостоки производятся из холоднокатаной горячеоцинкованной тонколистовой стали. Двустороннее пластиковое покрытие придает элементам дополнительную коррозионную стойкость и устойчивость к воздействиям окружающей среды. Гарантийный срок службы водостоков Lindab Rainline™ составляет 15 лет.

Водостоки Lindab Rainline™ прошли суровые испытания скандинавским климатом. Благодаря минимальному температурному расширению стали водостоки практически не деформируются и сохраняют герметичность соединений в течение всего срока эксплуатации.

В настоящее время сталь для водосточных систем с обеих сторон защищается полимерным покрытием High Build Polyester (HBP) толщиной 50 мкм, то есть почти вдвое больше, чем обычные покрытия из полиэстера. Поверхность водостока шершавая, так как материал покрытия содержит акриловые частицы, диаметр которых немного превышает толщину покрытия. Эти частицы значительно повышают сопротивление воздействию УФ-излучения и предотвращают преждевременное старение покрытия. Акриловые частицы располагаются в слое полиэстера таким образом, чтобы гарантировать улучшенную защиту от механического износа и повреждения.

Покрытие HBP экологически чистое и безопасное, так как не содержит вредных для здоровья человека и окружающей среды веществ. Широкая цветовая палитра водостоков из HBP позволяет подобрать изделия, наиболее гармонирующие с фасадом здания и крыши. Помимо того, HBP можно обновлять, не удаляя старую краску.

Еще один экономичный и долговечный вариант покрытия водостоков Lindab – гальваническое покрытие Aluzinc. Этот новый материал цвета серебристый металл по своей коррозионной стойкости в два раза превосходит полимерные краски, но не вызывает удорожания водостоков.

Для герметизации системы предназначен мягкий трубчатый уплотнитель из EPDM, используемый в качестве прокладки при соединении желобов и торцевых заглушек. Уплотнители характеризуются долговечностью.

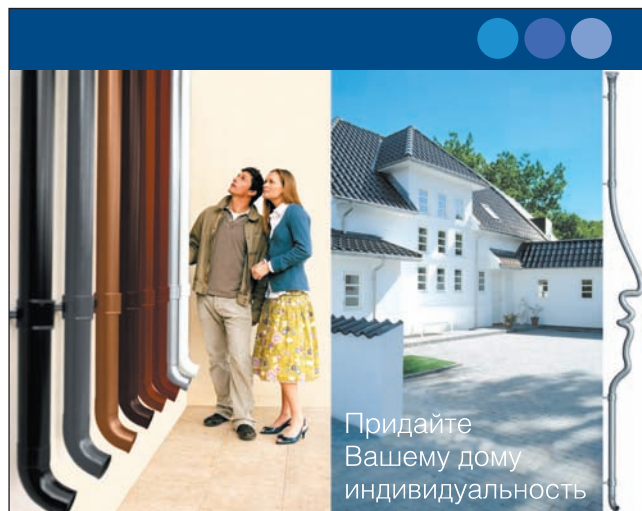
Большой срок эксплуатации системы и ее надежность обеспечиваются прочностью ее элементов. Например, держатели труб производятся из стали толщиной 0,7 или 0,75 мм, что на 25% больше, чем у аналогов.

В системе Lindab Rainline™ предусмотрены различные конструкции узлов и элементов, которые позволяют значительно облегчить монтаж. Например, универсальный регулируемый крюк заменяет собой многие кронштейны системы, поскольку позволяет менять угол наклона желоба до 45°; приемную воронку благодаря ее правильным геометрическим размерам можно устанавливать после предварительного монтажа желоба.

Идеальная стыкуемость элементов, простота и удобство монтажа водостоков позволяют устанавливать ее на любое здание, будь то коттедж, многоквартирный дом или высотный бизнес-центр. Высокая точность компьютеризированного производства исключает подгонку деталей. Сборка водостока осуществляется по принципу «соедини и защелкни». Постоянное улучшение эксплуатационных качеств системы превратили ее в уникальный продукт.

Оригинальная форма воронок, изгибов колен и отводов стока придает зданию общий законченный вид и универсально сочетается с архитектурой. Цена Lindab Rainline™ находится на уровне цен ближайших конкурентов.

*По материалам представительства Lindab в России*



## Lindab Rainline™

Водосточная система может оживить внешний вид Вашего дома. LINDAB Rainline характеризуется завершенностью конструкции, гибкостью и простотой при проведении монтажных работ. Выполненная из прочной оцинкованной стали с долговечным покрытием, она обеспечивает надежную защиту от воздействий внешней среды и ржавчины, при этом всегда обладает приятным и элегантным внешним видом. Водосточная система LINDAB производится в 8 различных цветах, так что Вы сможете легко подобрать себе подходящий и придать Вашему дому привлекательный вид.

**Lindab**  
www.lindab-vodostoki.ru

Представительство Lindab  
123290, г. Москва,  
ул. 2-я Магистральная, 14Г, стр. 1,  
тел. (495) 937-22-78, факс 937-22-79  
info@lindab.ru

М.В. КАФТАЕВА, канд. техн. наук, Р.В. ЛЕСОВИК, канд. техн. наук,  
А.В. ЧЕРНОУСОВ, инженер  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Применение минеральных добавок в мелкозернистых прессованных бетонах

Известно, что структура и свойства мелкозернистых бетонов с пониженным содержанием воды и пластичных бетонов различаются [1]. Кроме того, реологические свойства бетонов, изготавливаемых интенсивными методами – прессованием, вибропрессованием, экструзией и пр., – часто не подчиняются известным законам бетоноведения [2].

В последние годы наблюдается интенсивный рост использования модификаторов бетонов, изготавливаемых на основе микрокремнезема (МК). Их ввод в состав бетонной смеси на микроуровне способствует самоуплотнению и обеспечивает уникальные свойства бетона [3, 4].

Ввод в портландцемент 10–30% МК увеличивает водопотребность вяжущего с 26 до 29%. При этом для равнопластичных бетонных смесей расход цемента сокращается до 30%. Такое же количество МК в бетонной смеси этого состава, но при постоянном расходе цемента увеличивает пластичность по осадке конуса в 4 раза. Поэтому по механизму действия и его разжижающему эффекту МК часто относят к классу суперпластификаторов.

Добавление микрокремнезема в цементные бетоны пластического формирования повышает его водо- и сульфатостойкость.

Данные о количестве химически связанной воды и степени гидратации портландцемента подтверждают, что добавка микрокремнезема на ранней стадии твердения ускоряет рост прочности. В возрасте 7 сут цементный камень с добавкой МК характеризуется такой же степенью гидратации, как контрольные (без добавок) образцы в возрасте 28 сут. Как при нормальном твердении, так и при тепловлажностной обработке (ТВО) при 40–60°C МК увеличивает прочность обычного бетона пластического формирования вдвое. При этом основное влияние МК на прочность при ТВО начинается в первые сутки, а при температуре твердения 20°C эта зависимость наблюдается с 7 сут [5].

К настоящему времени накоплен большой массив информации о влиянии добавок, в состав которых входит МК, на обычные бетоны пластического формирования. Эти данные достаточно подробно проанализированы. В то же время крайне слабо освещено влияние добавок на кинетику твердения мелкозернистых бетонов полусухого прессования из цементно-песчаных смесей.

Вяжущее	Плотность образца, кг/м <sup>3</sup> в возрасте, сут			Прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут		
	3	7	28	3	7	28
Контрольный цемент ПЦ500Д0	1,99	1,99	2,01	7,23	9,6	11,47
ПЦ500Д0 с МКУ-85	1,99	2,01	2,03	11,21	12,65	18,91
Контрольный цемент ПЦ400Д20	2	1,99	2,01	6,42	9,4	10,47
ПЦ400Д20 с МКУ-85	2	2,01	2,02	4,62	7,42	14,24

В статье приводятся результаты исследования поведения в мелкозернистых бетонах, формуемых с пониженным вводом воды двух видов добавок: комплексной минерально-химической добавки (КМХ) и микрокремнезема конденсированного уплотненного (МКУ-85). В состав КМХ входит пластификатор I группы (ЛСТ) и аморфный кремнезем.

КМХ вводили в смесь, полученную на ПЦ500Д0 (Белгород), а МКУ-85 – в ПЦ500Д0 и ПЦ400Д20. Расчетный минералогический состав использованного клинкера (в %): C<sub>3</sub>S – 65,4, C<sub>2</sub>S – 18,1, C<sub>3</sub>A – 4,1 и C<sub>4</sub>AF – 12,7.

Для определения характера влияния комплексной добавки КМХ прессованием готовили образцы-цилиндры диаметром 36 мм из цемента и кварцевого песка с M<sub>кр</sub>=1,42 Нижнеольшанского карьера Белгородской обл. и полевошпатового песка с M<sub>кр</sub>=2,45 Вяземского месторождения Смоленской обл.

Во всех экспериментах добавки вводили в сухую смесь цемента и песка (соотношение 1 : 2), перемешивание компонентов осуществляли вручную в течение 5 мин. В/Ц смеси составляло 0,22. Изготовленные образцы твердели в нормальных воздушно-влажных условиях (температура +20 ± 2°C и влажность 90 ± 5%).

Для смеси с песком M<sub>кр</sub>=1,42 сверх и вместо цемента вводили 3% КМХ (рис. 1).

Такая же зависимость получена при прочих равных условиях и для бетона с песком, характеризующимся M<sub>кр</sub>=2,45. Формовались четыре партии образцов: 1 – контрольная; 2 – ввод КМХ 3% сверх массы цемента; 3 – ввод КМХ 3% за счет массы цемента; 4 – ввод 7% КМХ сверх массы цемента.

Полученные результаты представлены на рис. 1, 2. Кроме того, готовили партию, в которой 50% цемента заменяли КМХ, однако эта композиция не затвердела вообще.

Представленные результаты свидетельствуют о том, что введение комплексной добавки (КМХ) не оказало положительного влияния на прочность мелкозернистых прессованных бетонов, возможно, из-за того, что сочетание в ней комплекса добавок в известной степени ограничивает их эффективность по сравнению с вариантом применения каждой из входящих в нее добавок в

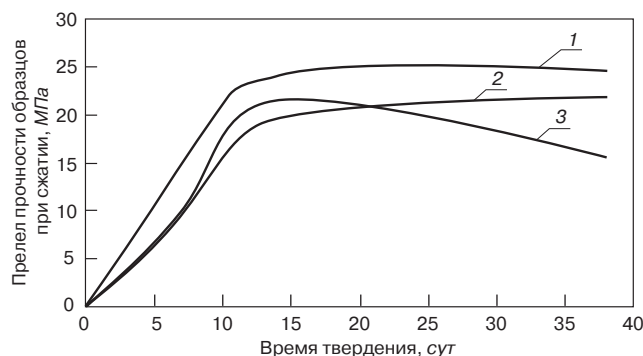


Рис. 1. Зависимость прочности прессованных бетонов от дозировки добавки КМХ (песок с M<sub>кр</sub>=1,42): 1 – контрольный состав; 2 – КМХ заменяет 3% цемента; 3 – 3% избыток КМХ к цементу.

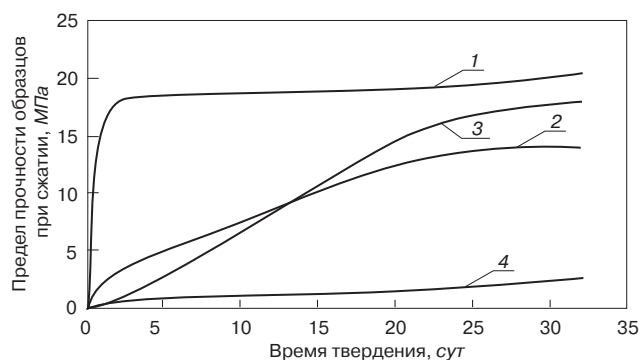


Рис. 2. Зависимость прочности мелкозернистого бетона от дозировки добавки КМХ (полевошпатовый песок с  $M_{кр} = 2,45$ ): 1 – контрольный состав; 2 – 3% избыток КМХ к цементу; 3 – КМХ заменяет 3% цемента; 4 – 7% избыток КМХ к цементу

отдельности. При этом возможно, что положительный результат может обеспечить другое соотношение компонентов КМХ, но при данном соотношении ингредиентов в указанной комплексной добавке и в конкретных условиях рассмотренных выше экспериментов использовать МКХ не следует.

Исследования эффективности ввода в мелкозернистые бетоны микрокремнезема высокой ( $S_{уд} = 15 \text{ м}^2/\text{г}$ ) дисперсности (МКУ-85) проводили на смесях с кварцевым песком, характеризующимся  $M_{кр} = 1,13$ . Добавку вводили в количестве 10% от массы цемента. Образцы твердели в воздушно-влажных условиях (температура  $+20 \pm 2^\circ\text{C}$ , влажность не ниже 90%). Полученные результаты приведены в таблице.

Из данных таблицы видно, что добавка МКУ-85 в возрасте 28 сут повысила прочностные показатели контрольных образцов, изготовленных из бездобавочного ПЦ500Д0, на 82%. У образцов, изготовленных из ПЦ400Д20, прирост прочности к контрольному составу в марочном (28 сут) возрасте составил 36%, это значительно меньше, чем у бездобавочных цементов. Причем в начальные сроки твердения наблюдается даже снижение прочностных показателей бетона. Плотность образцов, сформованных на добавочном и бездобавочном цементе, при этом несколько увеличилась.

Результаты ввода добавки МКУ-85 свидетельствуют, что ее применение в прессованных мелкозернистых бетонах может быть достаточно эффективно, однако степень эффективности должна определяться соответствующим технико-экономическим обоснованием. При этом в таких смесях предпочтительно не использовать портландцементы с добавлением шлаков, так как между микрокремнеземом и шлаком могут возникнуть конкурентные взаимоотношения.

**Список литературы**

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: Изд-во АСВ, 2002. 500 с.
2. Кафтаева М.В. О свойствах мелкозернистых прессованных бетонов // Сооружения, конструкции, технологии и строительные материалы XXI века: Сб. докл. II Междунар. конф. – шк.-сем. молод. учен., асп. и докторантов: Белгород: Изд-во БелГТАСМ. 1999. Ч. 2. С. 188–193.
3. Каприелов С.С. Общие закономерности формирования структуры цементного камня и бетона с добавкой ультрадисперсных материалов // Бетон и железобетон. 1995. № 4. С. 16–20.
4. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика, 2-е изд., перераб. и доп. М., 1998. 768 с.
5. Комохов П.Г., Шангина Н.Н. Модифицированный цементный бетон, его структура и свойства // Цемент и его применение. 2002. № 1. С. 43–46.

# ЭТИКЕТКА УПАКОВКА

# ПЕЧАТЬ ДИЗАЙН

**За 5 лет работы:**

- Более 50.000 заказов
- Более 20.000.000 м<sup>2</sup> качественной полиграфической продукции
- Более 1.000.000.000 шт. самоклеящейся флексоэтикетки
- Количество оригинальной упаковки – просто не смогли подсчитать

**На сегодняшний день:**

- Более 500 постоянных клиентов – крупнейшие российские производители
- Более 1.000.000 шт. самоклеящейся этикетки в день
- Более 20.000.000 шт. качественной упаковки в месяц

**Потому что С НАМИ НАДЕЖНО**

**ПЕЧАТНЫЙ ЭКСПРЕСС**

**ФЛЕКСОГРАФИЯ**  
(495) 739 9933  
WWW.PRINT-EXPRESS.RU

РЕКЛАМА

Ю.В. ФОМЕНКО, инженер, А.И. ТОПЧИЕВ, канд. техн. наук,  
Ю.В. ЛИТВИНОВА, А.П. ГРИНЕВ, инженеры,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Способы снижения высолообразования тротуарной плитки

Преимущество мощения бетонной плиткой заключается в ремонтоспособности покрытий, возможности получения архитектурного разнообразия с учетом достижений в области видеоэкологии.

В промышленности строительных материалов Белгородской области действует несколько линий по выпуску цементобетонных элементов мощения. Опыт более чем 15-летней эксплуатации дорожных покрытий в Белгороде выявил несколько традиционных видов дефектов элементов тротуаров и потери ими своих декоративных качеств. Это нарушение структуры поверхностного слоя, разрушение граней изделия, высолы, трещины и меловые включения (см. рис.).

Одним из существенных недостатков цементно-песчаной тротуарной плитки является появление высолов на ее поверхности. Высолы не только портят внешний вид дорожных покрытий, но и разрушают их. Основной причиной их образования является выход на поверхность водорастворимых солей. Появление высолов на камне связано с миграцией минерализованной воды через тело бетона при повышении температуры окружающего воздуха. В образовании высолов участвует также хлористый натрий, которым посыпают тротуары в период гололеда.

Карбонатно-натриевые и сульфатно-натриевые высолы растворимы в воде и при эксплуатации тротуарной плитки самоликвидируются. Основной задачей является предотвращение формирования практически нерастворимых карбонатно-кальциевых высолов.

Основные причины образования высолов следующие.

### Первичные:

- высокое содержание растворимых веществ в исходных материалах (цементе, заполнителях, воде затворения, добавках);

- медленное и длительное испарение влаги с поверхности изделий при хранении;
- повышенная капиллярная пористость;
- высокая щелочность цветных цементов;
- нарушение технологии производства;
- перепад температур.

### Вторичные:

- атмосферная влага во время укладки плитки;
- продолжение процессов гидратации цемента;
- конденсация влаги на поверхностях изделий в естественных условиях;
- нарушение целостности структуры бетона в эксплуатационный период.

Большинство существующих вторичных методов борьбы с высолом, в частности различные виды очистки и гидрофобизирующие пропитки, практически неприемлемы для изделий, используемых в покрытии дорог и тротуаров [1].

Наиболее эффективным способом, как известно, является оптимизация составов и структуры на стадии подбора компонентов бетонной смеси, которая способствует повышению плотности материала и снижению содержания растворимых компонентов [2–4].

Предлагаются следующие меры предотвращения высолов:

- увеличение плотности бетонной смеси путем корректировки ее гранулометрического состава;
- разработка вяжущего низкой водопотребности (ВНВ) для составов мелкозернистого и песчаного бетонов.

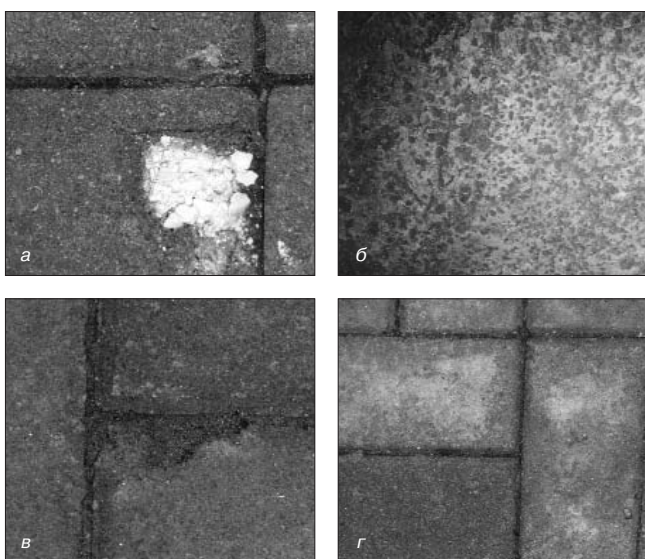
В данной работе для каждого из способов разработаны рациональные составы и изучена интенсивность формирования высолов. При разработке составов с высокоплотной упаковкой и при приготовлении ВНВ использовался отсев дробления кварцитопесчаника Лебединского ГОКа, цемент ЦЕМ I 42,5 Н производства ЗАО «Белгородский цемент», суперпластификаторы Melment F10, Melflux, С-3 и песок Нижне-Ольшанского месторождения (Белгородская область) для изготовления контрольных заводских составов. Гранулометрические составы отсева дробления кварцитопесчаника и песка приведены в табл. 1.

Получение высокоплотного состава заполнителя при условии полной обмазки и минимальной раздвижки зерен цементным тестом позволяет создать контактную структуру материала и тем самым повысить его прочность и плотность за счет вовлечения в работу заполнителя.

По методике А.Н. Хархардина [5] был рассчитан состав высокоплотной смеси заполнителя (фр. 10–5 мм –

Таблица 1

Вид заполнителя	Полные остатки на ситах, %						
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	Под-дон	M <sub>кр</sub>
Песок Нижне-Ольшанского месторождения	0,1	0,9	12	45	80,9	100	1,14
Отсев дробления кварцитопесчаника	45,7	53	63,9	72,7	87,3	100	–



Виды дефектов тротуарной плитки: а – меловые включения; б – нарушение структуры поверхностного слоя; в – разрушение граней изделий; г – высолы

Таблица 2

Вид вяжущего и заполнителя	Вяжущее : заполнитель	В/Ц	Прочность при сжатии в возрас- те 28 сут, МПа	Истирае- мость, г/см <sup>2</sup>	Водопо- глоще- ние, %	Степень высолооб- разования
Заводской состав цемент – песок	1:3	0,42	27,8	0,57	5,8	+++
Высокоплотный состав цемент – отсев кварцито- песчаника	1:3	0,23	35	0,33	3,3	+-
Высокоплотный состав цемент – отсев кварцито- песчаника	1:3,5	0,23	37,2	0,33	3,3	---
ВНВ-50 (С-3) – песок	1:3,8	0,32	30	0,57	4,8	+-
ВНВ-50 (С-3) – отсев кварцитопесчаника	1:3,8	0,32	32,5	0,46	4,8	+-
ВНВ-50 (Melflux) – песок	1:3,8	0,32	31,7	0,42	3,7	+-
ВНВ-50 (Melflux) – отсев кварцитопесчаника	1:3,8	0,32	35,1	0,46	3,7	---
ВНВ-50 (Melment F10) – песок	1:3,8	0,32	31,2	0,42	4,8	+-
ВНВ-50 (Melment F10) – отсев кварцитопесчаника	1:3,8	0,32	33,3	0,42	4,8	---

Примечание: +++ высокая степень высокообразования; +- незначительное количество высолов; --- высолы отсутствуют.

46%; фр. 2,5–1,25 мм – 24,4% и фр. 0,315–0,14 мм – 29,6%), обеспечивая плотность упаковки зерен ( $\eta=0,742$ ).

Используя полученную высокоплотную смесь заполнителя, были запроектированы экспериментальные составы мелкозернистых и песчаных бетонных смесей.

Результаты исследований показывают высокую эффективность использования в мелкозернистых прессованных бетонах высокоплотных смесей заполнителя по сравнению с заводскими смесями (табл. 2). Еще больший эффект достигается при увеличении соотношения цемент : отсев кварцитопесчаника с 1:3 до 1:3,5. Это позволяет уменьшить толщину раздвижки зерен заполнителя цементным тестом до 30 мкм и тем самым не только повысить прочность материала и снизить его истираемость, но и снизить расход цемента с 600 до 530 кг/м<sup>3</sup>.

Использование пуццолановых добавок (вулканические пуццоланы, туфы, зола-унос), с одной стороны, позволяет снизить количество свободного Ca(OH)<sub>2</sub> за счет взаимодействия с активным аморфным кремнеземом. С другой стороны, данный вид активной минеральной добавки содержит Na<sup>+</sup> и K<sup>+</sup>, которые выделяются в виде щелочей.

Таким образом, необходимо было предложить добавку, взаимодействующую с формирующимся Ca(OH)<sub>2</sub>, но не содержащую растворимых щелочей. В качестве такого компонента предлагается тонкодисперсный кристаллический кремнезем, который выступает как активная добавка и как наполнитель, повышающий плотность композита.

Анализ кварцевых пород и техногенных материалов, распространенных на территории Курской магнитной аномалии (КМА), а также опыт получения ВНВ на наполнителях различных генетических типов [6] показывают, что наиболее эффективным является применение кварцевого сырья с дефектами кристаллической решетки. В связи с этим в качестве компонента ВНВ был выбран кварц кварцитопесчаников зеленосланцевой фации метаморфизма Лебединского месторождения, который отличается повышенной степенью дефектности и, как следствие, высокой реакционной способностью [7].

