

**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.  
ВЕРЕЩАГИН В.И.  
ГОНЧАРОВ Ю.А.  
ГОРИН В.М.  
ЖУРАВЛЕВ А.А.  
КОЗИНА В.Л.  
КРАСОВИЦКИЙ Ю.В.  
КРИВЕНКО П.В.  
ЛЕСОВИК В.С.  
ОРЕШКИН Д.В.  
ПИЧУГИН А.П.  
ФЕДОСОВ С.В.  
ФИЛИППОВ Е.В.  
ХЕЛМИ Ш.  
ХИХЛУХА Л.В.  
ЧЕРНЫШОВ Е.М.  
ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.  
ШТАКЕЛЬБЕРГ Д.И.

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

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

**Перепечатка**  
и воспроизведение статей,  
рекламных  
и иллюстративных материалов  
возможны лишь с письменного  
разрешения главного редактора

Редакция не несет ответственности  
за содержание рекламы и объявлений

**Адрес редакции:**

Россия, 127434, Москва,  
Дмитровское ш., д. 9, стр. 3

**Тел./факс: (499) 976-22-08**  
**(499) 976-20-36**

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

### Силикатные материалы

И.Н. ТИХОМИРОВА, А.В. МАКАРОВ

#### **Механоактивация известково-кварцевых вяжущих ..... 4**

Работа посвящена использованию механоактивации известково-кварцевых сырьевых смесей с целью получения вяжущего безавтоклавного твердения. Рассмотрено влияние длительности механоактивации на состав и анионную структуру аморфизованной зоны на частицах кварца при различных условиях. Показана возможность создания на поверхности зерен кварца структур, подобных нерегулярным твердым растворам кальция в аморфном кремнеземе и приведена количественная оценка продуктов механохимической реакции.

В.В. НЕЛЮБОВА, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, В.В. СТОКОВА, М.В. БЕЗРОДНЫХ

#### **Силикатные материалы автоклавного твердения с наноструктурированным модификатором в условиях высокотемпературных воздействий ..... 8**

Приведены некоторые свойства силикатных автоклавных материалов с использованием наноструктурированного модификатора после воздействия высокой температуры. Обосновано формирование прочностных свойств силикатных материалов при эпикристаллизационном термальном воздействии.

#### **WKB Systems GmbH – связь человека и технологии. .... 10**

Фирма WKB Systems GmbH является международно признанным производителем высокотехнологичного оборудования для индустрии строительных материалов и кузнечной промышленности, а также роботизированной автоматизации производственных процессов. Описаны основные принципы работы компании, перечислены основные виды выпускаемого оборудования для силикатной промышленности (гидравлические прессы серии WKP, установки пакетирования рустирования, колки и рустирования, гидрофобизации и др.).

#### **Проекты фирмы Masa и опыт их реализации на заводах силикатного кирпича ..... 14**

Описаны два проекта фирмы Masa: расширение завода силикатного кирпича в Нидерландах за счет введения в эксплуатацию прессов HDP 800 и HDP 1200 Jumbo и автоматической линии мокрой резки фигурных доборных силикатных элементов; строительство завода силикатного кирпича на юго-западе Республики Беларусь.

И.А. ГАЛЕЕВ

#### **Прессовое и смесительное оборудование для заводов по производству силикатного кирпича ..... 20**

Описан проект завода силикатных изделий производительностью 100 млн штук условного кирпича в год в Калуге. Даны отличительные характеристики применяемого оборудования: прессов VIKING, гидравлической системы, автомата-укладчика и др.

А. БАБЕЛЬ

#### **Дозирование пигментов для окрашивания силикатного кирпича ..... 22**

Приведены преимущества применения неорганических порошкообразных пигментов. Показаны возможности дозирующего оборудования для окрашивания силикатной массы при периодической технологии, когда пигмент вводится порционно в сухом виде после реактора. Описана технологическая схема введения пигментов в силикатную массу.