В процессе совместного помола в присутствии пластификатора, портландцемента и кварцитопесчаника в соотношении 1:1 (для ВНВ-50) до удельной поверхности 5000 м<sup>2</sup>/кг происходит разрушение зерен наполнителя по ослабленным зонам дефектной структуры слабоупорядоченного кварца. Это приводит к увеличению количества поверхностно-активных центров, концентрация и состав которых оказывают положительное влияние на активность компонента ВНВ – его реакцион-

ную способность по отношению к Ca(OH)<sub>2</sub> и величину адгезии цементного камня к наполнителю.

Использование ВНВ-50 позволило разработать составы песчаных и мелкозернистых смесей с низким В/Ц=0,32, что является одним из основных требований для технологии вибропрессования и позволяет получить готовые изделия с малодефектной структурой бетона, увеличить прочность на 6–25% в зависимости от типа заполнителя и вида добавки, и повысить высолоустойкость и понизить истираемость тротуарной плитки (см. табл. 2).

Таким образом, разработаны составы ВНВ на основе слабоупорядоченного кварца пород зеленосланцевой фации метаморфизма. На основе цемента, высокоплотной смеси заполнителя и ВНВ-50 предложены составы бетона для производства тротуарной плитки. Данные составы бетона позволяют снизить высокообразование и повысить прочность и долговечность дорожно-строительных изделий.

#### Список литературы

1. *Строкова В.В., Фоменко Ю.В.* Оценка активности минеральных добавок для регулирования степени высокообразования // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2005. № 9. С. 210–213.
2. *Рамачандран В.С., Фельдман Р.Ф., Коллепарди М. и др.* Добавки в бетон: Справ. пособие. М.: Стройиздат. 1988. 575 с.
3. *Несветаев Г.В.* Эффективность применения суперпластификаторов в бетонах // Строит. материалы. 2006. № 10. С. 23–25.
4. *Батраков В.Г.* Модифицированные бетоны. М.: Стройиздат. 1990. 400 с.
5. *Хархардин А.Н., Погорелов С.А., Топчиев А.И.* Топологические особенности формирования плотной структуры бетонов // Известия вузов. Строительство. 2000. № 10. С. 47–51.
6. *Лесовик Р.В.* Мелкозернистые бетоны с использованием техногенных песков Курской магнитной аномалии для строительства укрепленных оснований автомобильных дорог. Белгород: Изд-во БГТУ им.В.Г. Шухова. 2004. 174 с.
7. *Строкова В.В., Лесовик Р.В.* Дефектность кристаллов как критерий оценки энергосберегающего сырья // Передовые технологии в промышленности и строительстве на пороге XXI века: Сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. шк.-сем. молод. учен. и асп. Белгород: Изд-во БелГТАСМ. 1998. Ч. II. С. 430–435.

В.И. ПАВЛЕНКО, д-р техн. наук, Р.Н. ЯСТРЕБИНСКИЙ, канд. физ.-мат. наук,  
Д.В. ВОРОНОВ, инженер,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Тяжелый бетон для защиты от ионизирующих излучений

В соответствии с повышенными требованиями по радиационной безопасности ядерных энергетических установок в настоящее время ведутся разработки новых радиационно-защитных композиционных материалов, в том числе на основе тяжелых бетонов. Бетон нашел широкое применение в качестве материала биологической защиты ядерных реакторов [1, 2] благодаря хорошим защитным и технологическим свойствам и экономичности. Для поддержания нормальных условий эксплуатации реакторов типа РБМК АЭС и ЯЭУ требуются бетоны с высокой поглощающей способностью гамма- и нейтронного излучения и возможностью длительной эксплуатации при температуре 300°C. В настоящее время действующие АЭС РФ очень остро ставят вопрос о возобновлении производства железобарьерсерпентинитового цементного камня (материал ЖБСЦК) для осуществления ремонта вышедших из строя блоков. Производство ЖБСЦК приостановлено в России в 1996 г. ввиду отсутствия производственной и сырьевой базы.

В работе [3] приводятся результаты исследования защитных свойств тяжелых бетонов на основе портландцемента с магнетитовым, гематитовым и хромитовым заполнителями. В работах [4, 5] рассмотрены свойства особо тяжелого бетона на основе высокоглиноземистого цемента и модифицированного термопластичного связующего, обеспечивающего линейный коэффициент ослабления  $\gamma$ -излучения до  $0,3 \text{ см}^{-1}$  при энергии 1,2–1,5 МэВ. Все эти материалы обладают достаточно высокими защитными свойствами по отношению к  $\gamma$ -излучению, однако низкое содержание в бетоне связанной воды определяет слабую биологическую защиту от нейтронного излучения.

По заданию ФГУП НИКИИЭТ им. Н.А. Доллежала совместно с ЗАО «АтомСпецКомплект» разработан состав и технология производства высокоэффективного тяжелого железомagnetитосерпентинитового реакторного бетона (ЖМСЦ). Производство этого бетона возможно на типовом оборудовании заводов ЖБИ. Этот бетон по ряду физико-технических характеристик превосходит известные аналоги.

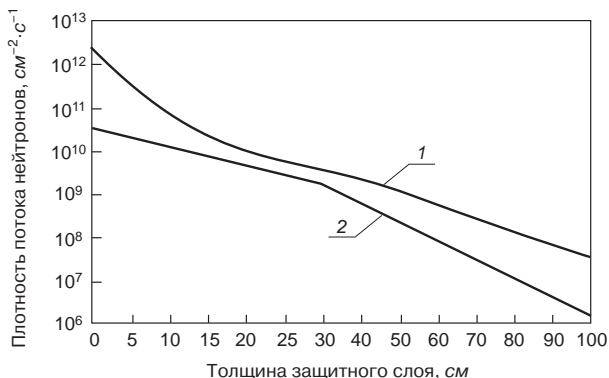


Рис. 1. Расчетные функции распределения плотности потока тепловых (1) и быстрых (2) нейтронов в бетоне

ЖМСЦ бетон изготавливается из однородной пластифицированной смеси портландцемента, наполнителей, содержащих химически связанную воду (серпентин и др.), активированного железорудного наполнителя и железной дробы. Разработанный бетон имеет плотность в сухом состоянии 4000–4100  $\text{кг}/\text{м}^3$ ; прочность при сжатии в возрасте 28 сут – 45–55 МПа; прочность при изгибе – 5–7 МПа; количество химически связанной воды после термообработки при 300°C –  $1,1 \pm 0,1 \text{ мас.}\%$ ; температура его эксплуатации – до 300°C.

Благодаря использованию специальных наполнителей наличие в цементном камне не менее 1 мас.% кристаллизационной воды обеспечивает высокие защитные свойства разработанного бетона по отношению к нейтронному излучению.

Для экспериментального определения защитных характеристик от нейтронного излучения бетона использован точечный полоний-бериллиевый источник быстрых нейтронов с активностью  $Q = 5,67 \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$ .

Для проведения исследований в экспериментах были использованы сцинтилляционный счетчик быстрых нейтронов на основе кристалла  $\text{ZnS}(\text{Ag})$ , который практически нечувствителен к  $\gamma$ -излучению, а эффективность регистрации им быстрых нейтронов составляет ~14%; сцинтилляционный счетчик тепловых нейтронов.

Для расчетов эффективности защиты разработанного тяжелого бетона и получения пространственно-энергетических распределений потоков нейтронов рассмотрена активная зона реактора, конструкционные элементы реактора и отражателя, слой серпентинитового бетона толщиной 50 см и слой исследуемого защитного материала толщиной 1 м. Расчеты проводились по программе ANISN [6], реализующей решение одномерного транспортного уравнения методом дискретных ординат с учетом анизотропии рассеяния. Спектр нейтронов рассчитывался для 12-группового разбиения энергетического интервала [7].

По программе ANISN в плоской геометрии были рассчитаны пространственно-энергетические распределения плотностей потоков и распределения мощности дозы нейтронов (рис. 1, 2).

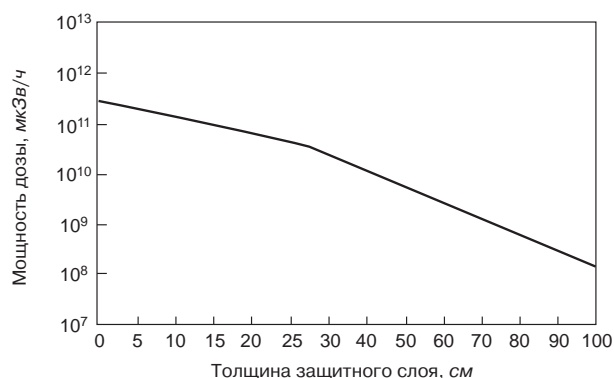


Рис. 2. Расчетная функция распределения мощности дозы нейтронного излучения в бетоне



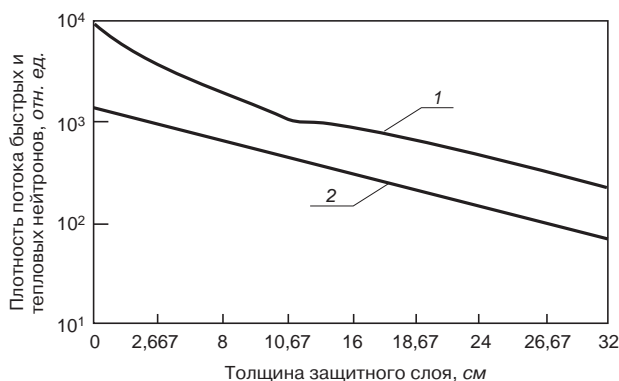


Рис. 3. Функции распределения плотности потока тепловых (1) и быстрых (2) нейтронов в бетоне

С помощью методов [6–8] определено, что тяжелый ЖМСЦ бетон обладает высокими радиационно-защитными свойствами. Рассчитанная длина релаксации быстрых нейтронов  $\lambda_{б.н.} = 8,8–9,4$  см, расчетная длина свободного пробега  $\lambda_{н.доза} = 10–11,5$  см.

Результаты, полученные при экспериментальном исследовании материала, показали, что плотность потока быстрых нейтронов в бетоне уменьшается по экспоненциальному закону (рис. 3) с длиной релаксации  $\lambda_{б.н.} = (10,6 \pm 0,2)$  см. Плотность потока тепловых нейтронов в слое до 12 см защитного бетона изменяется более резко по сравнению с быстрыми нейтронами. При толщине защиты более 12 см ослабление плотности потока тепловых нейтронов происходит одинаково с быстрыми нейтронами с длиной релаксации  $\lambda_{т.н.} = (10,6 \pm 0,2)$  см. В бетоне не происходит накопления тепловых и промежуточных нейтронов.

Таким образом, экспериментальные испытания разработанного тяжелого ЖМСЦ бетона полностью подтвердили его высокие защитные свойства, полученные расчетным путем. Разработанный материал отвечает всем требованиям Госатомнадзора и позволит полностью заменить применяемый в блоках радиационной защиты реакторов РБМК железобарьерсерпентинитовый бетон. Кроме того, разработанный радиационно-защитный тяжелый бетон является универсальным и сможет заменить многослойную комплексную защиту от нейтронного и гамма-излучения.

Список литературы

1. Комаровский А.Н. Бетон в защите ядерных установок. Изд. 4-е. М.: Атомиздат. 1993. 319 с.
2. Кимель Л.Р., Мешкович В.П. Защита от ионизирующих излучений: Справочник. М.: Атомиздат. 1972. 312 с.
3. Дубровский В.Б., Аблевич З. Строительные материалы и конструкции для защиты от ионизирующих излучений. М.: Стройиздат. 1983. 240 с.
4. Королев Е.В., Очкина Н.А., Баженев Ю.М., Прошин А.П. Радиационно-защитные свойства особо тяжелых растворов на основе высокоглиноземистого цемента // Строит. материалы. 2006. № 4. С. 54–56.
5. Баженев Ю.М., Прошин А.П., Еремкин А.И., Королев Е.В. Сверхтяжелый бетон для защиты от радиации // Строит. материалы. 2005. № 8. С. 6–8.
6. Программа ANISN. Руководство пользователя. ИАЭ им. И.В.Курчатова. 1981.
7. Алешечкин В.Н. Систематический выбор длин свободного пробега в решении задачи глубокого прохождения излучения методом Монте-Карло. Обнинск. 1986. 14 с.
8. Активные алгоритмы расчета прохождения нерассеянного излучения в защите. Обнинск. 1984. 29 с.

**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.

**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

**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

**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

Измерители теплопроводности, плотности тепловых потоков, параметров вибрации, влажности стройматериалов. Термометры, гигрометры, анемометры, пирометры, толщинометры, 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

РЕКЛАМА

В.В. ЯДЫКИНА, д-р техн. наук, Е.А. ЛУКАШ, инженер,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Изменение поверхностных свойств наполнителей и цементных композитов под воздействием ультрафиолетового облучения

Одним из путей улучшения структуры и свойств цементных композитов является применение дисперсных минеральных наполнителей, модифицирующих структуру цементного камня и позволяющих придать материалу требуемые характеристики [1]. Определяющую роль в активации процессов гидратации вяжущего играют природа и состояние поверхности таких материалов.

Любая поверхность твердого тела пространственно, химически и физически неоднородна. Источниками неоднородностей могут быть изломы, ступени, дефекты, дислокации, выходы на поверхность различных кристаллографических граней и элементов структурных ячеек, продукты адсорбции, образующиеся в результате контакта материала с окружающей средой или его предварительной обработки. Наличие на поверхности разнообразных макро- и микродефектов, а также различных химических соединений приводит к появлению широкого спектра поверхностных состояний – кислотных и основных центров адсорбции.

Анализ состояния поверхности дисперсных материалов и механизма контактных взаимодействий в наполненных композиционных строительных материалах позволяет наметить пути активации наполнителей с целью усиления их адгезии к связующему и повышения структурообразующей роли. Активацию адгезионной способности наполнителей за счет увеличения их свободной поверхностной энергии можно осуществлять воздействием с помощью ионизирующих излучений, электрического и магнитного полей [2].

Установлено, что под действием ультрафиолетового облучения происходит изменение поверхности кремнезема, в результате чего образуются свободные валентности, играющие роль новых активных центров адсорбции [3, 4].

В данной работе исследовалась возможность влияния УФ-излучения на свойства наиболее перспективных с точки зрения использования местных сырьевых материалов с целью расширения производственной базы наполнителей цементобетонов – кварцитопесчаника Лебединского ГОКа Курской магнитной аномалии и отхода мокрой магнитной сепарации железистых

кварцитов (ММС). Для сравнения использовался кварцевый песок Нижнеольшанского месторождения. Мерой концентрации активных центров адсорбции на поверхности наполнителей служила величина обменной емкости, которую определяли методом ионообмена с гидроксидом кальция. Подтверждением целесообразности использования именно этого метода является то, что в строительных растворах и бетонах наполнители постоянно контактируют с гидроксидом кальция.

Для определения зависимости обменной емкости материалов от продолжительности их УФ-облучения были подготовлены навески наполнителей фракции 0,14 – 0,315 мм одинаковой массы. Источником УФ-излучения служила кварцевая лампа Q-139. Наполнитель тонким слоем располагался на расстоянии 0,3 м от кварцевой лампы и подвергался облучению при периодическом перемешивании. Обработка продолжалась от 3 до 20 мин.

Изменение состояния поверхности дисперсных материалов фиксировали с помощью ИК-спектроскопии [3].

Анализ графиков на рис. 1 показал, что зависимость концентрации обменных центров от времени облучения для всех материалов носит экстремальный характер с максимумами при продолжительности облучения 10–12 мин для кварцитопесчаника, 12–15 мин для отходов ММС и 7–10 мин для песка. Необходимо отметить, что обменная емкость всех исследуемых наполнителей при оптимальной продолжительности облучения по сравнению с исходными материалами возрастает более чем на 100%. Это, по-видимому, связано с увеличением реакционной способности поверхности, вызванной частичной дегидратацией наполнителей.

Методом ИК-спектроскопии установлено, что гидроксильный покров поверхности исследуемых материалов значительно отличается и УФ-облучение по-разному влияет на состояние воды и ее фрагментов на поверхности кварцевого песка и кварцитопесчаника.

ИК-спектры кварцевого песка до и после УФ-облучения показывают, что на поверхности песка до обработки присутствовало значительное количество воды. После 7 мин УФ-облучения наблюдается снижение ин-

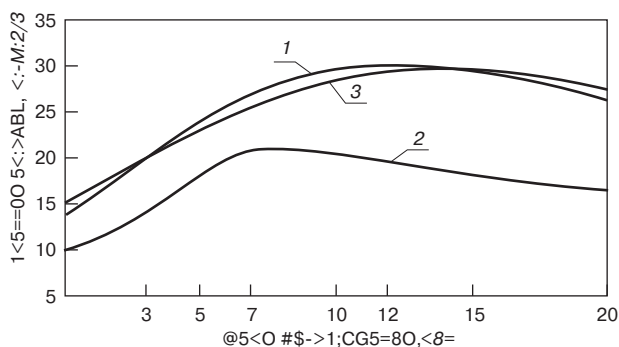


Рис. 1. Зависимость обменной емкости наполнителей от продолжительности УФ-облучения: 1 – кварцитопесчаник; 2 – отход ММС; 3 – песок.

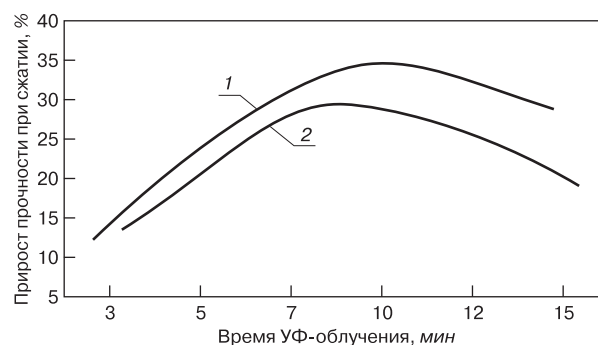


Рис. 2. Зависимость прироста прочности композита от продолжительности УФ-облучения: 1 – кварцитопесчаник; 2 – песок

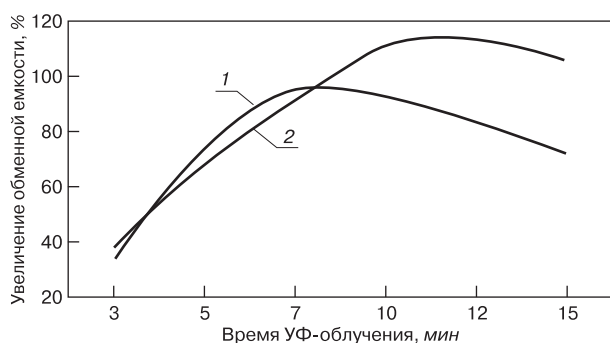


Рис. 3. Зависимость прироста обменной емкости наполнителя от продолжительности УФ-облучения: 1 – кварцитопесчаник; 2 – песок

тенсивности спектров поглощения в области 3400–3450 см<sup>-1</sup>, что обусловлено удалением значительной части молекул воды, связанных водородными связями с гидроксильными группами и между собой. При этом происходит ослабление связей ОН-групп с тетраэдрами SiO<sub>2</sub>, что способствует ускорению процесса дегидроксилирования поверхности наполнителей при оптимальном времени УФ-облучения, а также существенному изменению кислотно-основных свойств минеральных частиц. Частичное дегидроксилирование поверхности SiO<sub>2</sub> приводит к образованию на наполнителе кислотных центров Льюиса и Бренстеда. При дальнейшей дегидратации происходит удаление свободных ОН-групп, поэтому с увеличением продолжительности облучения обменная емкость наполнителей снижается. Количество адсорбированной воды на поверхности кварцитопесчаника значительно меньше, и поэтому УФ-обработка незначительно отражается на состоянии поверхности, которое характеризует этот участок спектра.

На ИК-спектрах образцов исходного и активированного наполнителя из кварцитопесчаника наблюдается появление максимумов, свидетельствующих об увеличении количества гидроксильных групп, не связанных водородными связями, то есть способных к ионному обмену, что подтверждено увеличением обменной емкости. Аналогичные спектры получены для отходов ММС. Для наполнителя из кварцевого песка в этой области спектра после УФ-обработки изменений практически не наблюдается. Кварцевый песок и кварцитопесчаник по-разному реагируют на активацию.

Кварцевый песок и кварцитопесчаник имеют практически одинаковые химический (90–92% SiO<sub>2</sub>) и минералогический составы. Однако установлено, что метаморфогенный кварц, входящий в состав кварцитопесчаника Лебединского ГОКа, благодаря специфике генезиса имеет ряд структурных дефектов, что способствует повышению энергетического потенциала сырья для стройиндустрии, приготовленного из кварцитопесчаника [5].

Количество активных центров на поверхности кварцитопесчаника значительно больше, чем на песке.

Для подтверждения гипотезы относительно положительного влияния УФ-облучения наполнителей на усиление их адгезии к цементу, повышения структурообразующей роли и прочности композитов из смеси цемент : наполнитель = 1 : 3 были изготовлены образцы-балочки размером 2,5×2,5×10 см, которые подвергли пропарке.

Результаты испытаний образцов (рис. 2, 3) показывают, что наблюдается четкая взаимосвязь между количеством обменных центров на поверхности наполнителей и прочностью образцов наполненного цементного композита. Максимальный (34,2%) прирост прочности при сжатии наблюдается у образцов с дисперсными материалами из кварцитопесчаника при обработке в течение 10 мин и 28,6% из песка при 7 мин УФ-активации.

УФ-обработка наполнителей позволяет сократить расход цемента в бетоне до 20%: при применении неактивированных наполнителей эта величина составляет 15% для кварцитопесчаника и отхода ММС и 10% для кварцевого песка.

Таким образом, подтверждено различие в состоянии поверхности между кварцевым песком и кварцитопесчаником; установлено влияние УФ-обработки на концентрацию обменных центров, причем механизм воздействия отличается для этих исследуемых материалов. Показано, что при использовании УФ-обработки дисперсных наполнителей прочность композитов повышается пропорционально увеличению концентрации активных центров.

#### Список литературы

1. Шетинин В.Г., Баранов С.А. Зависимость структуры и свойств цементных композиций от активности наполнителей. // Композиционные строительные материалы (структура, свойства, технология): Межвузовский научный сборник. Саратов, 1990. С. 46–50.
2. Соломатов В.И., Дворкин Л.И., Чудновский И.М. Пути активации наполнителей композиционных строительных материалов // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1987. № 1. С. 61–63.
3. Киселев В.Ф., Крылов О.В. Адсорбционные процессы на поверхности полупроводников и диэлектриков. М.: Наука, 1978. 255 с.
4. Гладких Ю.П., Ядыкина В.В., Завражина В.И. Влияние УФ-облучения на физико-химическую активность кварцевого песка и процессы формирования цемента-песчаного бетона // Коллоидный журнал. 1989. Т. 51. № 3. С. 445–450.
5. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород. М.: Издательство АСВ. 2006. 526 с.

**МИР НЕДВИЖИМОСТИ**  
6-й салон недвижимости и дизайна интерьеров

**МИР БЕЗОПАСНОСТИ**  
9-я специализированная выставка оборудования и услуг для безопасности бизнеса и дома

**19-21**  
СЕНТЯБРЯ  
**2007**

Тверь  
Дворец спорта  
"ЮБИЛЕЙНЫЙ"

---

**ОРГАНИЗАТОР**  
**"МАКСИМУМ-ИНФОРМ"**  
(4822) 77-55-92, 34-52-07 WWW.MAXINFORM.RU

Генеральный информационный партнер:

**ПИЛОТ**  
ТЕЛЕРАДИОСЕРВИС

Генеральный информационный спонсор

**Стройка**  
ГРУППА ГАЗЕТ

**Стройэкспо**  
11-я специализированная строительная выставка

Л.Ю. ОГРЕЛЬ, д-р.техн. наук, Р.В. ЛЕСОВИК, канд. техн. наук,  
О.В. ДОРОГАНОВА, инженер, А.В. ГРАБАЗЕЙ, инженер,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Биостойкость минеральных наполнителей строительных композиционных материалов

Большие успехи достигнуты в совершенствовании процессов и оборудования для производства высоконаполненных строительных композитов. Использование наполнителей позволяет не только значительно уменьшить дозировку дорогостоящих вяжущих, но и улучшить их строительно-технические свойства.

Очевидно, что существует тенденция к возрастанию в вяжущих доли различных наполнителей, при этом наблюдается не только увеличение спроса, но и расширение номенклатуры наполнителей, а также ужесточение требований к их свойствам. Выбор наполнителей строительных композитов определяется комплексом различных факторов, главными из которых являются себестоимость, доступность, технические (физические и химические) характеристики, размер и форма частиц, полидисперсность, характер упаковки. Существующее деление наполнителей на классы довольно произвольное. Классификация учитывает лишь происхождение наполнителей (минеральные, органические; природные, техногенные), размеры и форму частиц, площадь их поверхности.

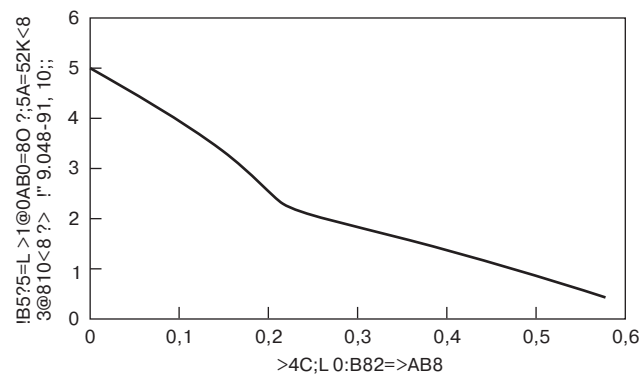
Большинство используемых наполнителей – это либо доведенные до требуемой дисперсности продукты целенаправленного дробления, либо отсеивы различных горных пород, в том числе и рудных. В силу преимущественно механического способа получения большинства наполнителей можно говорить об их кластогенном (обломочном) характере. Морфология частиц наполнителя определяется его минералогическим составом, типоморфными признаками, а также типом кристаллической структуры породообразующих минералов и степенью их кристалличности. Химический и минералогический составы, размеры частиц, их форма и морфология поверхности могут служить основой для оценки их влияния на свойства систем наполнитель–связующее, т. е. конечные свойства композиционного материала.

Эксплуатация промышленных и сельскохозяйственных сооружений часто происходит в условиях повышенной влажности, это провоцирует биологическую коррозию и выводит ее в разряд факторов, определяющих сроки эксплуатации строительных конструкций. Биологическую коррозию провоцируют не только внешние факторы (влажность, температура, наличие органических загрязнений), но и внутренние, связанные с составом, структурой и происхождением, композиционного вяжущего и его составляющих. Установлено, что наличие в его составе хотя бы одного негрибостойкого компонента снижает биостойкость строительного материала в целом [1–3]. Плесневые грибы (микробиоты) относятся к числу наиболее опасных биоструктуров строительных материалов. Это обусловлено мощностью и лабильностью ферментативного аппарата плесневых грибов, быстрым ростом их мицелия, коротким вегетативным и мутагенным периодами [4, 5]. Однако природные и техногенные минеральные наполнители могут быть в различной степени подвержены поражению плесневыми грибами.

Для проектирования композиционных строительных материалов, устойчивых к микологической агрессии, необходимо знать грибостойкость составляющих их компонентов. Однако классификация минеральных наполнителей по биостойкости и фунгицидности (способности подавлять развитие плесневых грибов) отсутствует. Отсутствие систематических сведений об интенсивности поражения плесневыми грибами наиболее распространенных и перспективных композиционных наполнителей строительных материалов обуславливает необходимость изучения их индивидуальной грибостойкости. Представляет интерес оценить их биостойкость, т. е. способность материала сохранять исходные нормативные показатели в течение заданного времени службы в процессе или после воздействия биофактора, а именно грибостойкость наиболее распространенных минеральных наполнителей строительных композитов и попытаться установить взаимосвязь грибостойкости с происхождением наполнителя и его химическим составом.

Исследования грибостойкости проводили по ГОСТ 9.048–89 «Единая система защиты от коррозии и старения. Изделия технические. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов» методами А и Б. Сущность метода А заключается в том, что образцы минеральных наполнителей заражали водной суспензией спор плесневых грибов и выдерживали в условиях, оптимальных для их развития в течение 28 сут. Сущность метода Б в том, что образцы заражали суспензией спор грибов в питательной среде (Чапека–Докса) и также выдерживали в условиях, оптимальных для их развития в течение 28 сут. Методом А устанавливали грибостойкость образцов, методом Б – фунгицидность.

Объектами исследований служили образцы минеральных наполнителей различного происхождения и состава, большая часть которых добывается в Белгородской области (Центрально-Черноземный регион РФ) либо производится из сырья вскрышных пород КМА (Курская магнитная аномалия). Результаты исследования минеральных наполнителей различных генетичес-



Зависимость грибостойкости образцов модельных систем минералов от модуля активности

Наполнитель (месторождение)	Содержание оксидов, мас. %		Модуль активности, M <sub>акт</sub>	Характеристика по ГОСТ 9.048-89		
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Степень обрастания		Грибостойкость
				Метод А	Метод Б	
I. Пески полиминеральные механогенные						
Сланцевые (Шамраевское)	31,19	24,28	0,778	0	2	Грибостоек
Сланцевые (Стойленское)	65,52	15,78	0,241	1	2	Грибостоек
Сланцевые (Лебединское)	60,65	16,93	0,279	1	3	Грибостоек
Гранитные (Яковлевское)	72,75	14,97	0,216	2	3	Грибостоек
Отходы ММС* (Лебединский ГОК)	65,17	2,23	0,034	3	5	Негрибостоек
II. Пески мономинеральные (кварцевые)						
Механогенные						
Отсев дробления кварцитопесчанника (Губкинское)	98,01	0,8	0,008	3	5	Негрибостоек
Отсев дробления (Лебединский ГОК)	96,31	2,34	0,024	3	5	Негрибостоек
Природные						
Природные пески (Лебединское)	95,23	1,37	0,014	3	5	Негрибостоек
Природные пески (Нижне-Ольшанск)	91,4	2,25	0,025	3	4	Негрибостоек
III. Наполнители мономинеральные (карбонатные) механогенные						
Известняк хемогенный (Яковлевское)	24,45	0,47	0,192	3	4	Негрибостоек
Известняк органогенный (Крымское)	21,79	0,32	0,147	3	4	Негрибостоек
IV. Наполнители полиминеральные пирогенные						
Шлак ОЭМК**	49,54	25,64	0,518	0	3	Грибостоек
Доменный гранулированный шлак	40,08	7,5	0,187	0	2	Грибостоек
Зола ТЭЦ	50,4	20,86	0,414	0	3	Грибостоек
Керамзитовый гравий	57,43	16,78	0,292	1	3	Грибостоек
Пыль ОЭМК**	8,47	2,83	0,344	1	3	Грибостоек
Перлит вспученный	67,98	12,45	0,183	3	5	Негрибостоек

\* ММС – мокрая магнитная сепарация; \*\*ОЭМК – Оскольский электрометаллургический комбинат.

ких типов позволили ранжировать их по степени грибостойкости и фунгицидности и предложить следующую классификацию (см. таблицу).

Анализ полученных данных показал, что наименьшей грибостойкостью (3 балла по методу А и 3–5 баллов по методу Б) обладают: мономинеральные кварцевые и полиминеральные наполнители, содержащие более 60% диоксида кремния и менее 15% по массе оксида алюминия (пески, кварциты, сланцы, граниты, кварцитопесчанники, вспученный перлит, вулканический туф, хвосты мокрой сепарации Лебединского ГОКа); мономинеральные карбонатные наполнители механогенного происхождения (известняки Яковлевского и Крымского месторождений). Уменьшение содержания диоксида кремния и увеличение содержания оксида алюминия сопровождается ростом грибостойкости минеральных заполнителей до 0–2 баллов (метод А).

Установлено, что ни один из исследованных минеральных наполнителей не обладает фунгицидными свойствами. Грибостойкость по методу Б составила 2–5 баллов. Замечено, что их грибостойкость зависит от содержания и соотношения оксидов алюминия и кремния, т. е. определяется так называемым модулем активности:

$$M_{\text{акт}} = \frac{C_{\text{Al}_2\text{O}_3}}{C_{\text{SiO}_2}}$$

Для уточнения зависимости грибостойкости от соотношения оксидов кремния и алюминия в минералах была исследована грибостойкость модельных систем и получена зависимость степени обрастания образцов плесневыми грибами от модуля активности минеральных компонентов (рисунок).

Результаты исследований на грибостойкость модельных минеральных систем показывают, что негри-

бостойкими (степень обрастания плесневыми грибами 3 и более баллов) являются системы с модулем активности менее 0,215. Поэтому по величине модуля активности как природного, так и техногенного наполнителя можно прогнозировать его грибостойкость.

Таким образом, наиболее распространенные генетические типы природного и техногенного сырья, используемого для производства наполнителей, проранжированы по степени грибостойкости. Полученные результаты позволяют рекомендовать использование тех или иных наполнителей для производства строительных изделий и конструкций, работающих в условиях повышенной биокоррозионной опасности, и в частности на предприятиях пищевой промышленности и в животноводческих и птицеводческих комплексах.

#### Список литературы

1. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Селяев В.П. и др. Биологическое сопротивление полимерных композитов // Изв. вузов. Строительство. 1993. № 10. С. 44–49.
2. Анисимов А.А., Смирнов В.Ф. Биоповреждения в промышленности и защита от них. Горький: ГГУ. 1980. 81 с.
3. Иванов Ф.М. Биокоррозия неорганических строительных материалов // Биоповреждения в строительстве: Сб. докл. М.: Стройиздат. 1984. С. 183–188.
4. Микельсене А.И., Лугаускас А.Ю. К вопросу ферментативной активности грибов, разрушающих неметаллические материалы // Биологическое повреждение материалов. Вильнюс: Изд-во АН ЛитССР. 1979. С. 93–100.
5. Озерль Л.Ю., Шевцова Р.Г. Биологическая коррозия строительных конструкций животноводческих комплексов и защита от биоповреждений // Строит. материалы. 2006. № 12. С. 32–34.

Н.В. ЧЕРНЫШЕВА, канд. техн. наук, А.Ю. ЧЕРНЫШЕВ, канд. техн. наук,  
М.Б. РЫБЦОВА инженер,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Быстротвердеющие бетонные смеси для дорожного строительства

В современных условиях часто возникает необходимость в кратчайшие сроки восстанавливать дорожные покрытия либо прокладывать их заново, проводить аварийно-спасательные работы, доставлять технику, продовольствие, медикаменты в условиях полного бездорожья. Бездорожье тормозит решение производственных и социально-бытовых проблем, особенно в сельской и отдаленной от центра местности.

Новым решением проблемы сокращения сроков строительства и проведения ремонта автомобильных дорог является укрепление конструкций дорожных одежд эффективными быстротвердеющими бетонными смесями на основе композиционных гипсовых вяжущих (КГВ) с использованием побочных продуктов и отходов производства.

Возможность укрепления щебеночных оснований автомобильных дорог суспензиями высокой проникающей способности на смешанных гипсовых вяжущих повышенной водостойкости рассматривали в [1, 2]. Однако эти вяжущие до настоящего времени в дорожном строительстве не нашли применения.

Решить проблему снижения себестоимости дорожного строительства можно за счет использования в качестве мелкого заполнителя бетона техногенного сырья. Наиболее крупнотоннажным техногенным сырьем на территории России являются отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (ММС), представляющие собой тонкозернистый песок. На их долю ежегодно приходится около 80% добытой из недр горной массы, только на территории Курской магнитной аномалии (КМА) скопилось в хвостохранилищах более 1 млрд т [1].

В настоящей работе приведены результаты исследования, целью которых являлась разработка быстротвердеющих бетонных смесей с высокой проникающей способностью на основе композиционных

гипсовых вяжущих и химических добавок с использованием механохимической активации.

При разработке таких бетонов необходимо обеспечить связывание большей части алюминатов с гипсом с образованием эттрингита в начальный период твердения системы и одновременное повышение степени гидратации портландцемента механохимической активацией; поддерживать при твердении концентрацию гидроксида кальция на уровне, обеспечивающем образование различных гидратных новообразований, в том числе низкоосновных гидроалюминатов кальция.

В данной работе в качестве активной кремнеземистой добавки в гипсоцементных композициях использованы отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (ММС), которые представляют собой тонкозернистый техногенный песок ( $M_{кр} < 1$ ) и содержат более 70% кварца. Это отходы в основном представленны диагенетически измененным высокорекреационным кварцем (халцедоновая разновидность слабоупорядоченного кварца) и имеют следующий химический состав (по основным оксидам), масс. %:  $SiO_2 - 77,72$ ;  $Fe_2O_3 - 6,58$ ;  $FeO - 7,12$ ;  $CaO - 1,48$ ;  $MgO - 2,26$ ;  $Al_2O_3 - 0,57$ . Запасы такого песка в отвалах КМА составляют сотни миллионов тонн [1].

В результате проведенных исследований установлено, что отходы ММС, измельченные до удельной поверхности  $500-700 \text{ м}^2/\text{кг}$ , могут обеспечить снижение концентрации гидроксида кальция до регламентированных пределов (в соответствии с ТУ 21-31-62-89 «Гипсоцементно-пушчолановое вяжущее»). Об эффективности действия кремнеземистой добавки свидетельствует снижение концентрации оксида кальция в растворе через 5 сут до  $0,67-0,73 \text{ г/л}$ , через 7 сут до  $0,37-0,42 \text{ г/л}$ , что характерно для составов, содержащих достаточное количество природных активных минеральных добавок. На

основе полученных данных рекомендуется применять следующие составы КГВ, мас. %: гипсовое вяжущее 60–70, портландцемент 10–15, кремнеземистая добавка из отходов ММС 15–30.

Способность связывать гидроксид кальция в присутствии воды при обычных температурах обусловлена содержанием в отходах ММС нескольких генераций кварца, беспорядочно распределенного по объему. При измельчении кремнеземистой добавки еще более снижается степень упорядоченности и плотность, на поверхности зерен кварца образуется нарушенный микрослой, содержащий в очень ограниченных количествах аморфный  $SiO_2$  [1]. Интенсивная механическая обработка повышает химическую активность кремнеземистой добавки.

Для установления влияния дисперсности и соотношения компонентов в КГВ на свойства и структуру твердеющей композиции вяжущего с водой изучали влияние тонкости помола отходов ММС на основные физико-механические свойства вяжущего. Помол производили в лабораторной шаровой мельнице. Тонкость помола определяли с помощью прибора ПМЦ-500 согласно ГОСТ 310.2-81. Вяжущее готовили тщательным перемешиванием всех компонентов, совмещенным с кратковременным помолем в течение 5 мин. Результаты исследования основных свойств КГВ, содержащего 70% гипса, 15% цемента и 15% ММС, приведены в табл. 1.

Чтобы исключить явление флокуляции, вводили поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые снижают водопотребность вяжущего и способны диспергировать частицы твердой фазы – суперпластификаторы С-3 и СБ-3. Для регулирования сроков схватывания вяжущего использовали жидкий отход производства лимонной кислоты – цитратный фильтрат (ЦФ). Пластифицирующий эффект ПАВ устанавливали по консистенции паст при постоянном водовязущем отно-

Таблица 1

Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	Подвижность смеси, мм	Сроки схватывания, мин-с		Прочность при сжатии, МПа, через			
		Начало	Конец	2 ч	7 сут	28 сут	28 сут. сухой образец
7000	175	9	12	5,5	12,75	12,8	20,6
5000	180	9	12	5,3	12,6	13	22
3000	190	9–30	12–30	5,1	12,15	12,5	21,5

Таблица 2

Вид добавки	Содержание добавки, % массы вяжущего	Расплав конуса, мм	Сроки схватывания, мин-с		Прочность при сжатии, МПа, через		
			Начало	Конец	2 ч	7 сут	28 сут
Без добавки	—	110	7–4	9–4	4,9	18	20
		180	8–30*	11–30	3,2*	13,6*	13,6*
СБ-3	0,1	145	9–30	12	5,4	21	21,7
	0,3	200	18	22–2	3,75	19,2	20
	0,5	220	25	28–30	2,9	17,5	18
С-3	0,1	150	8–30	11–30	5,5	22	23,3
	0,3	195	8–30	11	5,1	21,5	22
	0,5	220	8	11	4,9	19	20,5
Цитратный фильтрат (ЦФ)	0,3	120	10–30	15–30	5,5	17	17,2
	0,6	120	15–30	20	4,5	16	16,9
	0,9	120	20	25	4,25	14,2	14,5
	1,5	120	29	36	3,85	11,5	13,25
СБ-3(0,5%) + ЦФ(1,5%)		180	53	72	4,25	9	11,5
С-3 (0,5%) + ЦФ(1,5%)		180	44–30	57	3,75	10,5	12,25

Примечание. \* В/В=0,52.

шении. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Добавка С-3 в количестве 0,1–0,5% практически не оказывает влияния на сроки схватывания КГВ, но значительно повышает прочность в начальные сроки твердения, а также высушенных до постоянной массы образцов.

Добавка СБ-3 в количестве 0,1–0,5% позволяет регулировать в широких пределах сроки схватывания вяжущего (9,5–28,5 мин) практически без снижения прочности во все сроки твердения.

Добавка ЦФ (цитратный фильтрат) неэффективна как пластифицирующая, но она позволяет регулировать сроки схватывания вяжущего. Введение ее в количестве 1,5% отодвигает начало схватывания до 36 мин. Значительное замедление сроков схватывания приводит к снижению прочности образцов во все сроки твердения (табл. 2).

Применение комплексных добавок (С-3+ЦФ; СБ-3+ЦФ) позволя-

ет в широких пределах регулировать сроки схватывания (44–72 мин) и скорость твердения КГВ.

Исследование влияния комплексной химической добавки СБ-3(0,5%)+ЦФ(1,5%) на фазовый состав, гидратацию и структурообразование при твердении КГВ с помощью рентгеноструктурного и дифференциально-термического методов показало, что принципиального различия в фазовом составе образцов с комплексной химической добавкой и без нее нет. Основным цементирующим веществом исследованных проб является двухводный сульфат кальция. На рентгенограммах образцов присутствуют линии карбоната кальция, кварца, частично закристаллизованного тоберморитоподобного гидросиликата кальция, следы портландита; линии этtringита на рентгенограммах обнаружены у 7 сут образцов без комплексной химической добавки; у образцов с комплексной добавкой этtringит образуется в

меньшем количестве, образцы в возрасте одного года имеют лишь следы этtringита.

На термограммах образцов в возрасте 7 сут имеется два основных эндотермических эффекта. Сдвоенный эффект с максимумами при 160–220°C характерен для двухводного гипса; при 560°C – для портландита (образцы без химической добавки); при 890–910°C он вызван диссоциацией карбоната кальция (отмечен на термограммах всех образцов); эффект при 879°C характерен для кварца в свободном состоянии.

Экзотермический эффект при температуре 500°C свидетельствует об окислении Fe<sup>2+</sup> в Fe<sup>3+</sup>, содержащегося в отходах ММС. Оксиды Fe<sup>3+</sup> могут наравне с кремнеземом принимать участие в пуццолановой реакции, причем продукт пуццолановой реакции (гидравлит) и оксиды Fe<sup>3+</sup> взаимодействуют между собой. Свободная энергия цепочки Fe–O–Si примерно равна таковой для цепочки Si–O–Si. Поэтому оксиды железа не вносят существенных изменений по сравнению с общей силикатной матрицей и не влияют на структуру и свойства гидратных образований. Экзотермические эффекты разложения C<sub>2</sub>SH<sub>2</sub> и CSH(V) при температуре 780–820°C накладываются на эндотермический эффект декарбонизации.

Таким образом, на основе проведенных экспериментов было установлено, что при введении комплексной химической добавки СБ-3+ЦФ с водой затворения быстротвердеющие смеси на основе КГВ сохраняют свою жизнеспособность в течение 53 мин. Необходима разработка технологии приготовления быстротвердеющих смесей из КГВ для укрепления дорожных оснований из условия сохранения их высокой проникающей способности во времени.

#### Список литературы

1. Лесовик Р.В. Мелкозернистые бетоны с использованием техногенных песков Курской магнитной аномалии для строительства укрепленных оснований автомобильных дорог. Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова. 2004. С. 18–23.
2. Ферронская А.В. Перспективы производства и применения гипсовых материалов в XXI веке // Материалы всероссийского семинара «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». Москва. 22–23 апреля 2002 г. С. 22–29.

А.М. ГРИДЧИН, В.В. ЯДЫКИНА, доктора техн. наук, Д.А. КУЗНЕЦОВ,  
М.А. ВЫСОЦКАЯ, А.В. КУЗНЕЦОВ, кандидаты техн. наук,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Особенности свойств поверхности кислых минеральных материалов для асфальтобетонных смесей

Процессы взаимодействия минеральных составляющих и битума на поверхности их раздела влияют на свойства битумо-минеральных композитов.

Наибольшие различия в молекулярно-поверхностных свойствах, определяющих сцепление с вяжущим, наблюдаются между основными материалами из карбонатных пород и кварцевыми кислыми материалами.

Свойства поверхности минеральных материалов имеют решающее значение в процессах адсорбции вяжущих.

Техногенные сырьевые материалы, используемые в строительстве, в значительной степени отличаются от традиционных. В частности, отходы Курской магнитной аномалии содержат высокое количество оксидов железа и являются кислыми. Так, в кварцитопесчанике Лебединского ГОКа количество диоксида кремния составляет более 90%, что согласно существующим представлениям [1] не обеспечивает надлежащего сцепления с битумом.

Однако известно, что при взаимодействии минеральных материалов с органическим вяжущим битум вступает в контакт с поверхностным адсорбционным слоем, состав которого может значительно отличаться от состава породы и за счет этого оказывать влияние на сцепление [2].

Кроме того, в кварцитопесчанике содержится метаморфогенный кварц зеленосланцевой фации метаморфизма, который благодаря специфике генезиса имеет ряд структурных дефектов [3]. Их наличие не может не отражаться на состоянии и свойствах поверхности породы, а именно на концентрации активных поверхностных центров.

На поверхности твердых минеральных материалов, в том числе кремнеземсодержащих, имеются кислотные и основные центры льюисовского и бренстедовского типов, которые, очевидно, и определяют ее активность по отношению к вяжущим и способность обеспечивать прочные адгезионные контакты между вяжущим и поверхностью минеральных материалов.

Одним из современных комплексных критериев оценки дисперсных материалов, позволяющих судить о физико-химическом состоянии и активности их поверхности, является распределение центров адсорбции (РЦА) [4].

Этот метод в спектрофотометрическом варианте, основанный на изменении окраски раствора при адсорбции индикатора на активных поверхностных центрах твердого тела, был применен для оценки активности поверхности минеральных материалов асфальтобетонных смесей, а также для прогнозирования взаимодействия их с битумом и влияния на свойства асфальтобетона (см. рис.).

Исходя из традиционных представлений активность битумов по отношению к минеральным материалам определяют в основном анионноактивные вещества — асфальтогеновые и нафтеновые кислоты, поэтому они будут взаимодействовать с основными бренстедовскими центрами, которых на поверхности кварцитопесчаника значительно больше, чем на поверхности гранита и кварцевого песка. Общее число активных центров на

поверхности кварцитопесчаника также выше, чем на традиционных минеральных материалах, поэтому можно предположить, что он будет более активно взаимодействовать с битумом.

Суммарное содержание центров адсорбции на поверхности различных минеральных материалов приведено в табл. 1.

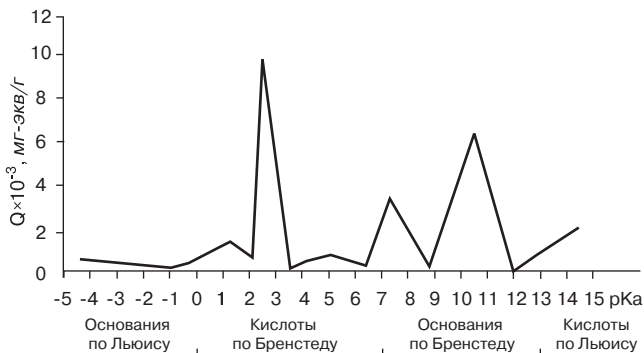
Характер процессов на границе поверхность минерального материала — битум изучали по уровню адгезии битума к каменным материалам и по влиянию минерального порошка на свойства асфальтового вяжущего.