Г.В. КУЗНЕЦОВА, В.Г. ХОЗИН

#### **Влияние пигментов на свойства гашеной силикатной формовочной смеси .... 25**

Приведены история внедрения технологии окрашивания силикатного кирпича. Даны рекомендации по количественному введению пигментов. Показано, что при введении пигмента активность смеси снижается, жесткость смеси увеличивается.

В.Ю. ОРЕХОВ

#### **Неорганические пигменты для окрашивания силикатного кирпича. .... 28**

Представлены новинки на рынке пигментов – турецкий железоксидный пигмент Printonik ASY-1315. Описаны преимущества порошкообразных пигментов перед компактированными и гранулированными. Описано влияние интенсивности окраски изделий в зависимости от увеличения доли пигмента, цвета применяемого песка, давления в автоклаве и др.

А.В. КОБЫЛИН

**Транспортное оборудование для производства силикатного кирпича . . . . . 30**

Проведен сравнительный анализ наиболее часто применяемых в ПСМ типов механических конвейеров и пневмотранспорта. Рассмотрены особенности различных типов оборудования на примере подачи материала на расстояние 40 м и производительностью 50 т/ч. В качестве оценочных критериев использованы ориентированность в пространстве – ограничения по расположению транспортного оборудования, экологичность, энергоэффективность, надежность, простота использования и обслуживания и др.

Д.А. ПОНОМАРЕВ

**Конвейерные системы RUD Ketten для транспортировки извести и мела . . . . . 32**

Представлены основные системы круглых стальных цепей, «центральная цепь». Проиллюстрированы способы установки ковшей цепных элеваторов, а также их модернизации. Описаны системы беспылевого внутривзаводского транспорта.

**Актуализация нормативной документации как одна из приоритетных задач ассоциации производителей силикатных изделий (Информация) . . . . . 34**

Отражено современное состояние силикатной промышленности, даны основные типы производимых силикатных изделий. Описана деятельность НП «АПСИ» по актуализации СНиП II-22-11, ГОСТ 379-95 «Кирпич и камни силикатные. Технические условия» и СТО «Кладка из силикатных изделий (кирпич, камни, блоки). Правила производства работ и контроля их выполнения».

Е.В. ФОМИНА, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, В.В. СТРОКОВА

**Особенности фазообразования силикатных ячеистых изделий автоклавного твердения с алюмосиликатным сырьем . . . . . 38**

Установлено, что замена части кварцевого компонента алюмосиликатной породой вулканического происхождения (перлитом) при производстве автоклавного газобетона приводит к существенным изменениям в фазовом составе гидратных новообразований, что положительно влияет на прочностные свойства материала.

С.Б. ПРОХОРОВ

**Рынок газообразователей в России. Критерии оценки и тенденции развития . . . . . 40**

Приведены прогнозы развития производства газобетона. Обоснован переход производства газобетона на использование специализированных газообразователей. Показаны преимущества газообразователей с несвязанной структурой под маркой «Газобето+» (СТО 75754739-001-2010).

В.А. ПЕРЕВЕРТОВ

**Применение подшипников АФЗ при производстве силикатных изделий . . . . . 44**

Приведены отличительные особенности подшипников с антифрикционным наполнителем и области их применения. Описаны конструктивные особенности подшипника и свойства АФЗ. Показаны возможности применения подшипников в различных отраслях промышленности.

**Нерудные строительные материалы**

А.А. СЕМЕНОВ

**Состояние российского рынка мобильных и передвижных дробильно-сортировочных установок . . . . . 46**

Представлен анализ рынка мобильных и передвижных дробильно-сортировочных установок за период 2006–2011 гг. Рассмотрено соотношение экспорта и импорта, обозначена структура поставок по фирмам-производителям. Дан прогноз производства и потребления данного вида оборудования на ближайшие годы.