Так, на поверхности кварцитопесчаника после десорбции битума бензолом остался 61% первоначально адсорбированного вяжущего, а на поверхности кварцевого песка — 28%. Полученные результаты можно отнести за счет происходящих между органическими и минеральными материалами хемосорбционных процессов, обусловленных наличием на поверхности активных центров адсорбции.

Это подтверждено результатами ИК-спектроскопических исследований. ИК-спектры образцов битума после взаимодействия с порошком кварцитопесчаника характеризуются снижением интенсивности соответствующих пиков, что свидетельствует об уменьшении количества ароматических ( $1600\text{ см}^{-1}$ ), нафтеновых ( $875, 675\text{ см}^{-1}$ ) соединений и кислотных групп ( $1720\text{ см}^{-1}$ ) в составе битума после взаимодействия его с порошком кварцитопесчаника.

Показатели сцепления минерального материала и битума определяли методом избирательной адсорбции красителей и весовым методом.

Результаты исследований поверхности минерального материала, покрытой битумом, приведенные в табл. 2, показывают, что способность кварцитопесчаника и песка, имеющих практически одинаковые химический и минералогический составы, удерживать на своих поверхностях битумную пленку совершенно различна, причем кварцитопесчаник по этому показателю ближе к известняку, чем к граниту и кварцевому песку.



Распределение центров адсорбции на поверхности кварцитопесчаника



Таблица 1

Минеральный материал	Количество центров адсорбции, $\times 10^{-3}$ , мг-экв/г			
	Кислоты по Бренстеду	Основания по Бренстеду	Кислоты по Льюису	Общее количество активных центров
Кварцитопесчаник	14,28	10,56	1,97	26,81
Гранит	12,28	6,6	1,1	19,98
Кварцевый песок	10	7,8	0,45	18,25

Таблица 2

Минеральный материал (фракция 0,315–0,63 мм)	Адгезия битума методом красителей, %			Адгезия битума, определенная весовым методом, %
	До кипячения	После кипячения	Коэффициент адгезионной устойчивости	
Кварцитопесчаник	77	65	0,84	76
Гранит	76	46	0,6	65
Кварцевый песок	62	30	0,48	48
Известняк	84	74	0,88	78

Таблица 3

Показатели	Минеральный порошок			
	Кварцитопесчаник	Гранит	Кварцевый песок	Известняк
Водонасыщение, %	2,32	2,55	2,94	1,95
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	2320	2310	2210	2100
Набухание, %	2,5	2,63	2,73	2,01
Предел прочности при сжатии, МПа, при 50°С	2,8	2,6	2,1	3
	6,4	6,1	5,6	7
в водонасыщенном состоянии при 20°С	5,2	4,5	3,8	6
Коэффициент водостойкости	0,81	0,74	0,68	0,86

При изучении микрофотоснимков битумо-минеральных материалов, видно, что практически вся поверхность кварцитопесчаника в отличие от кварцевого песка покрыта пленкой битума.

Таким образом, установлено, что при взаимодействии битума с кварцитопесчаником происходит образование химических связей за счет наличия активных адсорбционных центров на его поверхности, обуславливающее хорошее сцепление с битумом, что должно позитивно отразиться на свойствах органоминеральных композитов.

Учитывая, что значительное влияние на качество асфальтобетона оказывают свойства композиции битум – минеральный порошок, изучение свойств асфальтового вяжущего позволяет получить наиболее полное представление о взаимодействии исследуемого минерального материала и битума, а также прогнозировать свойства асфальтобетона на их основе. Физико-механические свойства асфальтового вяжущего приведены в табл. 3.

Результаты исследований асфальтового вяжущего подтверждают ранее полученные зависимости и показывают, что содержание диоксида кремния в минеральном материале имеет большое, но не решающее значение при взаимодействии с битумом. При использовании кварцитопесчаника асфальтовое вяжущее имеет наиболее высокие показатели, а при использовании кварцевого песка – самые низкие, хотя они имеют одинаковые химический и минералогический составы.

Свойства асфальтобетона с минеральной частью, состоящей полностью из кварцитопесчаника, также характеризуются высокими показателями, удовлетворяющими требованиям ГОСТ. Это позволяет сделать вывод о возможности производства асфальтобетона со щеб-

нем, песком и минеральным порошком из кварцитопесчаника при наличии достаточного количества мелкой фракции (менее 0,071 мм) в отсеве дробления.

Таким образом, при получении высококачественных органоминеральных композитов важно учитывать не только природу минеральных компонентов, но и состояние их поверхности, а именно наличие на ней активных адсорбционных центров, которые могут адсорбировать практически все органические соединения, содержащиеся в битуме, и за счет этого обеспечивать прочные адгезионные контакты между вяжущим и поверхностью минеральных материалов. Это опровергает устоявшиеся взгляды на неэффективность использования минеральных материалов из кислых пород в органоминеральных композитах и позволяет предложить новый критерий оценки минерального сырья для производства асфальтобетона по количеству активных адсорбционных центров на его поверхности.

#### Список литературы

1. Гезенцев Л.Б., Горельшев Н. В., Богуславский А. М., Королев И.В. Дорожный асфальтобетон / Под ред. Л.Б. Гезенцева. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Транспорт. 1985. 350 с.
2. Кучма М.И. Поверхностно-активные вещества в дорожном строительстве. М.: Транспорт. 1980. 191 с.
3. Лесовик В.С. Повышение эффективности производства строительных материалов с учетом генезиса горных пород: Научное издание. М.: Изд-во АСВ. 2006. 526 с.
4. Комохов П.Г., Шангина Н.Н. Конструирование композиционных материалов на неорганических вяжущих с учетом активных центров поверхности наполнителя // Вестник отделения строительных наук РААСН. 1996. Вып. 1. С. 31.

Р.В. ЛЕСОВИК, канд. техн. наук, М.В. КАФТАЕВА, канд. техн. наук,  
С.М. ШАПОВАЛОВ, канд. техн. наук, С.А. БЕЛОБРОВА, инженер,  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Использование техногенных песков в дорожном строительстве

Центральный федеральный округ (ЦФО) занимает весьма выгодное географическое положение и обладает развитым транспортным комплексом, по густоте сети автомобильных дорог он существенно превышает средние показатели по России. В последние годы сильно возрос транспортный поток, связанный с развитием автодорожного и перевозкой крупнотоннажных транзитных грузов по территории ЦФО. В связи с этим существует острая необходимость в создании такой сети автодорог, которая отвечала бы стандартам безопасности и комфорта движения, соответствовала требованиям к всевозрастающей грузопропускной способности, обеспечивала пропуск транспортных потоков в полном объеме.

При строительстве современных конструкций дорожных одежд должны быть учтены основные требования надежной работы дорожной конструкции в межремонтные сроки при перспективной интенсивности движения, сохранения требуемой прочности дорожной одежды и ровности покрытия; технологичности устройства конструктивных слоев и индустриализации дорожно-строительных процессов, минимальной трудоемкости работ; минимальной материалоемкости дорожной конструкции при экономичном расходе дефицитных материалов; минимальной стоимости дорожной конструкции. Разработка и получение минерального бетона с высокоплотной упаковкой за счет оптимально подобранной гранулометрии и использования местного щебеночного материала из попутно-добываемых скальных пород Курской магнитной аномалии является актуальной задачей [1]. Немаловажно, что получение минеральной смеси и устройство оснований дорожных одежд из минерального бетона возможно круглогодично. Укрепление оснований смесями с высокой проникающей способностью (СВПС), полученных путем совместного помола цемента и отходов мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (ММС), позволяет не

только повысить транспортно-эксплуатационные свойства автомобильной дороги, но и способствует утилизации самого крупнотоннажного отхода [2].

Получение СВПС возможно с введением в их состав функциональных добавок – суперпластификаторов, регуляторов сроков схватывания и твердения растворных смесей, электролитов. С одной стороны, эти добавки увеличивают смачиваемость и проникающую способность СВПС, с другой – улучшают физико-механические параметры дорожных одежд: морозостойкость, прочностные показатели и др.

Из минеральных вяжущих веществ наиболее перспективными в производстве СВПС являются тонкомолотые цементы (ТМЦ), обладающие необходимыми структурными и реологическими параметрами, обуславливающими высокую проникающую способность по сравнению с другими вяжущими. При этом возможно заменить часть клинкерной составляющей на отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов при помоле, что приводит к экономии клинкера без существенного снижения прочностных и других характеристик полученных вяжущих.

При использовании смесей с высокой проникающей способностью для укрепления дорожных оснований важно определить их проникающую способность во времени, которая напрямую зависит от степени подвижности СВПС.

Проведены исследования по определению потери подвижности СВПС во времени методом расплыва мини-конуса. За исходные точки были взяты смеси на основе предложенных вяжущих с оптимальным содержанием добавки С-3 и Melment F 10 и диаметром расплыва мини-конуса 170 мм. За контрольную точку

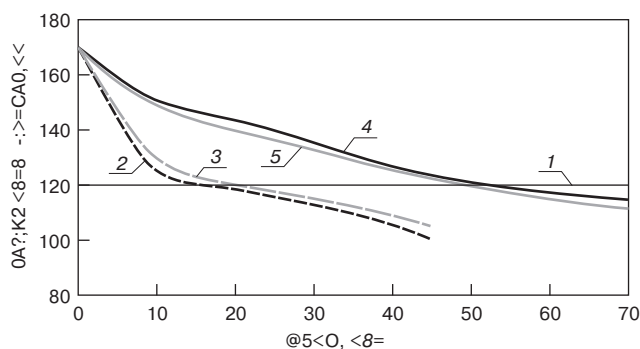


Рис. 1. Зависимость диаметра расплыва мини-конуса от времени выдержки СВПС: 1 – контрольный образец, суперпластификатор вводился с водой затворения; 2 – ТМЦ + 50% ММС + С-3; 3 – ТМЦ + 50% ММС + Melment F 10; 4 – то же, суперпластификатор вводился перед укладкой смеси



Рис. 2. Образцы-призмы дорожного основания, укрепленного СВПС: а – с добавкой С-3; б – с добавкой Melment F 10

Тип заполнителя	Гранулометрия составов минеральных смесей	Суперпластификатор	Прочность при сжатии в возрасте 28 сут, МПа	Модуль упругости, $\times 10^3$ МПа	K <sub>мрз</sub> при морозостойкости	
					100 циклов	200 циклов
Породы сланцевой толщи	Непрерывная	Melment F 10	29,8	5,75	0,91	0,651
		C-3	28,7	5,7	0,907	0,648
	Прерывная	Melment F 10	29,2	5,74	0,914	0,649
		C-3	28,1	5,68	0,903	0,651
Гранит	Непрерывная	Melment F 10	32,1	6,43	0,911	0,652
		C-3	31,4	6,29	0,91	0,649
	Прерывная	Melment F 10	33,6	6,45	0,912	0,654
		C-3	30,1	6,25	0,909	0,647
Кварцито-песчаник	Непрерывная	Melment F 10	30,4	5,97	0,911	0,65
		C-3	29,5	5,82	0,91	0,649
	Прерывная	Melment F 10	29,8	5,85	0,913	0,654
		C-3	29,1	5,8	0,911	0,647

принималась точка диаметра расплыва мини-конуса 120 мм, ниже которой смесь не обладает проникающим в толщу основания. Суперпластификатор вводился с водой затворения непосредственно после выдержки смеси (раздельное введение добавок). Расплыв мини-конуса замерялся через каждые 10 мин выдержки смеси (рис. 1).

При введении суперпластификатора C-3 с водой затворения СВПС сохраняли свою проникающую способность для ТМЦ-50 + 50% ММС в течение 16 мин, а с Melment F 10 – 18 мин. Однако при введении добавки непосредственно перед укладкой смесей картина сохранения их полной проникающей способности другая. Увеличение удельной поверхности и содержания в вяжущих микронаполнителей приводит к отдалению предела проникающей способности с 50 мин до 52 и 54 мин для ТМЦ-50 + C-3 и ТМЦ-50 + + Melment F 10 соответственно.

На основе подобранных составов смесей с высокой проникающей способностью были поставлены опыты по укреплению минеральных щебеночных смесей на основе кварцито-песчаника, пород сланцевой толщи и гранита. Составы смесей на основе щебеночного материала из гранита Кременчугского месторождения (Украина) исследовались для сравнения. Испытания проводились с составами с прерывной и непрерывной гранулометрией. Образцы призмы размером 10×10×40 см формовались методом пропитки щебеночного каркаса высокопроницаемыми смесями (рис. 2).

Результаты теоретических и экспериментальных исследований вяжущих, полученных с использованием отходов ММС железистых кварцитов, позволяют разработать широкий спектр составов СВПС для устройства укрепленных оснований автомобильных дорог.

Важнейшим фактором, обеспечивающим долговечность минерального бетона, является морозостойкость, которая определяется и зависит от множества факторов, важнейшим из которых является состав и строение цементного камня, а также характеристика порового пространства. Наличие микронаполнителей с повышенным числом частиц размером менее 0,63 мм, преобладание частиц остроугольной, игольчатой или лещадной формы ставят задачу исследования морозостойкости щебеночного основания, укрепленного СВПС с микронаполнителем из отходов ММС.

Испытания на морозостойкость проводились в полуавтоматической морозильной камере. Все изготовленные образцы выдерживали 28 сут в условиях нор-

мального твердения. Образцы перед началом испытаний в течение 48 ч насыщали солевым раствором.

Образцы всех составов выдержали более 100 циклов попеременного замораживания-оттаивания, что удовлетворяет требованиям для нижних укрепленных оснований всех категорий дорог в умеренных климатических условиях. Коэффициент морозостойкости K<sub>мрз</sub>, который равен отношению предела прочности образцов после испытаний на морозостойкость к пределу прочности контрольных образцов, соответствует рекомендуемому коэффициенту не менее 0,75.

В таблице показаны физико-механические свойства укрепленных оснований в зависимости от вида суперпластификатора СВПС; во всех образцах использовалось вяжущее ТМЦ-50 и суперпластификатор (Malment F 10 в дозировке 0,4% или C-3 в дозировке 0,42%), водовязущее отношение выдерживалось равным 0,4.

Разработанные материалы с непрерывной гранулометрией, укрепленные СВПС с применением суперпластифицирующей добавки Melment F 10, по физико-механическим свойствам несколько превосходят составы с прерывной гранулометрией. Наилучшие результаты получены при укреплении минеральными смесями, подобранными на основе щебеночного материала из гранита, но разница в показателях незначительная, следовательно, данный факт говорит о целесообразности замены дорогостоящего привозного сырья местным щебеночным материалом.

Таким образом, установлена эффективность и целесообразность использования крупнотоннажных отходов ММС для получения композиционных вяжущих типа ТМЦ, которые позволяют получать материал, удовлетворяющий требованиям, предъявляемым к дорожно-строительным материалам.

#### Список литературы

1. Гридчин А.М., Хархардин А.Н., Лесовик Р.В., Шаповалов С.М. Минеральные бетоны для щебеночных оснований // Строит. материалы. 2004. № 3. С. 18–19.
2. Гридчин А.М., Лесовик В.С., Шаповалов С.М., Ряпухин Н.В., Забирко А.Г. Минеральные бетоны для оснований автомобильных дорог на основе попутно добываемых пород КМА // Проблемы строительного и дорожного комплексов: Сборник научных трудов по итогам международной научно-технической конференции. Выпуск 4. Брянск: БГИТА. 2006. С. 9–12.

В.Э. АБСИМЕТОВ, д-р техн. наук, А.Ш. КАЛМАГАМБЕТОВА, канд. техн. наук, НПФ «Казантикор» (г. Караганда, Казахстан), А.А. ГУТОРОВ, инженер, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## **Огнезащитная эффективность вспучивающихся покрытий для металла**

В зависимости от действующих нагрузок строительные конструкции в условиях пожара при температуре 450–650°C теряют в той или иной степени несущую способность. При этом наблюдается резкое нарастание деформаций, рост ползучести стали при нагрузках различной интенсивности [1].

Вследствие возведения больших строительных объектов, повышения этажности зданий, применения новых видов строительных конструкций из прогрессивных материалов происходит повышение пожарной опасности зданий и сооружений. Это лишний раз подтверждает необходимость пассивной огнезащиты – нанесения на строительные конструкции специальных покрытий, образующих на поверхности при развитии пожара экран, обладающий теплоизоляционными свойствами. Этот экран предохраняет металл от перегрева и разрушения, а древесину от воспламенения. Изучение влияния большого числа различных компонентов методом термического анализа и испытания покрытий на огнезащитную эффективность позволило разработать огнезащитные вспучивающиеся составы [2], эффективно защищающие металлические и деревянные конструкции при возникновении пожара.

Метод испытания на огнестойкость по НПБ 236–97 заключается в тепловом воздействии на опытный образец и определении огнезащитной эффективности покрытий.

Были испытаны образцы, покрытые огнезащитными составами, в рецептуре которых использованы соответственно волластонит (состав 2), вермикулит (состав 3) и асбест (состав 4), и образцы без покрытия (состав 1).

В качестве образцов использовались стальные пластины размерами 600×600×5 мм из стали Ст.3кп с нанесенным на них огнезащитными составами.

Испытания проводились до наступления критической температуры опытных образцов. В процессе испытаний регистрировались следующие показатели:

- время наступления предельного состояния;
- изменение температуры в печи;
- поведение огнезащитного покрытия (вспучивание, обугливание, отслоение, выделение дыма, продуктов горения и др.);
- изменение температуры на необогреваемой поверхности опытного образца.

Вермикулит как теплоизоляционный материал способствует незначительному уменьшению теплопроводности состава. Снижение теплопроводности вызвано наличием открытых пор большого размера. При приготовлении покрытия эти поры заполняются пленкообразующим компонентом, что и повышает среднюю плотность. Более низкая средняя плотность дан-

ного состава и наличие адсорбированной в порах вермикулита воды приводит к изменению кинетики прогрева образцов [2].

Защитные свойства проявляются уже после 350°C и характеризуются увеличением общей продолжительности нагревания опытного образца по сравнению с эталонной пластиной в два раза. Однако при температуре печи 900–1000°C происходит отшелушивание огнезащиты из-за отслаивания вермикулита, что снижает термическую стабильность образующегося вспененного слоя.

Через 5 мин после начала испытаний поверхность покрытия из состава 3 обугливается. Все это сопровождается обильным дымовыделением; к 10-й мин появляются отдельные вздутия, которые выравниваются к 17-й мин; к 20-й мин от начала опыта вспучивание покрытия достигает максимального значения (увеличилось в 10 раз); на 26-й мин увеличения объема вспученного слоя не наблюдается, происходит увеличение пористости вспученного пенококка; на 35-й мин наблюдается шелушение и отслаивание верхнего слоя пенококка и дальнейшее увеличение пористости; на 40-й мин температура на обратной стороне достигает максимального значения 500°C – на этом опыт прекращен.

Использование асбеста в качестве заполнителя привело к изменению характера нагревания вследствие значительного снижения средней плотности по сравнению с составом, содержащим вермикулит. Изменение характера нагревания образцов с покрытием состава 4 обусловлено трубчатым строением волокон асбеста [3].

Внутри волокна при перемешивании состава не выпадают пленкообразующие вещества и вода из-за малого размера пор, соизмеримого с размерами молекул воды. В связи с этим огнезащитные свойства начинают проявляться выше 50°C. Кроме того, волокна асбеста ведут себя как минеральная фибра, что позволяет сохранять сплошность покрытия при его расширении. Но этот состав имеет недостаток, проявляющийся в образовании больших пузырей из-за испарения физически связанной асбестом воды. Однако вспененный слой данного состава спекается без выгорания и разрушения.

Через 10 мин после начала испытаний наблюдается вспучивание, дымовыделение, обугливания не наблюдается; через 20 мин появляются отдельные вздутия, наблюдается выравнивание, и к 25-й мин вспучивание достигает максимального значения (в 5 раз); на 26-й мин вздутия лопаются в нескольких местах и вспученный слой уменьшается в 2 раза; на 37-й мин температура на обратной стороне достигает максимального значения 500°C и опыт прекращается.

В составе 2 в качестве наполнителя, выполняющего роль структурной добавки, использовался волластонит. Такая композиция показала при испытаниях качественно новые теплозащитные свойства покрытия. Эти свойства обусловлены тем, что в процессе усадки вспученного слоя покрытия под влиянием высокой температуры только игольчатые волокна волластонита, сплавляясь, создают барьер для выгорания оставшейся части пленкообразователя.

В составе 2 при термическом воздействии после 10 мин начинает вспучиваться слой, соприкасающийся с металлом; после 12 мин появляются отдельные вздутия, которые выравниваются к 16-й мин; общий объем увеличивается в 12–16 раз за счет термического разложения антипиренов; далее вспученный слой покрытий не изменяется; к 59-й мин появляются точечные трещины, при достижении 500°C опыт прекращается.

Таким образом, огнезащитный вспучивающийся состав на основе волластонита позволяет повысить огнестойкость металлических конструкций на 50%.

Испытания огнезащитной эффективности показали, что разработанный состав обеспечивает наибольшую огнестойкость – 60 мин. Пенококк с волластонитом имеет регулярную структуру огнезащитного покрытия, обеспечивающую эффективное равномерное вспучивание состава.

Как свидетельствуют результаты огневых испытаний металлических конструкций, огнестойкость в значительной степени зависит от толщины огнезащитного покрытия. Применение огнезащитного вспучивающегося состава 2 обеспечивает предел огнестойкости металлических конструкций:

– до 0,5 ч при толщине 1 мм;

– до 0,75 ч при толщине 1,5 мм;

– до 1 ч при толщине 2,2 мм.

Дальнейшее увеличение толщины покрытия не приводит к возрастанию предела огнестойкости.

Таким образом, можно заключить, что одним из эффективных путей повышения предела огнестойкости металлических и деревянных конструкций является создание огнезащитных составов с комплексным использованием отечественного минерального сырья и вторичных ресурсов, обладающих огнезащитными свойствами.

Огнезащитный вспучивающийся состав, содержащий в качестве одного из компонентов волластонит, в настоящее время успешно прошел испытания в аттестованной лаборатории научно-производственной фирмы «Казантикор» (Казахстан) и выпускается по ТУ 3510РК19694195 ТОО-05–2004 на одном из предприятий фирмы под названием «Казантикор-У».

Данный состав использовался при проведении мероприятий по огнезащитной обработке деревянных и металлических конструкций комплекса «Мир Фантазий АЙЯ» (Астана, Казахстан), деревянных конструкций крыш ряда средних общеобразовательных школ г. Караганды (Казахстан).

#### Список литературы

1. Романенков И.Г., Левитес Ф.А. Огнезащита строительных конструкций. М.: Стройиздат. 1991. 208 с.
2. Копылов В.В., Новиков С.Н., Оксентьевич Л.А. и др. Полимерные материалы с пониженной горючестью / Под ред. А. Н. Праведникова. М.: Химия. 1986. С. 67–71.
3. Кутайцев В.А. Технология теплоизоляционных материалов. М.: Стройиздат. 1988. С. 34–38.



## КОМПАНИЯ «БЕЛАНТИКОР»

многопрофильная организация, деятельность которой направлена на комплексную реконструкцию и восстановление старых аварийных зданий и сооружений

### Наша специализация:

- обследование объектов на пригодность к нормальной эксплуатации
- комплексная защита металлических и бетонных конструкций, трубопроводов различного назначения от коррозии
- весь спектр строительно-монтажных и отделочных работ
- работы по реконструкции и восстановлению ветхих, находящихся в аварийном состоянии объектов.

Компания «БЕЛАНТИКОР» является российским филиалом одной из ведущих казахстанских компаний – НПФ «Казантикор», специализирующейся на:

- производстве современных антикоррозионных и огнезащитных материалов
- строительстве и комплексном восстановлении зданий и сооружений различного назначения.