И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ

**Пятый мелющий элемент . . . . . 49**

Разработаны и поставлены на серийное производство два типоразмера мельниц для сверхтонкого помола и механохимической активации смесей. Применение мельниц «Пурга» позволяет реализовывать различные схемы измельчения для широкого круга задач. Использование мельниц «Вьюга» дает возможность помола не только сухих материалов, но и для активации суспензий.

В.В. ОДАБАИ-ФАРД, И.В. ПЕТРОВ

**Решение вопросов экологии в Германии при разработке месторождений нерудного сырья . . . . . 52**

Описана процедура оценки воздействия промышленных предприятий на окружающую среду (ОВОС) в Германии. В качестве примера приведена ОВОС при разработке месторождений нерудного сырья. Выделены особенности процедуры и факторы, обуславливающие ее необходимость. Проведено сравнение законодательных документов об экологической экспертизе Российской Федерации и Германии. Указано на недостаточное участие общественности в России при обсуждении проектов строительства промышленных предприятий.

А.С. ЧИРКОВ

**Расчет выхода продуктов дробления при эксплуатации щековых и роторных дробилок . . . . . 55**

Приводится методика расчета технологических схем дробильно-сортировочных фабрик с применением щековых и роторных дробилок, позволяющая определять количественно выход продуктов дробления – щебня различных фракций (5–10, 10–20, 20–40 мм).

## Материалы и конструкции

ОРЕШКИН

**Свойства кладочных растворов на основе экструдированных растворяемых смесей ..... 58**

Представлены разработанные сверхлегкие экструдированные цементные растворы для кладки стен из мелкоштучных элементов. Приводятся результаты микроструктурного, химического и рентгенофазового анализов цементного камня, полученного на основе традиционного раствора и экструдированного с полыми стеклянными микросферами. Показано, что растворы из экструдированных смесей имеют более высокие технические свойства.

И.И. ОВЧИННИКОВ, В.Н. МИГУНОВ

**Долговечность железобетонной балки в условиях хлоридной агрессии ..... 61**

Рассматривается задача расчета напряженного состояния и долговечности изгибаемой железобетонной балки под действием изгибающего момента и хлоридсодержащей среды. Проанализированы различные схемы действия среды и показаны наиболее опасные ситуации.

Е.В. КАЛИНИНА

**Обоснование возможности выпуска строительных материалов на основе отходов производства кальцинированной соды ..... 64**

Представлены результаты исследований по определению физико-химических, физико-механических свойств и токсикологических свойств основного отхода производства кальцинированной соды – шлама карбоната кальция. На основании полученных результатов предложены направления использования шламов карбоната кальция в строительной отрасли и результаты исследования свойств полученных материалов.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ®

Н а у к а

М.С. ЛЕБЕДЕВ, В.В. СТРОКОВА, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, И.Ю. ПОТАПОВА

**Изменение свойств минеральных порошков из алюмосиликатного сырья под влиянием термической модификации ..... 68**

Рассматривается возможность применения алюмосиликатного сырья осадочной толщи в качестве минеральных порошков, а также изменения свойств наполнителей под влиянием термической модификации.

**Кириак Самсонович Завриев ..... 72**

С.Н. ЛЕОНОВИЧ, А.В. ПРАСОЛ

**Модели периода иницирования коррозии арматуры ..... 74**

Рассматривается период иницирования коррозии (депассивация арматуры). Описаны существующие модели расчета проникновения хлора, показаны их преимущества и недостатки.

С.Н. ТОЛМАЧЕВ, Е.А. БЕЛИЧЕНКО

**Повышение долговечности тяжелого бетона путем комплексной активации структурных уровней ..... 76**

Установлено, что одновременное применение тепловлажностной обработки совместно с введением влияния углеродных коллоидных наноразмерных частиц (УНЧ) повышает прочность цементного камня по сравнению с цементным камнем, твердеющим в нормальных условиях. Также установлено, что комплекс воздействий (УНЧ+ТВО+прессование) повышает не только прочность, но также снижает водопоглощение до 30% и истираемость до 40%, повышает морозостойкость на 1–2 марки. Еще больший эффект обеспечивает дополнительное сочетание этого комплекса с применением суперпластификатора.