**БЕЛАНТИКОР: С ВИДОМ НА БУДУЩЕЕ, СОХРАНЯЯ ПРОШЛОЕ!**

Россия, г. Белгород, мкр. Дубовое, ул. Лучезарная, д. 3.  
Тел./факс: (4722) 53-87-16, Тел.: (910) 736-25-17

Директор Гуторов Андрей Анатольевич  
E-mail: belantikor@yandex.ru

Реклама

А.Н. ХАРХАРДИН, д-р техн. наук, Е.И. ХОДЫКИН, канд. техн. наук.  
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Фрактальная размерность дисперсных и пористых материалов

Топологические изменения структуры объекта любой естественно или искусственно создаваемой системы можно смоделировать, имитируя шаг за шагом ее эволюцию, но можно найти более простой способ математического построения иерархии упрощенной модели. Причем решение этих моделей часто оказывается автомодельным. Выход на автомодельное решение означает уменьшение числа степеней свободы и выделение нескольких основных параметров порядка, к которым подстраиваются все остальные. Такое поведение говорит о возникновении упорядоченности в системе, о формировании локализованных структур или о самоорганизации. Во многих процессах формирование иерархических структур складывается по самоподобию (фрактальности). Есть некоторое предельное количество структур, больше которого получить в данной среде невозможно. В системах с однородным свободным топологическим беспорядком возможно образование диссипативных структур. Флокулярные диссипативные структуры могут образоваться в цементном тесте, кластерные – в тонкодисперсных материалах и композитах. Возникновение диссипативных структур означает, что неупорядоченность на микроуровне может приводить к появлению упорядоченности на макроуровне и наоборот. Следовательно, в среде, где есть диссипативный процесс, связанный с рассеянием энергии и обычно уничтожающий всякую упорядоченность, могут возникать структуры, сохраняющие свою форму.

К числу таких объектов относятся искусственно подбираемые составы заполнителя или наполнителя с непрерывной, прерывистой или с прерывной гранулометрией для получения композиционных материалов специального назначения: бетонных и полимербетонных изделий контактной структуры с жестким каркасом заполнителя, порошковых металлических пресс-композигов, в том числе электропроводных материалов.

К фрактальным относятся и зерновые составы непрерывной и прерывистой гранулометрии, если подбор их фракций вести по определенному закону автомодельного самоподобия. Аналогичный принцип распределения по размерам пор можно приложить к модели пористых материалов.

Распределение зерен по размерам во фрактальных составах фильтрационной упаковки, как и в смесях высокоплотных составов, а также пор в поризованных материалах, можно описать общей закономерностью [1] случайного их распределения:

$$d_n/d_1(z) = [1/10\eta_1(\sqrt{3}-1)]^{mn/3} = (0,2549/\eta_1)^{mn/3}, \quad (1)$$

где  $d_n$  – размер  $n$ -й фракции;  $d_1$  – размер максимальной фракции;  $n$  – номер очередной фракции либо размера пор в поризованном материале;  $m$  – класс системы распределения зерен либо пор по размерам, определяющий прерывность их гранулометрии, при этом  $m=1-12$ ; для фильтрационных составов последовательного вложения  $m=6-12$ ;  $\eta_1$  – плотность упаковки

монодисперсных идентичных пор; различают максимальную (теоретическую)  $\eta_1 = 1/(\sqrt{3}-1)^6 = 0,64976$ ; плотную топологическую: наибольшую –  $\eta_1 = 0,64029$ , среднюю –  $\eta_1 = 0,63716$ , наименьшую –  $\eta_1 = 0,63405$  и рыхлую –  $\eta_1 = 0,60377$  [1]. Полиморфная форма распределения для полидисперсных сфер в трехмерном пространстве при  $\eta_1 = 0,64976$  и  $m=1$  будет иметь вид:

$$d_n/d_1 = (\sqrt{3}-1)^m.$$

Покажем, что фрактальная размерность  $D$  каждой системы класса  $m$  распределения пор в поризованном теле при  $n \gg 1$  стремится к величине  $D=2$ . Фрактальную размерность вычислим по формуле Хаусдорфа–Безиковича:  $D = \ln N / \ln(1/A_i)$ , что идентично  $D = \ln P / \ln(1/z)$ , где  $P$  – часть крупных пор, приходящихся на один порядок автомодельного самоподобия в их размещении;  $1/P = z^D$ , где  $z$  – отношение геометрических размеров или объемов двух смежных по размеру пор в системе класса  $m$ ;  $N$  – число элементов, на которое делится первоначальный (единичный) объем тела;  $A_i$  – размер единичного элемента:  $N = (1/A_i)^D$  [2].

Из отношения объемов двух смежных по размеру пор (1) класса  $m$  получим:

$$z = V_n/V_{n-1} = [10 \cdot \eta_1 (\sqrt{3}-1)^3]^{-m/3};$$

$$P = (V_n/V_{n-1})(1/z^3) = [10 \cdot \eta_1 (\sqrt{3}-1)^3]^{-m/3} \cdot [10 \cdot \eta_1 (\sqrt{3}-1)^3]^m = [10 \cdot \eta_1 (\sqrt{3}-1)^3]^{2m/3};$$

$$D = \ln P / \ln(1/z) = \ln\{[10 \cdot \eta_1 (\sqrt{3}-1)^3]^{2m/3}\} / \ln\{[10 \cdot \eta_1 (\sqrt{3}-1)^3]^{m/3}\} = \{ \frac{2}{3} \cdot m \ln [10 \cdot \eta_1 (\sqrt{3}-1)^3] \} / \{ \frac{1}{3} \cdot m \ln [10 \cdot \eta_1 (\sqrt{3}-1)^3] \} = 2.$$

Таблица 1

Класс системы, $m$	1	3	6	9	12
Исходная пористость	Приращение пористости				
	$\epsilon_i^2 \eta_i^3$	$\epsilon_i^2 \eta_i$	$\epsilon_i \eta_i$	$\eta_i^2$	$\eta_i$
$\Pi(\eta_1)=0,65$	$\frac{2,89}{2,991}$ 2,991	$\frac{2,911}{2,977}$ 2,977	$\frac{2,862}{2,93}$ 2,93	$\frac{2,805}{2,852}$ 2,852	$\frac{2,72}{2,72}$ 2,72
$\Pi(\eta_1)=0,64$	$\frac{2,889}{2,99}$ 2,887	$\frac{2,908}{2,977}$ 2,906	$\frac{2,86}{2,929}$ 2,858	$\frac{2,812}{2,858}$ 2,809	$\frac{2,727}{2,727}$ 2,722
$\Pi(\eta_1)=0,637$	$\frac{2,889}{2,99}$ 2,877	$\frac{2,906}{2,976}$ 2,904	$\frac{2,859}{2,929}$ 2,856	$\frac{2,814}{2,859}$ 2,811	$\frac{2,729}{2,729}$ 2,723
$\Pi(\eta_1)=0,6$	$\frac{2,887}{2,99}$ 2,877	$\frac{2,892}{2,973}$ 2,882	$\frac{2,853}{2,926}$ 2,84	$\frac{2,841}{2,881}$ 2,826	$\frac{2,755}{2,755}$ 2,732

Примечание. Над чертой приведены результаты вычисления по формуле (3), под чертой – по формулам (4) и (2) соответственно.

Таблица 2

Пористость, объемная доля										
0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9764	0,9964
Фрактальная размерность										
1,98*	1,96*	1,94*	1,91*	1,88*	1,83*	1,79*	1,71*	1,59*	1,5*	≈1*
2,97**	2,94**	2,9**	2,86**	2,81**	2,76**	2,68**	2,57**	2,38**	2**	—

**Примечания:** \* при  $D_e=2$ ; \*\* при  $D_e=3$ .

Следовательно, независимо от класса системы  $m$  и способа распределения пор фрактальная размерность поризованных тел стремится к величине евклидовой размерности плоскости и находится в пределах  $2 \leq D \leq 3$ ,  $D=3$  при отсутствии пор. Найдем выражение для фрактальной размерности в общем виде, где величина  $m$  может быть как топологически закономерной (системной), так и произвольной. Приращение пористости поризованного тела получим из выражения для плотности ее упаковки в системах последовательного вложения. Приращение пористости для каждого класса систем их распределения по размерам будет равно:  $\Delta\Pi = \varepsilon_1(1-\psi^{(m)})^n$ . Выражения для  $\psi^{(m)}$  приведены ниже в табл. 1.

Так как  $P = \Delta\varepsilon_n / (\Delta\varepsilon_{n-1} \cdot z^3)$ , а  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \dots = \varepsilon_i$  при  $\eta_i = \text{const}$ , то:

$$P = \frac{\varepsilon_1(1-\psi^{(m)})^n}{\varepsilon_1(1-\psi^{(m)})^{n-1}} \cdot \frac{1}{z^3} = (1-\psi^{(m)}) \cdot [10\eta_1(\sqrt{3}-1)^3]^m;$$

$$D = \frac{\ln\{(1-\psi^{(m)}) \cdot [10\eta_1(\sqrt{3}-1)^3]^m\}}{\ln\{[10\eta_1(\sqrt{3}-1)^3]^{m/3}\}}.$$

Из этого выражения получим:

$$D = 3 \left\{ 1 + \frac{\ln(1-\psi^{(m)})}{m \ln[10\eta_1(\sqrt{3}-1)^3]} \right\}. \quad (2)$$

Так как числитель в выражении (2) меньше нуля, а знаменатель больше, то  $D \leq 3$ . При  $\eta_1 \leq 1/10(\sqrt{3}-1)^3$  это выражение упрощается к виду (3), так как  $(\sqrt{3}-1)^3 = (0,2549/\eta_1)^{m/3}$  при  $m=3$  и  $n=1$ ; при других значениях  $\eta_1 \leq 0,64976$  примем произведение  $10\eta_1(0,2549/\eta_1) = 2,549 = \text{const}$ :

$$D = 3 \left[ 1 + \frac{\ln(1-\psi^{(m)})}{m \ln 2,549} \right] = 3 \left[ 1 + \frac{\ln(1-\psi^{(m)})}{0,9357 \cdot m} \right]. \quad (3)$$

Например, для частного случая монодисперсного слоя в аппарате (и пористых материалов) при  $m=12$ ,  $1-\eta_1 = 1-0,64976 = 0,350287$  ( $\Pi = 0,65$ ) из выражений (3) и (4) получим  $D = 2,885$  (2,72), а при  $\eta_1 = 0,63716$  и  $\varepsilon_1 = 0,36284$   $D = 2,880$  (2,73). Результаты расчета  $D$  для значений  $m = 1-12$  приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, с уменьшением размера пор в поризованном теле его фрактальная размерность понижается, а с увеличением пористости она стремится к величине  $D=2$ .

Выражение для фрактальной размерности поризованных материалов с произвольным распределением пор, как, например, в пено- и газобетонах, где класс распределения гелевых, капиллярных и мелких воздушных пор  $m \geq 12$ , при этом будет иметь вид:

$$D = 3 [1 + 0,09 \ln(1-\Pi)], \quad (4)$$

где  $\Pi$  – общая пористость поризованного материала либо пустотность дисперсной системы; 0,09 – коэффициент, полученный при подстановке в знаменатель уравнения (3)  $m = 12 = \text{const}$ , так как с уменьшением размера мелких пор класса  $m \geq 12$  плотность их упаковки в пус-

татах между крупными не зависит от класса  $m$  и равна плотности случайной упаковки либо плотности гексагональной укладки твердых сфер в контейнере с большой вместимостью:  $1/(0,9357 \cdot 12) = 0,089$ .

Выражение (4) можно записать в общем виде:

$$D = D_e [1 + 0,089 \cdot \ln(1-\Pi)], \quad (5)$$

где  $D_e$  – размерность евклидова пространства.

Результаты расчета по формуле (5) (табл. 2) хорошо отражают общую закономерность снижения фрактальной размерности с увеличением пористости либо пустотности соответственно пористых или дисперсных материалов. Выражение (5) можно использовать в дальнейшем для получения зависимости прочности и средней плотности поризованных материалов от прочности матричной основы и фрактальной размерности.

Полученные выражения (4) и (5) позволяют определить степень развитости поверхности пор и пустот в поризованных материалах и дисперсных системах независимо от их размера. Для повышения прочности и пористости поризованных материалов необходимо увеличивать в них пено- или газовоздушную компоненту с двух- или трехкратным распределением пор при  $m \geq 6$ . При этом необходимо достигать объемной доли пористости крупных пор от 0,6 до 0,74, размер мелких пор снижать до размера частиц твердой фазы минерального вяжущего (цемента) в соотношении:  $d_n \geq d_{11}/0,4$ , снижая при этом и средний размер частиц, например цемента  $d_{11}$ . На стадии приготовления, например, пенобетонной смеси частицы цемента попадают в результате флотации в узловые элементы, расположенные между крупными порами, а при гидратации цемента образуются поры вторичного и между ними третичного размеров. Время перемешивания и искусственного воздухововлечения пенообразующей смеси определяется скоростью гидратации частиц цемента. При этом следует добиваться размера синтезируемых тонкодисперсных пор, например при  $\Pi_1 = 0,637$ :  $d_{11} = d_{11}/0,4$ ;  $d_{21} = 0,0256 d_{11}$ ;  $d_{31} = 0,0256 d_{21}$ . Примем средний размер частиц цемента  $d_{11} = 30$  мкм, получим:  $d_{11} = 75$  мкм;  $d_{21} = 2$  мкм;  $d_{31} = 0,5$  мкм. Фактический размер крупных пор в современных технологиях пенобетона достигает 1–2 мм, что значительно снижает его среднюю плотность.

Таким образом, развитие такой идеи синергетики для автотельных составов зернистых компонентов и поризованных материалов с учетом соответственно их пустотности и пористости, свободной поверхностной энергии и поверхностного натяжения приближает возможность компьютерного моделирования и регулирования свойств пеноцементных суспензий для получения композиционных материалов с заданными свойствами.

**Список литературы**

1. Хархардин А.Н. Структурная топология пенобетона // Известия вузов. Строительство. 2005. № 2. С. 18–25.
2. Бобрышев А.Н., Козомазов В.Н., Бабин Л.О., Соломатов В.И. Синергетика композитных материалов. Липецк: ОРИУС. 1994. 153 с.

**LINGL**

Be wise - LINGLize.

# Новая упаковочная установка KombiPack II фирмы LINGL пользуется активным спросом

Лучше, экономичнее и удобнее в обслуживании при одновременном снижении затрат на приобретение – это признаки новой KombiPack II фирмы LINGL. Ведущий в мире разработчик и изготовитель машин и оборудования для промышленности по производству кирпича, строительной керамики и жаропрочных материалов данной упаковочной установкой полностью удовлетворяет запросы клиентов, так как KombiPack II уже через короткое время после появления на рынке стала пользоваться активным спросом.

История успеха установок KombiPack основана на том принципе, что для обтягивания пленкой и последующей усадки требуется только одна установка и одна рабочая операция. В результате получается высокая производительность, по меньшей мере 70 отгрузочных пакетов в час. Установка занимает малую площадь. Теперь LINGL не только переработал зарекомендовавшую себя технологию KombiPack, но и заново сконструировал и решающим образом усовершенствовал ее аппаратное и программное обеспечение. Самой главной целью была еще более высокая производительность. Кроме того, фирма LINGL на совершенно новый уровень подняла эргономичность установок. «Без опыта, приобретенного на практике, эти достижения были бы невозможны, – говорит исполнительный директор Франк Аппель (Frank Appel). – Обратная связь и пожелания наших клиентов являются для нас важными указаниями, которые были учтены при разработке KombiPack II».

Первых потребителей в керамической промышленности KombiPack II убеждает своей универсальностью: теперь установка обрабатывает пакеты различных размеров и форм одним нажатием кнопки с пульта управления, так что механическое вмешательство в оборудование осталось в прошлом. Фирма LINGL специально разработала для KombiPack II горелки с бесступенчатой регулировкой, которые автоматически адаптируют свою мощность к размеру пакета. Даже во время усадки можно изменять мощность системы косвенного нагрева с ее четырьмя кольцеобразными встроенными горелками с целью достижения постоянного оптимального результата усадки. Преимущество для оператора: отпадает имевшее место ранее ручное перемещение горелок.

Для образования кожуха установка KombiPack II использует исключительно механические захваты, которые не сопри-

касаются с пакетом, так что можно отказаться от вентилятора. Во время усадки подъемное устройство приподнимает пакет приблизительно на 10 см. Таким образом, усадочное кольцо выполняет усадку пленки вплоть до нижнего основания поддона – это зарекомендовавшая себя технология фирмы LINGL для термоусадки пленки вокруг транспортного поддона.

В противоположность первому поколению KombiPack разработчики фирмы LINGL разместили все приводы установки KombiPack II над полом. Благодаря этому техническое обслуживание стало проще и эффективнее, так как больше не требуются работы по техническому обслуживанию на большой высоте. Улучшенная эргономичность проявляется также в децентрализованной концепции управления установкой KombiPack II, которое для экономии места расположено в пульте управления и тем самым снижает

затраты на электромонтаж.

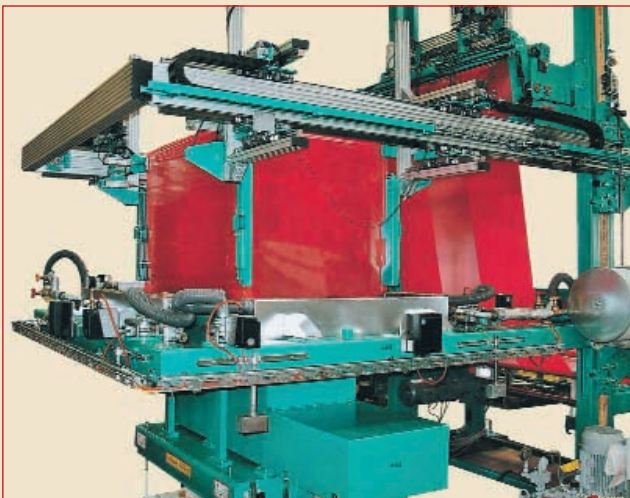
Установка KombiPack II управляется с пульта управления при помощи графической панели пользователя. Ее индивидуальные рисунки и символы облегчают логическое управление, кроме того, управлению установкой KombiPack II можно научиться быстро и интуитивно. Основой новой концепции управления является полностью переработанное аппаратное и программное обеспечение, состоящее исключительно из компонентов фирмы LINGL.

Установка KombiPack II легко адаптируется в любых условиях. Так, ее можно без проблем интегрировать в имеющуюся упаковочную и транспортную технику. И программное обеспечение гармонирует с существующей логистикой и управлением установкой, так что KombiPack II обеспечивает бес-

перебойное производство.

Безопасность и надежность – и с этими требованиями KombiPack II справляется благодаря тому, что конструкторы фирмы LINGL применили в системе газового нагрева исключительно зарекомендовавшие себя конструкционные детали, образцы которых прошли испытания. В процессе разработки фирма LINGL постоянно ориентировалась на жесткие условия непрерывного производства в керамической промышленности.

Фирма LINGL поддерживает сервис и близость к клиентам и в отношении новой установки KombiPack II с помощью команды квалифицированных и специально обученных специалистов по техническому обслуживанию.



**Более высокая производительность при меньших затратах на приобретение**

**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**





МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«РАЗВИТИЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ»

# КЕРАМТЭКС

21-23 мая 2008 г.

Санкт-Петербург

## СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

### 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) 124-32-96, 124-09-00, Лескова Елена Львовна  
www.rifsm.ru e-mail: mail@rifsm.ru www.keramtex.ru

**НК-ТЕПЛОХИММОНТАЖ**

### Ремонт и строительство печей "под ключ"

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

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



ВЫСОКИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ДЛЯ КРОВЛИ  
И ГИДРОИЗОЛЯЦИИ

**ЭКСПЛУАТИРУЕМЫЕ КРОВЛИ**

# ТЕХНОЭЛАСТ–Грин®

СБС – модифицированный рулонный кровельный и гидроизоляционный битумно-полимерный материал

ТЕХНОЭЛАСТ® – серия высокотехнологичных материалов для изоляции зданий и сооружений, разработанных исследовательским центром Корпорации ТехноНИКОЛЬ в соответствии с особенностями применения материала на каждом конкретном объекте.

**Серия Техноэласт® – это продукты нового поколения для:**

- устройства кровель в условиях повышенных требований к пожаробезопасности;
- механического крепления и укладки на мастику;
- гидро- и звукоизоляции внутренних помещений;
- устройства кровель по мокрому основанию;
- дорожного строительства.

Благодаря функциональному разнообразию ассортиментного ряда ТЕХНОЭЛАСТ® у Вас есть возможность использовать материал, идеально подходящий именно Вашему объекту и решающий именно Ваши задачи.

**Качество и надёжность гарантируем!**

Реклама

Сделано в России. Товар сертифицирован

## Специализированная конференция СтройПолимер-2007

В Москве 6 июня 2007 г. в бизнес-центре Daev Plaza прошла специализированная конференция «СтройПолимер-2007». Организаторы конференции – RCC Group и Российское объединение переработчиков пластмасс. В конференции приняли участие более 40 компаний из России и стран СНГ, а также представители крупнейших зарубежных фирм.

Открыл конференцию президент Российского объединения переработчиков пластмасс **В.В. Абрамов**, который рассказал о высокой роли пластмасс в промышленности, сельском хозяйстве, строительстве. По темпам роста производство пластмасс, особенно для нужд строительства, занимает одно из первых мест по России и странам СНГ. По ассортименту продукции в этой отрасли Россия не уступает развитым странам.

Объединение переработчиков пластмасс, созданное в 2002 г., призвано координировать и направлять развитие отрасли.

С докладом «Применение пластмассовой продукции в строительстве Москвы» выступил ведущий научный сотрудник ГУП «НИИМосстрой» **А.А. Отставнов**. Он осветил проблемы, связанные с производством и применением пластмассовых труб в современном строительстве. Основные сложности вызваны необходимостью минимизации затрат на производство, разработкой новой нормативной базы. Высокотехнологичное строительство выдвигает новые требования к свойствам применяемых труб, особенно к их массе.

Разработка руководства по проектированию и монтажу пластмассовых труб позволит проектировщикам рекомендовать их в проекты взамен традиционных.

Канд. техн. наук **А.Е. Мерзликин** (ФГУП «РосДорНИИ») рассказал о новых конструкциях дорожных покрытий с применением геосеток и мембран, позволяющих решить проблему трещинообразования на поверхности и внутри покрытия. Применяются трещинопрерывающие прослойки, фрагментирование материалов основания на блоки объемными георешетками и георешетки со специальным рельефом на стенках.

Разработанная технология укладки георешеток позволяет на порядок повысить стойкость к образованию колеи, снизить вибрации при проезде транспорта, уменьшить толщину асфальтового покрытия. В настоящее время рынок насыщается отечественными материалами.

Доктор техн. наук **В.Г. Хозин** (Казанский ГАСУ) в докладе «Полимеры в строительстве. Границы реального применения» дал подробный анализ роли полимерных материалов в строительстве, уровня развития этой отрасли в отечественной промышленности, перечислил области применения полимеров, композиционных материалов в строительных конструкциях, в том числе в несущих конструкциях. Подчеркнул важность модификации традиционных материалов полимерами, а также создания производств материалов, которые в настоящее время закупаются за рубежом.

О типах добавок к полимерным материалам и композициям и их назначении сделал сообщение **Е.И. Кавокин** (ООО «Химтехнологии»). Специальные добавки позволяют сохранить и улучшить свойства полимеров при их переработке и наполнении; играют роль модификаторов-соместителей для получения однородной полимерной матрицы с повышенными физико-механическими свойствами; уменьшают влажность в деревонаполненных композициях и пр. Особую группу составляют антипирирующие добавки для теплоизоляционных и кровельных материалов, облицовочных панелей.

О роли энергосбережения как стратегии экономики строительной индустрии доложил **Ю.В. Савкин** (ЗАО «Мосстрой-31»). Он подчеркнул важность развития производства и применения пенополистирола, в том числе для фасадов и несъемной опалубки.

Доктор хим. наук **В.В. Мальцев** (ГУП НИПИ «Научстандартдом – Гипролеспром») в своем выступлении подчеркнул важность применения в строительстве экологически чистых материалов, в том числе не выделяющих при горении токсичных веществ.

Для малоэтажного домостроения разработана гамма материалов, в том числе подкровельные мембраны и приклеивающие мастики с добавками, обеспечивающими горючесть категории Г-2, водо- и грибоустойчивый долговечный «ЭКОШИФЕР».

Исполнительный директор Ассоциации производителей и потребителей трубопроводов с индустриальной полимерной изоляцией **И.Л. Майзель** рассказал о состоянии тепловых сетей и сетей канализации в стране. Показал необходимость применения полимерных труб (ПЭ и с изоляцией из ППУ), перспективы расширения их производства, основные проблемы в их монтаже, укладке, эксплуатации, состоянии дел по разработке необходимой нормативно-технической документации. В заключение **В.В. Мальцев** внес предложение в рамках Объединения переработчиков пластмасс организовать портфель проблем и банк решений по применению полимеров в строительстве.



Члены президиума А.А. Отставнов и В.В. Абрамов (справа)



Выступает д-р техн. наук В.Г. Хозин



На переднем плане – д-р хим. наук В.В. Мальцев



Журнал «Строительные материалы» присутствует на всех профессиональных мероприятиях

## Комплексная оценка конструктивной эффективности минераловатной плиты

Производство минеральной ваты началось в 30-х гг. XX в. и постоянно развивалось [1]. Увеличивались количественные показатели объемов производства и качественные характеристики изделий. Благодаря использованию высококачественных связующих и переходу к волокнам с модулем кислотности не менее 1,8 вопросы долговечности принято считать решенными при правильной эксплуатации конструкции [2]. Снижение водопоглощения достигли за счет применения гидрофобизаторов.

Для оптимизации внутренней структуры ковер горизонтальной слоистости, получаемый после камеры волокноосаждения, перерабатывают в ковер вертикальной, хаотичной или гофрированной структуры. Особенность структуры гофрированного материала такова, что прочность при сжатии средней части изделий несколько выше прочности крайних областей. Для получения равнопрочного нижнего слоя изменяют ориентацию волокон средней части с вертикальной на наклонную. Дальнейшая оптимизация структуры гофрированного минераловатного ковра состоит в дополнительном упрочнении верхнего слоя.

Для оценки качества получаемого материала применяется ряд показателей, которые регламентируются ГОСТами и ТУ. По ГОСТ 17177-94 «Материалы строительные теплоизоляционные» в качестве прочностных показателей минераловатных плит выделяют прочность при сжатии при 10% деформации и прочность при отрыве слоев. Однако, как показывает практика, очень важной характеристикой прочности минераловатных плит является прочность при локальной нагрузке, которая не нормируется существующими документами. Особенно критичен этот показатель для кровельных и фасадных теплоизоляционных плит. Например, во время монтажа теплоизоляции, а также при устройстве гидроизоляционного ковра и периодических осмотрах кровли минераловатные плиты подвергаются локальному сжатию от веса людей, монтажных приспособлений и др., которое в среднем составляет 50 кПа. При такой локальной нагрузке прочность плиты нельзя сравнивать с прочностью при сжатии при 10% деформации.

Существует европейский метод определения прочности при сжатии при локальной нагрузке. Сущность метода заключается в том, что на образец действует си-

ла, приложенная круглым индентором сечением 50 см<sup>2</sup> (Ø 79,8 мм). Индентор движется с постоянной скоростью, и на графике сила-деформация регистрируется точка, в которой зависимость отклоняется от прямой. Указанный метод основан на задаче теории упругости и пластичности о штампе с прямолинейным основанием на упругой полуплоскости [3].

Для создания эффективного и долговечного теплоизоляционного материала из минеральной ваты необходимо, чтобы плита обладала максимальными прочностными показателями при минимальной плотности и теплопроводности. Механическое крепление теплоизоляции и гидроизоляционного слоя на плоских кровлях почти полностью вытеснило мастики. Поэтому показатель прочности на отрыв слоев для кровельных теплоизоляционных плит не характеризует эксплуатационных свойств материала.

Современные жесткие и полужесткие минераловатные плиты имеют прочность при сжатии при 10% деформации 20–120 кПа, прочность при локальном сжатии 200–1200 Н; при этом средняя плотность находится в пределах 100–200 кг/м<sup>3</sup>, а коэффициент теплопроводности при 10°C 0,03–0,045 Вт/(м·К).

Для эксперимента была взята минераловатная плита Риф Баттс (Rockwool) фактической плотностью 160 кг/м<sup>3</sup>, прочностью при сжатии ( $\sigma_{10}$ ) 70 кПа; коэффициентом теплопроводности 0,039 Вт/(м·К). Прочность при локальном сжатии ( $\sigma_F$ ) этой плиты равна 142 кПа (710 Н).

Для оценки прочностных характеристик теплоизоляционных плит ( $\sigma_{np}$ ) воспользуемся суммой  $\sigma_{10}$  и  $\sigma_F$ . В нашем примере  $\sigma_{np} = 212$  кПа.

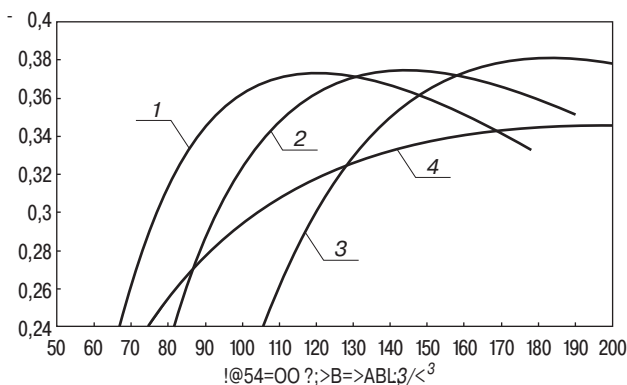
Введем критерий комплексной оценки материала – коэффициент конструктивной эффективности ( $K_3$ ), устанавливающий взаимное отношение между прочностью, плотностью и теплопроводностью:

$$K_3 = c_1 \frac{\sigma_{np}}{\rho \lambda}$$

Экспериментальная проверка показала, что коэффициент  $c_1$ , учитывающий вид поверхности изделия, близок к единице, поэтому для расчетов он принимается равным  $c_1 = 0,99$  мВт/(м<sup>2</sup>·К).  $K_3$  для указанного выше материала равен 0,34.

Чем выше значение  $K_3$ , то есть чем больше прочность и меньше плотность и коэффициент теплопроводности, тем эффективнее материал. Для двухслойных изделий используются приведенные значения плотности и теплопроводности. Значения коэффициента конструктивной эффективности для кровельных теплоизоляционных материалов на основе минеральной ваты приведены в таблице.

По результатам исследований свойств двухслойных минераловатных плит было установлено, что при разнице плотностей слоев до 40 кг/м<sup>3</sup> свойства материала близки к свойствам однослойных плит. Влияние более плотного слоя на механические свойства системы становится заметным, когда разница достигает 50 кг/м<sup>3</sup> и более. При этом разрушение образца происходит по менее плотному слою. В результате исследований было установлено, что для эффективной защиты менее плотного слоя от локального сжатия второй слой должен



Зависимость коэффициента эффективности от плотности для моноплиты и плит двойной плотности из минеральной ваты: 1 – доля слоя большей плотности 10%; 2 – то же, 25%; 3 – то же, 50%; 4 – моноплита

Количество слоев	Плотность слоя, кг/м <sup>3</sup>	Доля слоев, %	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	$\sigma_{10}$ , кПа	$\sigma_D$ , кПа	$\lambda$ , Вт/(м·К)	$K_{\Sigma}$
1	160	100	160	70	142	0,039	0,34
1	180	100	180	85	162	0,04	0,343
2	200	10	128	55	124	0,038	0,368
	120	90					
2	175	25	137	52	130	0,038	0,35
	125	75					
2	150	50	125	40	102	0,037	0,307
	100	50					

быть прочнее в 1,5–2 раза, чего можно достигнуть при разнице плотности слоев 70–90 кг/м<sup>3</sup>. Дальнейшее увеличение плотности верхнего слоя не приводит к заметному увеличению прочности.

Теплотехнические показатели двухслойных изделий близки к показателям однослойных плит равной средней плотности. Поэтому для повышения термического сопротивления материала плотность слоев следует подбирать минимально возможной из условия обеспечения необходимой прочности. Более плотный слой минеральной ваты обладает большим коэффициентом теплопроводности, поэтому его толщина должна быть не большей по сравнению с общей толщиной теплоизоляционного ковра.

Для установления зависимости прочностных показателей и теплопроводности от плотности были проведены испытания различных материалов с дальнейшей обработкой результатов с помощью математического моделирования. Кривые построены для изделий двойной плотности с разницей плотностей верхнего и нижнего слоев 80 кг/м<sup>3</sup> (см. рисунок).

Как следует из таблицы и графиков, двухслойным изделиям с тонким и прочным верхним слоем соответствует высокий  $K_{\Sigma}$ , тогда как двухслойные изделия со сравнительно большой толщиной плотного слоя и однослойные материалы имеют меньший  $K_{\Sigma}$  при равной средней плотности.

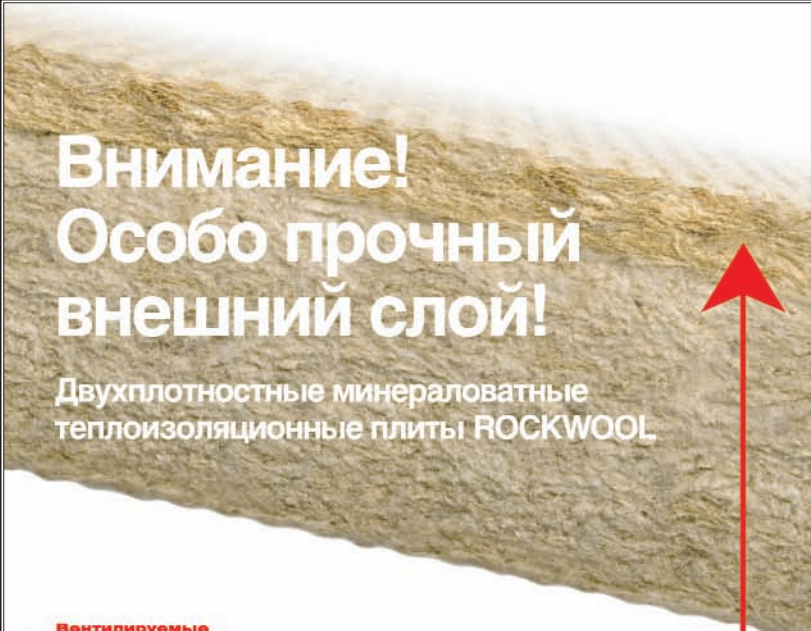
Результаты вычислений позволяют рекомендовать создание двухслойных изделий из минеральной ваты средней плотности 90–160 кг/м<sup>3</sup> и разницей плотности верхнего и нижнего слоев около 80 кг/м<sup>3</sup>. При создании минераловатного теплоизоляционного материала с повышенными теплофизическими характеристиками следует ориентироваться на коэффициент конструктивной эффективности.


**Список литературы**

1. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. М.: Стройиздат. 1980. 399 с.
2. Бобров Ю.Л. Долговечность теплоизоляционных минераловатных материалов. М.: Стройиздат. 1987. 168 с.
3. Горшков А.Г., Старовойтов Э.И., Тарлаковский Д.В. Теория упругости и пластичности. М.: Физматлит. 2002. 416 с.

# Внимание! Особо прочный внешний слой!

Двухплотностные минераловатные  
теплоизоляционные плиты ROCKWOOL





Внешний слой двухплотностных минераловатных теплоизоляционных плит ROCKWOOL имеет повышенную прочность и устойчивость к внешним воздействиям. Именно эта их особенность дает возможность отказаться от применения ветрозащитных мембран в вентилируемых фасадах. При этом:

Двухплотностные плиты всегда укладываются в один слой, поэтому применение подобной теплоизоляции позволяет сэкономить на трудоёмкой укладке двух слоев минераловатных плит при монтаже вентилируемых фасадов и плоских кровельных теплоизоляционных систем

Масса двухплотностных плит в среднем на 20–40% меньше по сравнению с обычными одноплотностными, что значительно облегчает монтаж теплоизоляции в фасадных системах с тонким штукатурным слоем

Двухплотностные минераловатные материалы — новая культура профессиональной теплоизоляции.

**Вентилируемые фасады**

Возможность НЕ ИСПОЛЬЗОВАТЬ ветрозащитные материалы

**+**

УМЕНЬШЕНИЕ ВРЕМЕНИ и стоимости монтажа системы

**Плоские кровли**

УВЕЛИЧЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ «мягких» кровель

**+**

УМЕНЬШЕНИЕ ВРЕМЕНИ и стоимости монтажа системы

**Штукатурные фасады**

УВЕЛИЧЕНИЕ УДАРОВОСТОЙКОСТИ

**+**

УПРОЩЕНИЕ МОНТАЖА теплоизоляции

Традиции инноваций

ROCKWOOL®

НЕГОРЮЧАЯ ИЗОЛЯЦИЯ

[www.rockwool.ru](http://www.rockwool.ru)    Офис продаж в Москве: (495) 252 7752

## Российский рынок теплоизоляции ждет инвесторов

В современных экономических условиях проблема энергосбережения в промышленности и строительном секторе экономики России приобретает все большую актуальность. Решение проблемы повышения энергоэффективности ограждающих конструкций жилых, общественных и производственных зданий достигается применением эффективных теплоизоляционных материалов в конструкциях наружных стен, перекрытиях и перегородках.

Одним из наиболее эффективных материалов является волокнистая теплоизоляция.

По более распространенной классификации под минеральной ватой подразумевается только каменная и шлаковая, а под термином «каменная вата» — в первую очередь базальтовая. Все эти материалы объединяются в понятие «волокнистая теплоизоляция».

К неволокнистым теплоизоляционным материалам относятся следующие виды.

**Вспененный пенополистирол.** К его достоинствам следует отнести более низкую, чем у минеральной ваты, теплопроводность, а также низкую стоимость материала. Недостатками являются меньшая, чем у минеральной ваты, паропроницаемость и более высокая горючесть материала, что вызывает ограничения при его использовании. По этой же причине он не рекомендуется для вентилируемых фасадов каменных домов. Единственная область применения пенополистирола в скрепленных системах утепления фасадов с последующим оштукатуриванием. Низкая паропроницаемость делает невозможным использование пенополистирола для утепления деревянных фасадов.

**Экструдированный пенополистирол.** Экструдирование придает полистиролу однородную структуру, состоящую из мелких закрытых ячеек размером 0,1–0,2 мм. Именно благодаря ячеистой структуре изоляционные плиты из него имеют целый ряд преимуществ — низкую теплопроводность; высокую механическую прочность; отсутствие капиллярности; практически нулевое водопоглощение; устойчивость к циклам замораживания-оттаивания; долговечность. Основной недостаток при использовании для наружного утепления стен — отсутствие паропроницаемости.

**Ячеистый бетон** предотвращает значительные потери тепла зимой, не боится сырости, позволяет регулировать влажность воздуха путем впитывания и отдачи влаги, обладает относительно высокой способностью к поглощению звука. В зданиях из ячеистого бетона обеспечиваются действующие требования по звукоизоляции. Его теплоизолирующая способность в 3–3,5 раза выше, чем у кирпича. Стандартный ячеистобетонный блок размером 200×188×388 мм имеет массу 11 кг, что позволяет значительно снизить транспортные и монтажные расходы, со-

кратить трудоемкость работ. При низкой плотности пенобетон имеет достаточно высокую прочность при сжатии (3,5–5 МПа). Ячеистый бетон относится к негорючим материалам, выдерживает одностороннее воздействие огня не менее 5–7 ч. Пеноблоки не подвержены гниению, легко обрабатываются простейшими инструментами.

**Вспененные полиолефины.** Чрезвычайно интересным видом современных утеплителей являются вспененные полиэтилен и полипропилен, имеющие низкую плотность и коэффициент теплопроводности почти в 1,5 раза меньше, чем у волокнистых утеплителей. Немаловажное достоинство вспененных полиолефинов — простота монтажа. Недостаток — абсолютная паро- и газонепроницаемость. Невелик диапазон рабочей температуры: до 80°C для вспененного полиэтилена и до 150°C для вспененного полипропилена.

**Пенополиуретан** является неплавким термореактивным пеноматериалом с ярко выраженной ячеистой структурой. Только 3% объема занимает твердый материал, образующий каркас. Остальные 97% объема занимают полости и поры, заполненные фторхлорметаном с чрезвычайно низкой теплопроводностью, причем доля замкнутых пор достигает 90–95%.

Пенополиуретан используется преимущественно в теплоизоляции труб. Пенополиуретан имеет низкий коэффициент теплопроводности — 0,02–0,04 Вт/(м·К), устойчив к агрессивным средам, экологически безопасен. Однако по сравнению с минеральной ватой имеет низкую рабочую температуру, не превышающую 150°C.

**Вспененный синтетический каучук** применяют в основном в изоляции трубопроводов и воздуховодов. Лучшие материалы на основе вспененного синтетического каучука выдерживают температуру –200 — +150°C.

Само значение термина «теплоизоляционные материалы» свидетельствует о главном назначении этих материалов — сберечь тепло. По информации Госстроя России, использование 1 м<sup>3</sup> теплоизоляции позволяет экономить до 1,6 т усл. топлива в год. Наша страна в потреблении теплоизоляционных материалов на душу населения существенно отстает от развитых стран (см. таблицу).

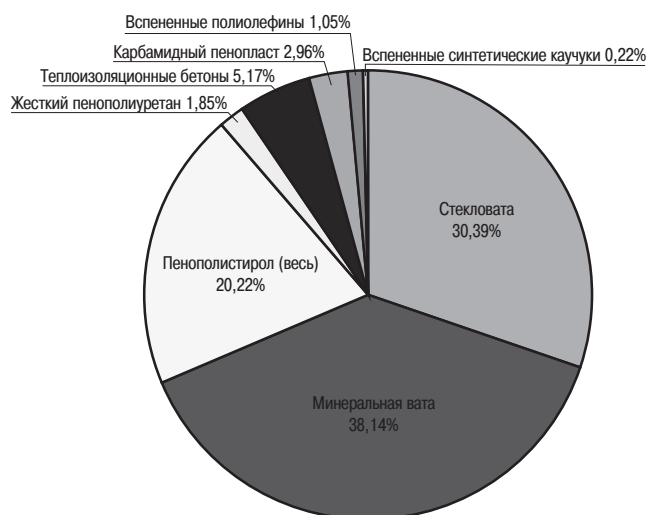
Низкие показатели использования теплоизоляционных материалов в России на душу населения обуславливают высокие потери тепла непосредственно в сетях доставки тепла до потребителей и у потребителей в плохо изолированных зданиях и сооружениях.

По данным Института народнохозяйственного прогнозирования РАН, а также информации, полученной из открытых источников, потери тепла только в теплосетях составляют 458 млн Гкал, что составляет 21,93%. Стоит учитывать, что большая часть жилого фонда и производственных зданий построена в 60–70-х гг., когда строительные нормы по теплоизоляции зданий были существенно ниже. В результате построенные здания и сооружения в России весьма энергорасточительны. Какое количество единиц тепла из-за этого теряется, оценить сложно. В среднем эта цифра может достигать 25% от поставляемого тепла.

В настоящее время принимаются новые нормы по строительству, объем производства теплоизоляционных материалов увеличивается, их качество улучшается.

Однако рынок перестает быть конкурентным. Если в Центральном регионе России существует конкуренция среди производителей, причем заметная лишь среди иностранных, то на региональных рынках давно действуют местные монополии.

Страна	Потребление теплоизоляционных материалов, м <sup>3</sup> , на 1 тыс. жителей	
	всего	в том числе волокнистых
США	500	240
Швеция	600	240
Финляндия	420	200
Япония	350	200
Россия	185	125



Доли отдельных материалов в общей структуре потребления теплоизоляционных материалов в России в 2005 г.

Суммарно в России потребляется около 27 млн м<sup>3</sup> различной теплоизоляции (см. рисунок), при этом материалы весьма различны как по своим свойствам, так и по областям применения.

Российский рынок обладает значительной потенциальной емкостью. В настоящее время объем потребления теплоизоляционных материалов в России является крайне низким — в 2,3 раза меньше необходимого уровня.

В ближайшие пять лет будет происходить рост спроса на все виды теплоизоляции. Увеличение объемов предложения какого-либо отдельного вида теплоизоляции не будет приводить к уменьшению спроса на другие виды. Даже выход на российский рынок мировых производителей стекловаты в 2004 г. не привел к уменьшению объемов ее потребления. Темпы роста спроса на различные виды теплоизоляционных материалов находились в 2006 г. на уровне 30–50%. Сохранение подобной динамики можно ожидать еще долгое время.

Актуальным является выход на рынок новых производителей практически всех видов теплоизоляционных материалов. Главным для потенциальных инвесторов является выбор места размещения нового производства.

Производство минеральной ваты может рассматриваться в качестве перспективного проекта в плане эффективности и срока окупаемости. На рынке каменной ваты отсутствуют такие сильные конкуренты, как на рынке стеклянного штапельного волокна. Внутреннее производство размыто по многим небольшим предприятиям. Поэтому факторы риска, связанные с возможной ценовой конкуренцией, не так актуальны для данной продукции.

В настоящее время существует дефицит предложения минеральной ваты на российском рынке. Практически треть объема ее потребления в России поставляется из-за рубежа.

Рынок обладает значительным потенциалом роста. Перспективы спроса на минеральную вату связаны как с развитием строительных технологий и культуры строительных работ, так и с возможностью замещения стекловаты.

Несмотря на то что материалы на основе базальтовой ваты схожи по свойствам с материалами на основе стекловаты, это две группы разных материалов как по свойствам, так и по направлениям использования. Если материалы на основе базальтовой ваты можно применять в любой области теплоизоляции — от кровли до фундамента, то стекловата стандартной плотности годится не везде. Например, для утепления внешних стен зданий необходимы стекловатные материалы плотностью не ниже 35 кг/м<sup>3</sup>. Это дорогие материалы, вследствие чего часто применяют дешевые стекловатные материалы низкой плотности (11–13 кг/м<sup>3</sup>), назначение которых совершенно иное. Этот факт отмечают и сами производители стекловаты. Именно с использованием дешевых материалов низкой плотности, в том числе в областях, где рекомендуется применять материалы на основе каменной ваты, связан резкий рост потребления стекловатной изоляции. Вероятно, в будущем ситуация изменится и качеству изоляции зданий заказчик начнет уделять большее внимание.

В настоящее время российский рынок характеризуется значительным потенциальным спросом на плиты из экструдированного пенополистирола (XPS), который не будет удовлетворен даже с условием ввода в строй всех планируемых мощностей.

Усилия производителей экструзионного оборудования неизбежно должны привести к сокращению стоимости технологии экструзии пенополистирола и к сокращению разницы в стоимости между плитами XPS и плитами из вспенивающегося полистирола (EPS); можно утверждать, что производство XPS в настоящее время является очень привлекательным для потенциальных инвесторов.

Поскольку транспортировка вспененной продукции занимает существенную долю в себестоимости изделия, производство все больше будет локальным. В каждом городе целесообразна установка линии XPS производительностью 30–50 тыс. м<sup>3</sup>/год, а в крупных центрах — линий по 100–150 тыс. м<sup>3</sup>/год. Очень слабо развито производство плит EPS в Сибирском, Южном, Северо-Западном ФО.

Риск, связанный с возможной монополизацией рынка производителями сырья, в настоящее время отсутствует.

Производство качественных плит из отечественного сырья невозможно. Суспензионная технология полимеризации стирола, которая применяется на отечественных предприятиях, безнадежно устарела.

Актуальным для России является открытие производств менее массовых видов теплоизоляционных материалов из вспененных полиолефинов, каучуков и ячеистых бетонов. Существующих отечественных мощностей либо недостаточно, либо они давно устарели и являются неконкурентоспособными, либо вовсе отсутствуют.

Подробный прогноз развития российского рынка теплоизоляционных материалов в отчете Академии конъюнктуры промышленных рынков «Рынок теплоизоляционных материалов в России в 2006–2010 гг.».