Г.И. БЕРДОВ, Л.В. ИЛЬИНА, В.Н. ЗЫРЯНОВА, Н.И. НИКОНЕНКО, В.А. СУХАРЕНКО

**Влияние минеральных микронаполнителей на свойства строительных материалов ..... 79**

Минеральные микронаполнители (воластонит, диопсид, известняковая мука и др.) способствуют упрочнению структуры продуктов гидратации неорганических вяжущих веществ (портландцемента, оксида магния) и полимерных материалов. Это обеспечивает повышение важнейших свойств строительных материалов: механической прочности, морозостойкости, водостойкости, химической стойкости. Оптимальное количество микронаполнителей зависит от их дисперсности и уменьшается с ее увеличением.

Н.И. КОЖУХОВА, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, В.В. СТРОКОВА

**Оценка биопозитивности геополлимерных вяжущих на основе низкокальциевой золы-уноса ..... 84**

Приведена сравнительная оценка биопозитивности геополлимерных вяжущих на основе низкокальциевой золы-уноса ТЭЦ и портландцемента по методике фитотестирования материалов на семенах высших растений. Показано, что геополлимерные вяжущие на основе техногенного сырья – низкокальциевой золы-уноса ТЭЦ не обладают повышенными показателями токсичности.

**Новости ..... 86**

И.Н. ТИХОМИРОВА, канд. техн. наук, А.В. МАКАРОВ, инженер (rakhartr@bk.ru),  
 Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

## Механоактивация известково-кварцевых вяжущих

В настоящее время активно развивается химическое знание, направленное на изучение химических реакций в твердых телах и изменение их реакционной способности под воздействием механических сил. Эта область знания обозначена как механохимия. Мерой механоактивации можно считать количество накопленной поверхностной энергии, запасенной в виде крупных низкоэнергетичных дефектов, существенно снижающих энергию активации реакции химического взаимодействия и повышающих кинетические константы процессов. Наличие этих дефектов обуславливает более высокую степень разупорядоченности структуры. Чем их больше, тем ближе вещество к химически активному аморфному состоянию [1]. В технологии силикатных материалов во многих процессах синтеза основным лимитирующим фактором является низкая химическая активность кварцевого компонента. В работах [2, 3] наглядно представлено позитивное влияние механоактивации на процессы взаимодействия кремнеземистого компонента с получением различных продуктов. Было замечено, что в большей степени механоактивации подвергают твердые и хрупкие материалы с большой долей ковалентных связей, в то время как пластические компоненты с идеальной спаянностью почти не поддаются активации такого рода, так как при нагрузках происходит скольжение структурных элементов таких материалов относительно друг друга [4]. С этой точки зрения кварцевые пески и сырьевые смеси на их основе являются материалом, восприимчивым к механической активации.

В качестве объектов исследований выбраны кварцевый песок и сырьевые смеси песка с негашеной известью, которые являются основой известково-кремнеземистых вяжущих автоклавного твердения. В качестве помольного агрегата была использована виброцентробежная мельница непрерывного типа ЦЭМ-7в, выбор которой обусловлен тем, что мелющие тела, двигаясь по сложным эллипсоидным орбитам с большими скоростями, реализуют практически все возможные виды разрушения частиц твердых материалов. Целью данного исследования являлось получение коли-

чественных оценок состава и структурных особенностей новообразований, возникающих за счет механохимических процессов в ходе помола на зернах кварца. А с практической точки зрения эта работа направлена на возможность существенного снижения параметров гидротермальной обработки известково-кварцевого вяжущего в результате механоактивирующего воздействия на него, т. е. переход от автоклавной обработки на технологию пропаривания изделий.