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

Е.И. ШМИТЬКО, д-р техн. наук, М.В. ТИТОВА, инженер,  
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

## Управление структурой дисперсно-зернистых материалов с учетом дисперсности и внутренних сил

Особого внимания в настоящее время заслуживают мелкозернистые многофункциональные модифицированные бетоны. Тонкозернистость материала – это не только отказ от сравнительно крупного заполнителя. Это в первую очередь тонкозернистость структуры бетона. По сравнению с классическими в бетонах с повышенным содержанием высокодисперсных составляющих значительное влияние на процессы структурообразования оказывают поверхностные и капиллярные силы – внутренние силы.

В современной технологии действию внутренних сил отводится важная роль. Они регулируют взаимное расположение фаз в объеме, величину межфазной поверхности, распределение пленочного и капиллярного давления со стороны жидкой фазы и др., а в конечном итоге структурные характеристики формирующегося цементного камня [1].

В период раннего структурообразования внутренние силы проявляют себя на межфазных границах, в межчастичном и межагрегатном взаимодействии. Область межфазных границ, обладающая избытком поверхностной энергии, рассматривается как отдельная форма существования материала с особыми физико-химическими характеристиками. Это дает основание рассматривать фактор внутренних сил как один из основополагающих в управлении процессами технологии бетонов, в том числе формованием. Важность этого технологического передела заключается в том, что именно на этом этапе технологии осуществляется формирование ранней структуры бетона, определяющей в дальнейшем основные его свойства [2].

Цель данной работы – исследование управления ранним структурообразованием с учетом дисперсности и внутренних сил.

Основной составляющей в мелкозернистом бетоне является кварцевый песок. На первом этапе выяснено, насколько песок чувствителен к действию внутренних сил, связанных с распределением воды затворения на пленочную и капиллярную, и насколько его диспер-

сность может влиять на структуру и свойства мелкозернистого бетона. По аналогии с кривой плотности цементно-водной дисперсии [1] были построены кривые плотности свободно уложенной песчано-водной дисперсии. При этом в качестве варьируемых факторов выступали водотвердое отношение (В/Т) и величина удельной поверхности песка (рис. 1).

Полученная кривая плотности показывает, что вода в системе играет двойственную роль: она формирует факторы, способствующие как самоуплотнению системы, так и саморазуплотнению. Но во всех случаях определяющим является уровень избыточной поверхностной энергии твердой фазы [2].

При постепенном введении в систему воды избыточная энергия твердой фазы компенсируется поверхностной избыточной энергией воды, что предопределяет особую форму ее размещения в дисперсной системе при относительно небольшом ( $V/T < 0,08$ ) содержании в виде покрывающих твердые частицы пленок, создающих расклинивающий эффект (участок кривой АВ, рис. 1).

Если количество воды в системе превышает  $V/T = 0,08$ , то избыточная вода размещается в капиллярных порах – сначала в виде разобренных манжет, а затем и в виде сообщающейся системы капиллярных пор. В капиллярных порах в соответствии с законом Лапласа формируется избыточное отрицательное давление, которое стягивает систему и повышает ее плотность. Если бы в системе проявлялся только этот эффект, то следовало бы ожидать закономерного повышения плотности системы, состоящей из все более мелких частиц (с уменьшением радиуса межчастичных пор капиллярное давление возрастает). Но фактически в ожидаемом пределе этого в свободно уложенной системе не происходит (участок кривой ВД, рис. 1).

На основании полученного распределения плотностей прессованных песчаных образцов (рис. 2) можно предположить, что в интервале водотвердых отношений 0,04–0,08 энергия прессования будет расходоваться на сжатие пленок воды при сближении твердых частиц (без

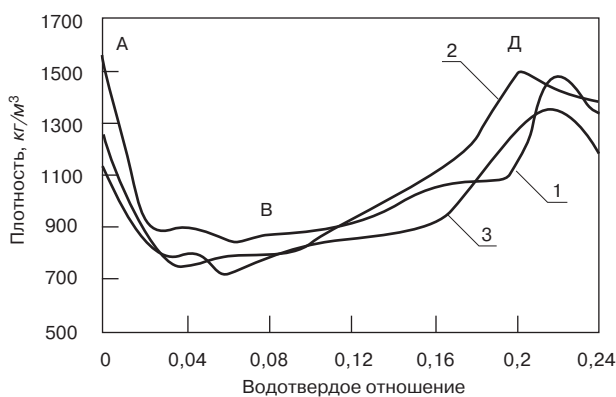


Рис. 1. Зависимость плотности песчано-водной дисперсии от водотвердого отношения при удельной поверхности: 1 – 100 м<sup>2</sup>/кг; 2 – 300 м<sup>2</sup>/кг; 3 – 400 м<sup>2</sup>/кг

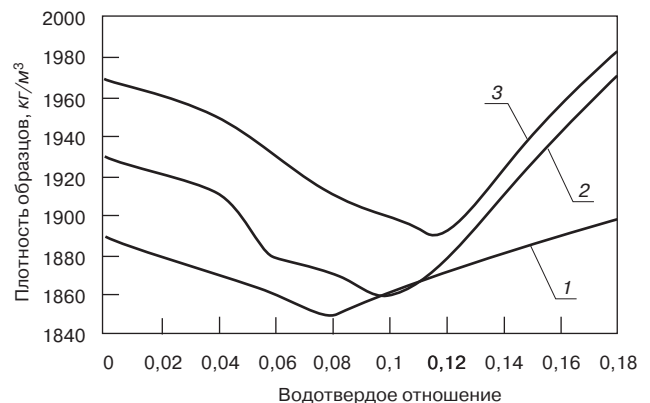


Рис. 2. Зависимость плотности прессованных образцов от водотвердого отношения при удельной поверхности: 1 – 100 м<sup>2</sup>/кг; 2 – 300 м<sup>2</sup>/кг; 3 – 400 м<sup>2</sup>/кг



В/Т	Расчетное капиллярное давление (по Лапласу), МПа	Экспериментальное капиллярное давление (по закону Гука), МПа	Удельные энергетические затраты на прессование, МДж/м <sup>3</sup>
S <sub>уд</sub> = 100 м <sup>2</sup> /кг			
0,02	0,07	0,08	12,6
0,04	0,16	0,12	14,1
0,06	0,22	0,18	16,1
<b>0,08</b>	<b>0,31</b>	<b>0,29</b>	<b>16,8</b>
0,1	–	0,28	8,8
0,12	–	0,25	4,1
S <sub>уд</sub> = 300 м <sup>2</sup> /кг			
0,02	0,22	0,16	40,2
0,04	0,24	0,22	45,3
0,06	0,27	0,25	50,3
0,08	0,31	0,3	52,3
<b>0,1</b>	<b>0,35</b>	<b>0,41</b>	<b>55,3</b>
0,12	–	0,31	32,4
S <sub>уд</sub> = 400 м <sup>2</sup> /кг			
0,02	0,23	0,19	50,2
0,04	0,27	0,25	60,3
0,06	0,29	0,28	61,3
0,08	0,33	0,32	66,3
0,1	0,38	0,4	70,3
<b>0,12</b>	<b>0,43</b>	<b>0,45</b>	<b>73,3</b>
0,14	–	0,38	50,4

учета сил сухого трения и когезионных сил). В интервале водотвердых отношений 0,08–0,2 энергия прессования будет расходоваться как на сжатие пленок воды, так и на перераспределение воды в капиллярах, при котором капилляры берут на себя роль фиксаторов плотности системы. С повышением дисперсности системы энергия на ее силовое формование должна возрастать, что наглядно иллюстрируется кривыми зависимости величины прессового давления от водотвердого отношения для системы песок–вода (рис. 3). Межзерновая пористость в опытах составляла 40% и не изменялась.

На рис. 3 обращают на себя внимание два главных момента: во-первых, с увеличением тонкости помола

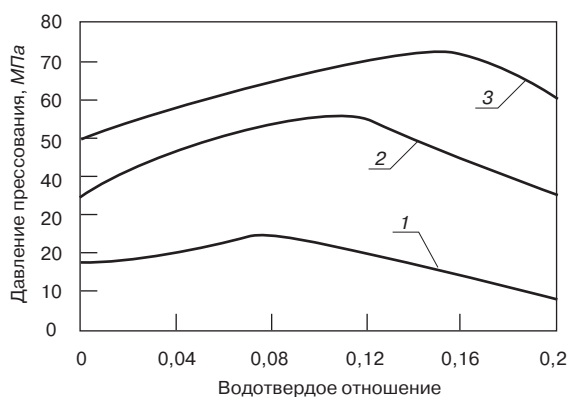


Рис. 2. Зависимость прессового давления от водотвердого отношения при удельной поверхности песка: 1 – 100 м<sup>2</sup>/кг; 2 – 300 м<sup>2</sup>/кг; 3 – 400 м<sup>2</sup>/кг

песка удельные затраты энергии на прессование образцов возрастают пропорционально удельной поверхности песка (это увеличение в наших опытах достигло трехкратных значений – с 25 до 73 МПа); во-вторых, максимум давления прессования соответствует максимальному проявлению капиллярных сил, при этом относительно свободно уложенной системы максимум сдвигается влево в силу меньшей пористости спрессованной системы.

Таким образом, капиллярные силы могут выступать в качестве основной расчетной характеристики формуемости и напряженного состояния материала в ходе формования и после снятия нагрузок. В связи с этим предпринята попытка оценить количественно величину капиллярных сил и их вклад в формирование структуры мелкозернистого бетона.

Определение условного модуля деформации спрессованных образцов, учитывая их невысокие механические свойства, проводили на приборе для определения модуля деформации грунтов.

Для сравнения были выполнены расчеты величины капиллярного давления по формуле Лапласа, при допущении полной смачиваемости частиц песка водой, когда cosθ = 1 (θ – угол смачивания):

$$P_k = - \frac{2\sigma \cos\theta}{r_3 - h}$$

где σ – поверхностное натяжение на границе жидкость–газ, для воды σ = 72,4 · 10<sup>-3</sup> Па·с; r<sub>3</sub> – эквивалентный радиус межзерновых пор, нм; h – толщина пленки воды на частице песка, нм.

Эквивалентный радиус межзерновых пор в спрессованных образцах рассчитывался как для зернистых слоев. Если принять, что r<sub>3</sub> = d<sub>3</sub>/2, тогда для дисперсных систем:

$$d_3 = \frac{2\phi p d_{cp}}{3(1-p)}$$

где φ – фактор формы, для зерен угловатой формы можно принять φ = 0,9; p – пористость межзернового пространства (в наших опытах она нормирована и равна 0,4); d<sub>cp</sub> – средний по всем фракциям диаметр условно шарообразных частиц песка, нм.

Результаты измерений по описанной выше методике и расчетов по формуле Лапласа представлены в таблице, здесь же приведены удельные энергетические затраты (A<sub>уд</sub>) на прессование.

Таким образом, при пресс-формовании значительная часть энергии прессования идет на сжатие пленок воды на зернах твердой фазы и на переформирование капиллярных пор, внутренние напряжения которых находятся в постоянном равновесии.

В практическом плане исследования выявлены возможности снижения рабочего давления при изготовлении спрессованных изделий за счет применения рациональных значений влажности формовочной смеси и подбора оптимального зернового состава. Последний вывод успешно реализован в технологии спрессованных плиток и цементно-песчаной черепицы.

Список литературы

1. Управление процессами технологии, структурой и свойствами бетонов / Под ред. Е.М. Чернышева, Е.И. Шмитко. Воронеж: ВГАСУ. 2002. С. 81–90.
2. Перцев В.Т., Крылова А.В., Усачев С.М., Гончарова Н.С. Формирование структуры дисперсно-зернистых систем в условиях вибрационного и прессующего воздействия // Материалы V Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы строительства в строительной индустрии». Тула: ТулГУ. 2004. С. 45.

В.В. БАБКОВ, д-р техн. наук, В.П. КЛИМОВ, инженер,  
Р.Р. САХИБГАРЕЕВ, А.Е. ЧУЙКИН, кандидаты техн. наук,  
А.И. ГАБИТОВ, д-р техн. наук, Уфимский государственный  
нефтяной технический университет; Н.Г. ЧУМАЧЕНКО, д-р техн. наук,  
Самарский государственный архитектурно-строительный университет;  
А.А. ОРАТОВСКАЯ, канд. техн. наук, Л.Р. РАВИЛОВА, инженер, БашНИИстрой

## Механизмы высолообразования на поверхностях наружных стен зданий из штучных стеновых материалов

Проявление высолообразований на поверхностях наружных стен зданий, элементов малой архитектуры, выполненных из керамического, силикатного кирпича, вибропрессованных бетонных блоков с использованием кладочных растворов на цементной и известково-цементной основах, является весьма распространенным явлением, которое нарушает эстетику восприятия и чистоту фасадов зданий. При этом в ряде случаев для высолообразований характерно их многократное в течение многих лет повторение, что предопределяет также деструктурирующее влияние на конструкционный материал мигрирующих растворов солей с их кристаллизацией не только на поверхности, но и в поровом пространстве кладочных материалов.

Источниками высолообразований являются *кладочные растворы и штучные материалы кладок*, содержащие разнообразные растворимые ингредиенты. Вода как среда их растворения попадает в кладку в виде воды затворения кладочного раствора и при увлажнении стены осадками. Особенно большое количество воды попадает в кладку через ее торец при замачивании дождем, тающим снегом в тех случаях, когда кладка при ее возведении не защищается пленочными материалами. Подобные мероприятия по защите кладки от замачивания предусмотрены технологическими стандартами ряда стран. В частности, коды Канады регламентируют как обязательное мероприятие такую защиту торцов кладки на основе вибропрессованных бетонных блоков на периоды дождя и ночного времени.

Если говорить о кладочных растворах, то растворимые ингредиенты, формирующие картину высолообразования, содержатся в клинкерном цементе, продуктах его гидратации и их перекристаллизации. Хорошо растворимыми также являются химические добавки разного назначения, вводимые в кладочные растворы, в частности противоморозные, а также ускорители твердения.

Чтобы составить представление о развитии, последовательности и интенсивности включения названных продуктов в высолообразование, необходимо предварительно составить их классификацию по растворимости и концентрации в кладочном растворе. Потенциал высолообразования со стороны кладочного раствора предопределяется сочетанием именно этих параметров кладочного раствора — растворимости ингредиентов и их содержания в единице объема раствора или единице площади стены.

Данные, представленные в табл. 1 по трем группам вышеназванных продуктов, а также в табл. 2 и 3, позволяют прогнозировать высолообразование, которое будет связано с сезоном строительства и соответственно

Таблица 1

Ингредиенты	Растворимость солей при 20°C, г/100 г воды [1]	Содержание в кладочном растворе, % от массы цемента	Концентрация в кладочном растворе, кг/м <sup>3</sup>
Цемент			
NaOH (Na <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O)	107	0,2–2,5	0,8–10
KOH (K <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O)	95,3		
Продукты гидратации и перекристаллизации цемента			
Ca(OH) <sub>2</sub>	0,148	13–27 [2]	26–54
CaCO <sub>3</sub>	0,0065		
Химические добавки в кладочные растворы			
NaNO <sub>2</sub>	82,9	5–10	20–40
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	111	5–15	20–60
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	52,9	5–10	20–40
CaCl <sub>2</sub>	74,5	1,5–4,5	6–18
NaCl	35,7	1,5–3,5	6–14

Таблица 2

Толщина стены, мм	Описание стены	Объем раствора на 1 м <sup>2</sup> стены по СНиП 3.03.01–87, м <sup>3</sup>	Объем свободной воды на 1 м <sup>2</sup> стены, л
120	Облицовочный слой в составе теплоэффективной трехслойной стены	0,02	3,75
640	Монослойная кирпичная стена	0,13	25,17
640/2	Замачивание монослойной кирпичной стены на 1/2 толщины	0,065	12,58

Таблица 3

Ингредиенты	Количество продуктов, способных к высолообразованию в кладочном растворе, кг/м <sup>2</sup> , при толщине стены, мм		
	120	640	640/2
Компоненты цемента			
NaOH (Na <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O) KOH (K <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O)	0,02–0,2	0,1–1,31	0,05–0,65
Продукты гидратации и перекристаллизации цемента			
Ca(OH) <sub>2</sub>	0,006	0,037	0,019
Химические добавки в кладочные цементные растворы			
NaNO <sub>2</sub>	0,391–0,782	2,62–5,24	1,31–2,62
K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0,391–1,173	2,62–7,85	1,31–3,93
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,391–0,782	2,62–5,24	1,31–2,62
CaCl <sub>2</sub>	0,117–0,352	0,79–2,36	0,39–1,18
NaCl	0,117–0,274	0,79–1,83	0,39–0,92

с необходимостью использования противоморозных добавок и ускорителей твердения в зимних условиях.

В летнее время при работе с бездобавочными кладочными растворами главным фактором, обуславливающим достаточно интенсивное высолообразование на начальной стадии возведения и эксплуатации стены, являются высокорастворимые оксиды щелочных металлов K<sub>2</sub>O + Na<sub>2</sub>O, которые при приготовлении кладочного раствора полностью растворяются в воде затворения (табл. 1). Анализ содержания оксидов щелочных металлов в цементе трех заводов, поставляющих цемент в Республику Башкортостан, показал, что их содержание в ПЦ400–ПЦ500 колеблется в пределах 1,05–2,3%.

При интенсивном осушении стены в солнечную погоду, сочетающуюся с обдувом поверхности ветром, формируется значительный 150–200 л/м<sup>3</sup> градиент перемещения избытка части воды кладочного раствора с растворенными в ней щелочами к наружной поверхности стены. В этом случае протекают два параллельных процесса – вынос раствора на поверхность и осушение поверхности с кристаллизацией солей на поверхности. В условиях интенсивного осушения в теплую солнечную погоду вынос продуктов высолообразования может быть реализован почти в полном объеме за короткое время. Воздействие дождя в сочетании с ветром может достаточно быстро смыть эти хорошо растворимые ингредиенты, и наружная стена, подведенная под крышу, очистится от этой категории высолов.

Объем высолообразования за счет вымывания Ca(OH)<sub>2</sub> при полном осушении стены мал и составляет в зависимости от типа стены (табл. 2, 3) 6–37 г/м<sup>2</sup>. Ca(OH)<sub>2</sub> также способен смыться при косом дожде, однако при определенных условиях возможна его перекристаллизация с превращением в практически нерастворимый кальцит (CaCO<sub>3</sub>). Со временем при дальнейшем действии уголекислоты кальцит может преобразовываться в достаточно растворимый гидрокарбонат Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, также способный смыться при дожде.

В условиях повторного замачивания стены на значительную толщину или промачивания стены с торца из-за протечки кровли высолообразование Ca(OH)<sub>2</sub> будет повторяться практически бесконечно в силу большого ее содержания в цементном растворе. При этом в силу относительно низкой растворимости Ca(OH)<sub>2</sub> (табл. 1) интенсивность высолообразования будет умеренной. Повторное замачивание стены будет содействовать также углублению очистки стены от щелочей до их полного вымывания из объема и смыва с поверхности наружной стены, так что единственным источником высолообразования в этом случае, кроме продуктов в составе кладочных элементов, останется Ca(OH)<sub>2</sub>.

В зимних кладках картина высолообразования может быть более интенсивной. Кроме оксидов щелочных металлов в кладочном растворе могут присутствовать противоморозные добавки и ускорители твердения, необходимые для производства работ в данное время года. Высолообразование не начнется до тех пор, пока не установится положительная температура окружающего воздуха, благоприятная для размораживания свободной воды с присутствующими в ней растворимыми продуктами ее выхода на поверхность. Добавки в кладочные растворы, применяемые в зимний период, обладают высокой растворимостью до 1 кг/л. При этом высолы на наружной поверхности стены будут более интенсивными по сравнению с летней кладкой (рис. 1а), что связано с присутствием противоморозных добавок в зимнем кладочном растворе. Объем высолообразования на наружной поверхности стены по сумме ингредиентов цемента и химических добавок, применяемых в зимний период, может достигать при условии полного растворения и выхода на поверхность в зависимости от типа стены от 0,8 до нескольких килограммов на квадратный метр стены. В летний период большая часть высолов этой категории может быть смыта дождями.

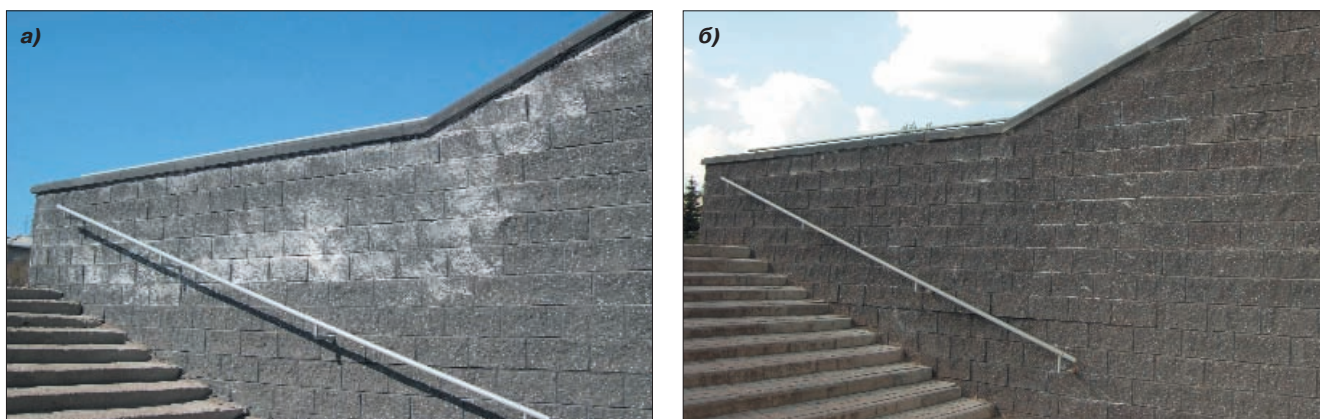
Реализация механизма естественного смыва высолообразований в виде щелочей, противоморозных добавок и некоторых других высокорастворимых ингредиентов с поверхностей стен на основе штучных стеновых материалов иллюстрируются рис. 1 и 2.

Главной причиной высолов из *керамического кирпича* являются растворимые продукты, содержащиеся в шихте. Некоторая часть растворенных продуктов выносится на поверхность при сушке и обжиге штучных изделий. Растворимые продукты, оставшиеся в объеме обожженного керамического кирпича, будут выходить на наружную поверхность кладки в ходе эксплуатации здания. Источниками высолов из керамического кирпича являются растворимые сульфаты щелочных и щелочно-земельных металлов [3].

При возведении кладки свободная вода из кладочного раствора, а также атмосферная влага, проникая в кирпич, растворяет соответствующие соли, которые по описанному выше механизму выносятся на поверхность стены, образуя высолы.

Расчет баланса водорастворимых продуктов в керамическом кирпиче показал, что количество продуктов высолообразования, способных выйти на единицу поверхности наружной стены из кладочных растворов и штучных элементов кладки, являются величинами одного порядка.

Одним из наиболее эффективных способов блокировки высолообразований на поверхностях наружных стен зданий является обработка поверхности гидрофобизирующими составами. Гидрофобизирующие составы на основе силоксанов, кремнийорганических соединений при их нанесении пульверизацией или ручным способом способны создать гидрофобный слой глубиной 5–15 мм, который препятствует выхо-



**Рис. 1.** Высолообразование в виде гидроксидов щелочных металлов и противоморозных добавок с поверхности кладки на основе вибропрессованных бетонных блоков: а – высолы на поверхности кладки, выполненной в ноябре 2003 г., с интенсивным проявлением в мае 2004 г.; б – состояние поверхности стены в мае 2007 г.



**Рис. 2.** Естественный смыв высолов в виде высокорастворимых продуктов с поверхности кладки на основе керамического кирпича: а – высолообразование в начале апреля 2004 г. в ходе возведения кладки; б – состояние поверхности стены в мае 2007 г.

ду на поверхность растворов щелочей и солей. Осушение стены в этом случае происходит за счет выхода сквозь гидрофобный слой паров воды. Этот механизм был подтвержден экспериментами на лабораторных образцах кладочных растворов и штучных кладочных материалов.