В ходе работы были исследованы свойства материалов, подготовленных по различным методикам: отдельный сухой помол с последующим смешиванием компонентов, совместный сухой помол и совместный мокрый помол. Сырьевые смеси отличались также по величине удельной поверхности (времени механоактивации) и по исходной активности сырьевой смеси (30 и 10% СаО). После помола смеси гасили 2,5-кратным количеством воды исходя из их активности.

Активность вяжущих до и после помола определяли титрованием: во всех случаях (за исключением отдельного помола) содержание несвязанного СаО заметно снижалось в ходе механохимического взаимодействия (см. таблицу). С помощью РФА установлено, что по мере увеличения времени механоактивации происходит незначительное расширение основного пика кварца, что связано с деформацией кристаллической решетки и накоплением в ней внутренних напряжений [4]. В то же время длительность помола заметно уменьшает площадь эндотермического эффекта полиморфного пре-

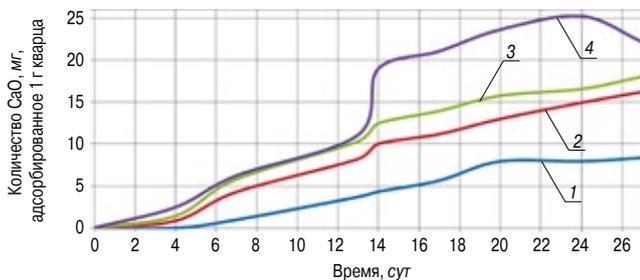


Рис. 1. Поглощение кварцем СаО из насыщенного раствора Са(ОН)<sub>2</sub> в зависимости от удельной поверхности кварца, м<sup>2</sup>/кг: 1 – 590; 2 – 1050; 3 – 1420; 4 – 1580

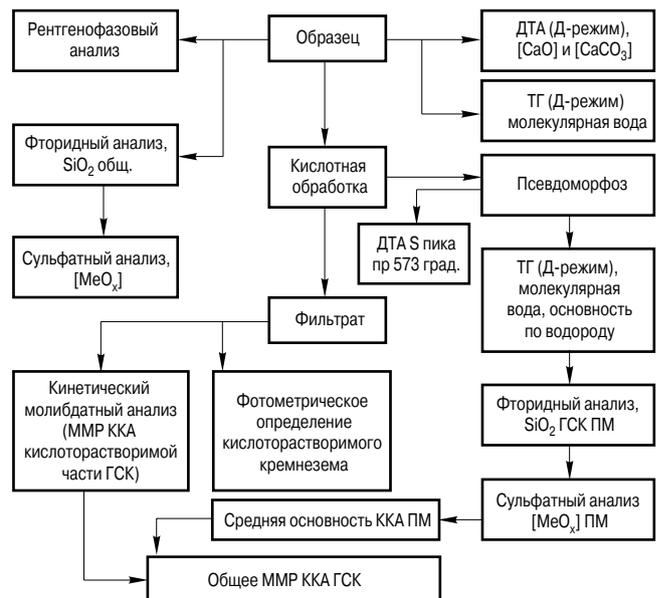


Рис. 2. Блок-схема комплексного анализа высокополимерных силикатов и гидросиликатов кальция

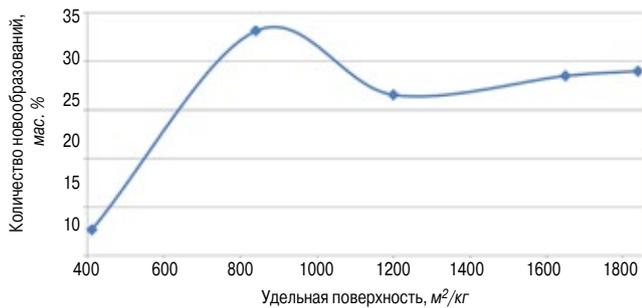


Рис. 3. Изменение количества новообразований от удельной поверхности известково-кварцевой смеси

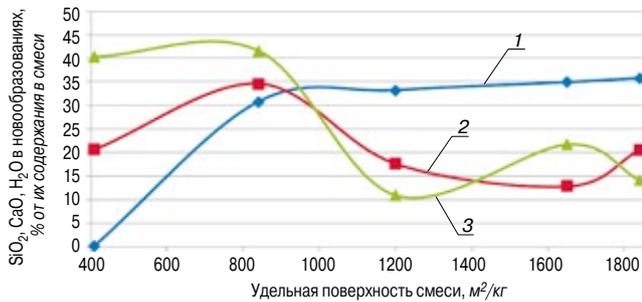


Рис. 4. Количество кремнезема, извести и воды, вошедшее в новообразования, относительно соответствующих оксидов, мас. %: 1 – SiO<sub>2</sub> в новообразованиях; 2 – CaO в новообразованиях; 3 – вода в новообразованиях

вращения β- в α-кварц, и именно этот метод принят как основной для количественного определения аморфизованного кремнезема в системе.

По мере увеличения степени аморфизации поверхности кварца и его удельной поверхности растет его пуццолановая активность (рис. 1).

На основе предварительных результатов, проведен более детальный эксперимент по определению состава и структуры аморфизованной зоны на зернах кварца с использованием комплексного метода анализа высокополимеризованных силикатов, схема которого приведена на рис. 2. Анализ сырьевых смесей направлен на количественное определение доли продуктов, сформировавшихся при помоле, а также на выяснение некоторых структурных характеристик этих новообразований, а именно степени полимеризации и основности их кремнекислородных анионов (ККА). Для этого образцы смесей перемешивали в растворе 0,15н холодной соляной кислоты в течение получаса, затем раствор отфильтровывали; фильтрат содержал растворимые формы кремнезема, т. е. те новообразования, которые по составу и структуре уже более подобны силикатам кальция, нежели просто аморфному кремнезему. В фильтрате определяли концентрацию кремнезема (кислоторастворимый SiO<sub>2</sub>) и молекулярно-массовое распределение (ММР) ККА фотометрированием кремнемолибденовых комплексов. Нерастворимый остаток (псевдоморфоз) представляет собой зерна кварца с аморфизованной оболочкой, которая не в состоянии перейти в раствор при кислотной обработке из-за очень высокой степени полимеризации анионов и высокой прочности сцепления с зерном. Псевдоморфоз подвергался ДТА исследованию, а также химическому анализу, заключающемуся в последовательной обработке пробы плавиковой и серной кислотами и определении изменений массы после прокаливания. Эти данные позволили рассчитать количественное соотношение новообразований кварца и кремнезема; основность анионов по катионам кальция

и водороду, а также суммарную основность ККА и на ее основе определить среднюю степень полимеризации ККА в аморфизованном слое псевдоморфоза. Кроме того, были рассчитаны соотношения CaO/SiO<sub>2</sub> (C/S) и H<sub>2</sub>O/SiO<sub>2</sub> (H/S) в аморфизованной зоне, а также массовая доля этих новообразований.

Следует отметить, что в случае сухого помола присоединение воды к новообразованиям происходит при загашивании водой уже механоактивированных смесей.

В таблице представлены экспериментальные данные для смесей, отличающихся способом подготовки и удельной поверхностью порошков.