Однако время создания гидрофобного слоя необходимо увязать с целесообразностью предварительной очистки кладки от избытка высокорастворимых щелочей и некоторых добавок. Особенно это важно при использовании кладочных растворов на цементах с высоким содержанием оксидов щелочных металлов (выше 0,6%).

Высокое содержание щелочей при невозможности их выноса в виде раствора на наружную поверхность стены гидрофобной пленкой будет сопровождаться их концентрацией в приповерхностных слоях материала стены, где они будут карбонизироваться.

Далее в условиях переменных температур и миграции влаги изнутри к приповерхностным слоям карбонаты натрия и калия будут претерпевать вторичную гидратацию с образованием гидратов карбоната натрия и калия [4, 5], сопровождающуюся значительным увеличением объема твердой фазы.

В условиях существенного заполнения пор приповерхностных слоев материала стены безводными карбонатами натрия и калия гидратация при значительном увеличении объема твердой фазы окажет деструктурирующее влияние на материал и гидрофобную пленку. Оба этих следствия крайне негативны, в связи с чем целесообразно на начальной стадии эксплуатации стены дать возможность максимально реализовать выходу и смыву высокорастворимых ин-

гредиентов и после этого защитить стену поверхностной гидрофобизацией.

Такой подход к защите наружной стены от высолов существенно продлит долговечность и эффективность гидрофобного экрана.

Авторами подготовлен и находится на утверждении в Минстройтрансе Республики Башкортостан нормативный документ «Рекомендации по контролю штучных стеновых материалов и кладочных растворов на высолообразование». Использование этого документа предприятиями – изготовителями и потребителями стеновой продукции позволит оперативно контролировать стеновые материалы по их склонности к высолообразованию и принимать решение по их применимости с учетом особенностей по самоочистке стены, описанной в настоящей статье.

## Список литературы

1. Краткий справочник по химии / Под ред. Горонковского И.Т. и др. Киев: Наукова думка. 1974. 901с.
2. Бабков В.В., Мохов В.Н., Капитонов С.М., Комохов П.Г. Структурообразование и разрушение цементных бетонов. Уфа: Уфимский полиграфкомбинат. 2002. 376 с.
3. Альперович И.А. Способы предотвращения высолов на глиняном кирпиче. Обзорная информация. М.: ВНИИЭСМ. 1993. 71 с.
4. Федосов С.В., Базанов С.М. Сульфатная коррозия бетона. М.: АСВ. 2003. 192 с.
5. Штарк И., Вихт Б. Долговечность бетона / Под ред. Е. Ковалеровой. Киев: Оранта. 2004. 301 с.

## Великая захватническая война\*

В России консолидация и отъем чужой собственности являются практически тождественными понятиями. Девять из десяти крупных предприятий, принадлежащих ныне наиболее мощным ФПГ, были отобраны у прежних владельцев рейдерами – специалистами по захвату предприятий. Передел крупных компаний и столичной недвижимости почти завершен, но рейдеров ждет новая работа: раскручивается очередной виток борьбы за чужую собственность, в центре которой оказался средний бизнес. Главные события развернутся в регионах: рейдеры идут в города-миллионники за недвижимостью, в сельхозрайоны – за землей, в промышленные районы – чтобы отнять рентабельный бизнес.

Журнал «Секрет фирмы» провел исследование «Рейдпригодность-2007». Было проанализировано по 100 предприятий в каждой из 17 основных отраслей. Для сравнительной оценки отраслей был разработан композитный индекс рейдпригодности и определен «портрет» жертв рейдера.

Как показало исследование, больше всего дорогих и слабо защищенных активов сосредоточено в финансах, розничной торговле, общепите, сфере услуг, строительстве и сельском хозяйстве.

Выбирая цель для нападения, рейдеры начинают поиски с баз данных СПАРК, ЕГРП, ЕГРЮЛ. Попутно они сверяются с собственными базами, содержащими сведения о несдаче отчетности, налоговых нарушениях, банкротствах. Этот и прочий компромат всегда может пригодиться при нападении. К потенциальному кандидату рейдеры предъявляют два требования: чтобы предприятие имело интересные активы и чтобы активы эти можно было легко отнять. По аналогичной схеме был проведен анализ аналитиками «Секрета фирмы».

### Индекс рейдпригодности

Чем выше индекс у отрасли, тем больше там дорогих и слабо защищенных компаний и тем больше вероятность, что эту отрасль атакуют рейдеры. Индекс представляет собой сумму показателей, помноженных на определенные веса. Весовой коэффициент у каждого показателя свой и зависит от степени влияния конкретного показателя на итоговый индекс рейдпригодности – от 0,1 (влияние минимально) до 0,7 (влияние решающее).

#### Основные показатели:

**K1** – степень распыленности акционерного капитала в отрасли (самый значимый показатель, максимальный вес коэффициента 0,7).

**K2** – доля основных средств в валюте баланса, характеризует наличие у предприятий отрасли ликвидного имущества: земельных участков, зданий, машин и оборудования (максимальный вес 0,5).

**K3** – доля долгов в валюте баланса, отражает экономическое состояние предприятия (максимальный вес 0,5).

**K4** – дивидендная политика предприятия: выплачивает ли предприятие систематические дивиденды своим акционерам (второстепенный показатель, максимальный вес 0,3).

**K5** – рентабельность бизнеса в отрасли (второстепенный показатель, максимальный вес 0,3).

**K6** – учитывает внешние факторы, облегчающие рейдерам их работу, иными словами, принадлежность предприятия к отраслям с наибольшим числом захватов и к регионам с наибольшим уровнем коррупции (второстепенный показатель, максимальный вес 0,3). Если предприятие отрасли находится в регионах, неблагоприятных для захватчиков, коэффициенту присваивался минимальный вес 0,1.

Очевидно, что в группу максимального риска попадают предприятия, чьи акции распылены между множеством держателей, которые владеют дорогим имуществом и обременены долгами, не платят дивидендов своим акционерам, имеют высокорентабельный бизнес и расположены в коррупционных регионах.

### Рассеянные собственники

Распыленность акционерного капитала (K1) – важнейший показатель, определяющий пригодность предприятия для захватов. Обычно захватчики начинают атаку со скупки «пыли» – небольших пакетов у миноритарных акционеров. Вместе с «пылью» рейдер получает не только разностороннюю информацию о предприятии, но и возможность вставлять палки в колеса генеральному директору и основным собственникам. Так, в соответствии с Положением о ведении реестра владельцев именных ценных бумаг владелец 1% акций имеет право получить выписку из свежего реестра обо всех акционерах предприятия и о размере принадлежащих им пакетов. У обладателя 10% акций появляется право на созыв внеочередного собрания акционеров с нужной ему повесткой дня – это ключевой момент любого захвата. Пакета в 30% акций достаточно для кворума на повторном собрании акционеров.

Если у предприятия более 51% акций рассеяно между множеством акционеров, то его можно брать голыми руками, что и отражается в максимальном весе коэффициента K1 – 0,7. При «распыленке» в 25–51% акций у рейдера, конечно, меньше шансов (вес коэффициента K1 здесь поменьше – 0,5), поскольку контрольный пакет принадлежит мажоритарии. Хотя этот вариант все равно остается весьма перспективным для рейдера. А если среди нескольких миноритариев распределено менее 25% акций, вероятность поглощения еще ниже. Хотя рейдер-миноритарий все равно сможет успешно шантажировать основного акционера в расчете на хорошие отступные (поэтому вес коэффициента K1 в этом случае 0,3).

Любопытно, что по числу компаний с «рассеянными» собственниками рекордсменом оказалось сельское хозяйство: размер «распыленки» превышал 51% у 77 предприятий из 100.

Место в рейтинге	Отрасль	Индекс рейдпригодности	K1	K2	K3	K4	K5	K6
1	Финансы, кредитование, страхование	2,07	0,6	0,13	0,5	0,25	0,3	0,29
2	Розничная торговля и общественное питание	1,9	0,52	0,28	0,33	0,27	0,3	0,2
3	Услуги	1,83	0,55	0,29	0,36	0,29	0,1	0,23
4	Строительство	1,79	0,46	0,14	0,3	0,27	0,3	0,29
5	Сельское хозяйство	1,76	0,64	0,29	0,31	0,3	0,1	0,12
6	Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность	1,72	0,49	0,31	0,43	0,27	0,1	0,13
7	Легкая промышленность	1,68	0,53	0,25	0,34	0,29	0,1	0,16
8	Связь	1,68	0,46	0,15	0,29	0,28	0,3	0,17
9	Промышленность строительных материалов	1,58	0,47	0,21	0,31	0,25	0,1	0,21
10	Транспорт	1,56	0,51	0,18	0,3	0,29	0,1	0,18

\* По материалам одноименной статьи Юлианы Петровой, опубликованной в журнале «Секрет фирмы» № 14 (197), 16.04.2007.

**Имущество**

Условие номер два для рейдера – чтобы у предприятия была привлекательная недвижимость: земля, здания, оборудование. Известно, что в Москве 90% рейдерских атак затевается именно ради недвижимости. В ближайшие годы то же явление будет наблюдаться и в городах-миллионниках, считают эксперты.

Выявить эту самую недвижимость призван коэффициент K2, второй по значимости фактор в этом исследовании. Самые привлекательные цели – предприятия, у которых доля основных средств в валюте баланса превышает 50% (для них коэффициент K2 получает максимально возможный вес – 0,5). Такие компании притягивают рейдеров как магнит. Но даже если вклад основных фондов в баланс исчисляется 10–50%, рейдеру будет чем поживиться. Ведь стоимость недвижимости часто занижается, чтобы минимизировать налог на имущество, и рыночная стоимость имущества всегда вдвое-втрое больше балансовой. Наибольшее расхождение между бумажными цифрами и действительностью характерно для «осколков» бывших советских трестов – там недвижимость систематически неверно переоценивалась на протяжении десятилетий. Случается, что по балансу имущество стоит 500 млн р., а по рыночным ценам тянет на сотни миллионов долларов. Поэтому если доля основных средств составляет 10–50%, коэффициент K2 получает средний вес – 0,3.

В ходе проведения анализа было обнаружено, что по числу предприятий с дорогим имущественным комплексом лидируют лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная отрасли, уже вовлеченные во множество громких скандалов и эта тенденция продолжится в дальнейшем. На втором месте, как и следовало ожидать, оказалось сельское хозяйство благодаря земельным угодьям. На них прежде всего будут посягать застройщики загородного жилья и столичные промышленные группы, нацеленные на региональную экспансию.

**Долги**

Технология захвата предприятия путем его искусственного банкротства постепенно умирает, тем не менее показатель долговой нагрузки по-прежнему имеет большую важность для рейдеров. Скупить просроченные долги предприятия у его кредиторов, потом потребовать их выплаты и тем самым лишиться компании денег, столь необходимых для защиты, – разве не действенный способ ослабления противника?

Долговая нагрузка служит барометром финансовой силы или, наоборот, слабости компании. Если кредиторская задолженность предприятия превышает половину валюты баланса, коэффициенту K3 присваивается максимальный вес – 0,5.

Вполне закономерно самой обремененной долгами отраслью оказались финансы. Банки и страховщики являются финансовыми посредниками, поэтому все привлеченные средства, кроме собственного капитала, у них считаются кредиторской задолженностью.

**Дивиденды и прочее**

Жадность российских мажоритариев давно стала притчей во языцех. Но экономя на дивидендах, мажоритарии тем самым дают рейдерам дополнительное оружие. Акционеры, годами не видевшие никаких выплат, но наслышанные о том, что генеральный директор выводит прибыль через подставные фирмы, охотнее идут на контакт со скупщиками акций из рейдерских контор. Измена часто затрагивает не только рядовых держателей с крошечными пакетами, но и членов совета директоров. Это люди, которые знают о предприятии больше других, но обычно тоже обделены деньгами. Два из десяти директоров расстаются со своими акциями без особых сожалений. Поэтому в индекс рейдпригодности был включен дивидендный коэффициент K4 (если на предприятии не платят дивиденды, вес коэффициента равен 0,3; в противном случае вес составляет 0,1). По результатам исследования настоящими заповедниками обделенных акционеров оказались сельское хозяйство, сфера услуг и легкая промышленность. Весьма прижимисты также основные акционеры на транспорте и в производстве стройматериалов.

В группу второстепенных показателей была включена и среднеотраслевая рентабельность (коэффициент K5). Если

рентабельность больше 15%, коэффициенту присваивается вес 0,3; если меньше – 0,1. Этот показатель обретает важность в свете тенденции последних лет: многие финансово-промышленные группы начали вкладывать деньги в отрасли, показывающие наибольшую динамику роста и высокую рентабельность (строительство, ПСМ, СМИ и пр.). Дальновидные рейдеры загодя начинают скупать мелких и средних игроков, чтобы затем объединить их в холдинг и продать какой-либо заинтересованной финансово-промышленной группе.

Коэффициент K6 оценивает внешнюю среду, в которой находится предприятие. В Москве, например, опасно быть научно-исследовательским институтом или машиностроительным предприятием с большой территорией. К наиболее коррупционным регионам эксперты отнесли Москву, Санкт-Петербург, Московскую и Ленинградскую области. В этих случаях вес коэффициента 0,3; если же внешняя среда не особо благоприятна для расцвета рейдерства – 0,1. В представленном рейтинге по наличию благоприятного климата для захватчиков лидирует строительство, на втором месте находятся финансы, далее идет сфера услуг и производство стройматериалов.

Строительство привлекает любителей чужой собственности прежде всего высокой рентабельностью бизнеса: игра здесь ведется по-крупному.

До сих пор отъемов предприятий в строительстве было сравнительно немного, зато все они касались крупнейших компаний. Рейдеры посягали на такие строительные гиганты, как Центродорстрой, Главмосстрой и Моспромстрой. Прославились на строительной ниве «Нафта-Москва», компания «Нерль», аффилированная с Русским банком развития, а также вездесущее Московское речное пароходство. «Нафта-Москва», например, еще в 2005 г. увела у корпорации «Развитие» пакеты Главмосстроя, Мосмонтажспецстроя и Моспромстройматериалов.

Строительные активы обычно «заказывают» нефтяники и газовики. У них достаточно административного ресурса, чтобы урегулировать вопрос о покупке приглянувшегося застройщика с Федеральным агентством по управлению федеральным имуществом (ФАУФИ). Такие заказчики хотя и обзавестись строительной компанией не для того, чтобы перепродать ее застройочную базу и прочую недвижимость. Они заинтересованы в развитии бизнеса. И решение о нападении принимают в зависимости от того, какова у строительной организации рентабельность, есть ли крупные подряды.

Так, структуры Роснефти долгое время присматривались к Мосэнергострою, осколку советского энергостроительного треста. Роснефть распорядилась было начать скупку акций, но потом передумала. Слишком мало заказов, а как владелец недвижимости стоимостью 300 млн USD эта компания Роснефть не заинтересовала.

Поглощения в строительной сфере имеют свою специфику. В частности, самым ценным достоянием компаний является не недвижимость, а несколько топ-менеджеров с административным ресурсом, способных вести дела с властями. Естественно, они задействуют все свои связи, чтобы противостоять захвату. Поэтому необходимое условие успешного рейда, чтобы заказчик мог успешно помериться с ними административным ресурсом.

**Кража с выдумкой**

Теория рейдерства гласит: захват нужно начинать с атаки на акционерный капитал. Прежде в ходу был криминальный метод – грубое хищение акций. Рейдеры подделывали договоры купли-продажи ценных бумаг или, еще чаще, фальсифицировали решение суда о признании прав собственности на акции за рейдерами. С этим решением захватчик обращался к регистратору – держателю реестра, и тот регистрировал акции на рейдера. После чего новоиспеченный «законный» владелец многократно перепродавал акции, пока они не попадали к заказчику рейда – «добросовестному» приобретателю. Но это уголовные преступления. В настоящее время так грубо работать опасно. Рейдеры стали попадать за решетку по обвинению в мошенничестве и подделке документов, с реальной пер-

спективной судебной приговора на разных стадиях расследования находятся 32 громких уголовных дела. Согласно данным следственного комитета МВД, по фактам незаконных поглощений в 2004 г. было возбуждено 171 уголовное дело, в 2005 г. – 346, а за 2006 г., по данным аналитической группы журнала «Слияния и поглощения», таких дел в производстве уже 354.

«Лобовые» криминальные методы хищения постепенно уступают место усложненным полукриминальным схемам. Разобраться в них способен не каждый судья, не говоря уже о следователях МВД, особенно если речь идет о регионах.

В числе новейших изобретений так называемое доверительное управление поневоле. Акции мажоритарного акционера по фиктивным договорам передаются в псевдодоверительное управление сторонней компании, договор регистрируется у реестродержателя. Доверительный управляющий приобретает право голоса по акциям на собраниях акционеров, но не имеет права собственности на них. Далее по стандартной схеме проводится собрание акционеров, назначается подконтрольный генеральный директор, осуществляется физический «заход» на предприятие, старый менеджмент выгоняют, а активы выводят. Однако состава преступления нет, поскольку доверительный управляющий не получает права собственности на акции. Нет ущерба – нет и уголовного дела. Пока идет «распилка» активов, мажоритарии вынуждены оспаривать в судах несуществующий договор доверительного управления.

#### Не сотвори себе реестра

До недавних пор была также весьма распространена другая технология атаки на акционерный капитал – манипуляции с реестром. Этот метод эффективен и чрезвычайно опасен из-за законов, играющих на руку захватчикам. Дело в том, что акции акционерных обществ в России бездокументарные и в лучшем случае у собственника на руках есть выписка из реестра (списка акционеров). Реестр ведет либо номинальный держатель (регистратор), либо само предприятие (при числе акционеров менее 50). Поэтому реестр акционеров превращается в документ стратегической важности и его захват становится ключевым моментом любого рейда.

Ситуация усугубляется путаницей с регистраторами: в России нет закона о едином депозитарии, как во многих странах, да это и невозможно из-за огромного числа акционерных обществ. Регистраторов насчитывается около 800, это частные конторы, и они точно так же подвержены рейдерским атакам и беспределу чиновников. Возможность же менять регистратора открывает большой простор для злоупотреблений.

Рейдер по суду в состоянии добиться передачи реестра «своему» регистратору. Но сейчас это сложно, дорого, да и правоохранительные органы уже успели познакомиться с технологией захвата реестров и начали сажать «чистильщиков реестров». Поэтому рейдеры придумали усовершенствованную (и менее рискованную) методику – скупку ранее скупленных акций. Эта технология востребована, когда у мажоритария чуть более 50% акций, у захватчика – чуть менее 50%. Захватчик, аккумулировавший 45–49% акций, любыми методами, например путем выемки документов в рамках милицейской проверки или уголовного дела, завладевает документами, прежде всего договорами, на основании которых мажоритарий приобрел акции ранее. Далее с продавцом, который продавал акции мажоритарии, заключаются фиктивные договоры купли-продажи датой ранее той, которая фигурирует в договорах купли-продажи с «мажором». Все операции оформляются как сделки между физическими лицами, поэтому неподведомственны арбитражным судам. Потом «новый собственник» идет в отдаленный суд общей юрисдикции и добивается решения о признании своих прав собственности на акции. Приставы приходят к регистратору и переписывают акции на счета рейдера.

#### На страже закона

Технологический прием всех времен – завести уголовное дело на гендиректора или главного акционера. Это кульминация почти любого рейдерского захвата.

Сначала нужно собрать компромат на гендиректора (он же часто концентрирует контрольный пакет акций компании). Затем рейдер приходит с компроматом в РУБОП, после чего обзаводится решением суда о наложении ареста на мажоритарный пакет из-за налоговой задолженности. В этот момент рейдерский пакет превращается в контрольный. И пока основные владельцы вывозят свои акции из-под ареста, спешно созванное собрание акционеров назначает нового гендиректора. А тот, едва получив полномочия, продает ценные активы фирме – заказчику рейда.

Недавно рейдеры изобрели новинку для особо трудных случаев – когда гендиректор чист и не поддается на шантаж. Рейдер инсценирует хищение акций. Это виртуозная комбинация. Сначала рейдер покупает 5% акций. Затем по специально сфабрикованному, фиктивному передаточному распоряжению акции записываются в реестре на имя мажоритария. Дело в том, что на передаточном распоряжении не требуется подписи покупателя, достаточно только подписи продавца. Затем рейдер подает заявление заранее «подготовленным» сотрудникам милиции по факту кражи у него акций, и против ничего не подозревающего мажоритария возбуждается уголовное дело по статье 159 УК РФ «Мошенничество». Милиция без затруднений расследует это уголовное дело: хищение акций по «поддельным» передаточным распоряжениям налицо, ущерб налицо, умысел очевиден – увеличить мажоритарный пакет. «Поддельность» передаточного распоряжения доказывается тоже легко. Правда, это сложное изобретение пускается в ход лишь при осаде более или менее «жирных» предприятий.

Слабости судебной системы очевидны и самим законодателям. Уже готовятся и переданы в Госдуму поправки в Арбитражный процессуальный кодекс. Теперь антирейдерские иски будут рассматриваться исключительно в арбитражных судах, выдать их за трудовые или гражданские споры, подведомственные обычным судам, станет гораздо сложнее. Кроме того, суд должен будет в обязательном порядке уведомлять компанию о поданном против нее иске (значит, не станет «подснежником»). Но самое главное, гораздо труднее будет предъявить пустяковый иск и в качестве обеспечительных мер добиться судебного решения об аресте акций компании или запрете гендиректору исполнять свои обязанности. А это лишит рейдеров излюбленных уловок, позволяющих нейтрализовать мажоритария или генерального директора.

Однако вряд ли поправки к законам помешают «бдительным гражданам» сигнализировать о нарушениях и с помощью стражей закона отстранять неугодных руководителей. Да, времена грубого криминала прошли, но операции с возбуждением уголовного дела по-прежнему изящны и эффективны.

#### СМЕТА РЕЙДЕРА

Захват предприятия, как и любой другой бизнес-проект, имеет свою смету. Главное требование к ней – захват должен обойтись не больше чем в 30% рыночной стоимости предприятия. При этом проект должен принести специалистам по отъему чужого добра не менее 60–100% годовых.

Вот стоимость основных «рабочих инструментов» московского рейдера (по данным журнала «Секрет фирмы»).

Налоговая проверка на предприятии – от 4 тыс. USD.

Изменение записей в реестре – от 10 тыс. USD в Москве, от 1 тыс. USD в провинции.

Получение копии нужного договора купли-продажи из Регистрационной палаты – 30 тыс. USD в Москве, от 5 тыс. USD в провинции.

Постановление суда об аресте имущества, реестра, запрете собрания акционеров – от 30 тыс. USD в Москве, от 10 тыс. USD в регионах.

Возбуждение заказного уголовного дела – 50 тыс. USD.

Закрытие любого уголовного дела – 30 тыс. USD (в МВД), 1,5 млн USD (в Генпрокуратуре).

Выемка реестра акционеров – 20 тыс. USD.

Выигрыш «мертвого» процесса в арбитражном суде – 10–100 тыс. USD.

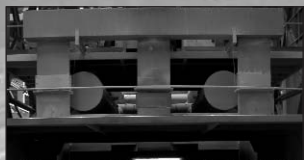
Депутатский запрос в Госдуму – от 5 тыс. USD.

«Нужное» постановление правительства – от 500 тыс. USD.

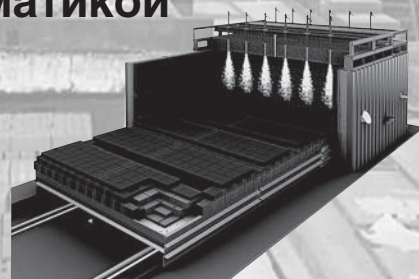
Арест конкурента через МВД – от 100 тыс. USD.

Силовой захват офиса – 10–30 тыс. USD

## 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.promavtomatika.ru](http://www.promavtomatika.ru)  
E-mail: [mail@promavtomatika.ru](mailto:mail@promavtomatika.ru)**

реклама

## 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) 124-32-96, 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	
	707 16 58		(375-17) 227 20 31