Как указывалось выше, совместный помол извести и песка ведет к существенному снижению активности смеси, так как CaO встраивается в структуру аморфизованного слоя на частицах кварца в ходе механохимического взаимодействия. Количество CaO, вступившего во взаимодействие с кремнеземом при механоактивации, выше для более тонкомолотых смесей при их невысокой исходной активности и при совместном мокром помоле. Количество новообразований, появившихся при помоле на частицах кварца, составляет от 20 до 37% от массы порошка и зависит от способа приготовления сырьевой смеси. При этом доля кислоторастворимого кремнезема менее 1%, т. е. эти «фазы» не переходят в раствор при обработке кислотой, остаются в виде псевдоморфоза на песчинках и имеют очень высокую степень полимеризации ККА (несколько десятков тысяч). В сущности, процесс аморфизации поверхностных слоев кварца при накоплении в них определенного уровня линейных дефектов может привести к разрыву связей -Si-O-Si-, т. е. к деполимеризации исходной структуры и образованию отдельных блоков, степень полимеризации которых, однако, достаточно высока и связана с размером самих блоков. Так, при помоле кварцевого песка до значения S<sub>уд</sub> = 10500 м²/кг средняя степень полимеризации ККА, составляющих блоки соответствует примерно 17000. Введение извести в систему увеличивает степень полимеризации новообразований, т. е. укрупняет блоки, что может быть связано с тем, что кальций, мигрируя по дефектам решетки аморфизованных слоев SiO<sub>2</sub>, «сшивает» ее, образуя связи -Si-O-Ca-O-Si-. Действительно, средняя степень полимеризации ККА в структурах при совместном помоле с известью выше. Это косвенно подтверждается тем фактом, что при сухом совместном помоле смеси с исходной активностью 10% средняя степень полимеризации ККА новообразований почти вдвое ниже, чем для смеси, исходно содержащей 30% извести, и занимает промежуточное положение между сухим отдельным и сухим совместным помолами. Хочется отметить, что в данном случае нет четкой зависимости степени полимеризации ККА от соотношения C/S, как это наблюдается у обычных фаз силикатов и гидросиликатов кальция (для них чем выше соотношение, тем меньше степень полимеризации ККА). Это, по мнению авторов, связано с крайней вещественной и структурной нерегулярностью аморфизованной зоны, а также с тем, что при формировании обычных фаз, например при кристаллизации из раствора, анионный состав определяется в основном кристаллохимическими особенностями соединения. При механохимических же процессах все определяется направленностью и концентрацией линейных дефектов, вдоль которых в основном и происходит диффузия ионов кальция, гидроксильных анионов, молекул воды, что, в свою очередь, зависит в основном от механизма механического воздействия.

При сравнении совместного и отдельного сухого помола по количеству новообразований можно сделать заключение, что сухой совместный помол наиболее эф-

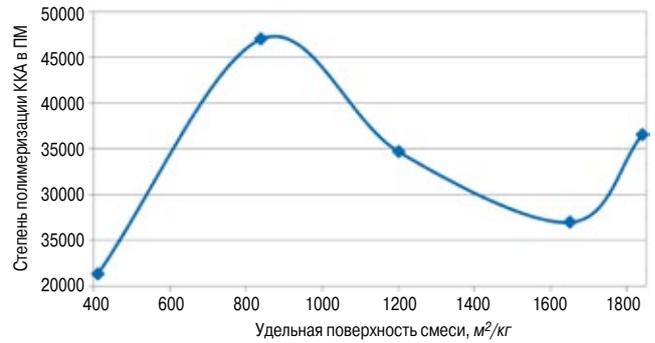
фективен. Если сравнивать совместный сухой и совместный мокрый помолы, то мокрый эффективнее. Это связано с тем, что при измельчении вода активно вступает во взаимодействие с кремнеземом, гидратируя его поверхность и разрыхляя структуру. Подтверждается данное высказывание тем фактом, что количество силанольной воды в сырьевой смеси, прошедшей совместный мокрый помол, почти в два раза выше, чем в образцах после сухого помола. Мокрый помол в виброистрателе возможно эффективно осуществлять при влажности 60%. Полученный шликер с таким водотвердым соотношением необходимо дополнительно обезвоживать до формовочной влажности, что усложняет производственную схему.

Далее представлены результаты эксперимента по выявлению влияния длительности механоактивации ( $S_{уд}$ ) известково-кварцевых смесей при совместном сухом помоле на количество, состав и степень полимеризации ККА аморфизованной зоны (рис. 3–6).

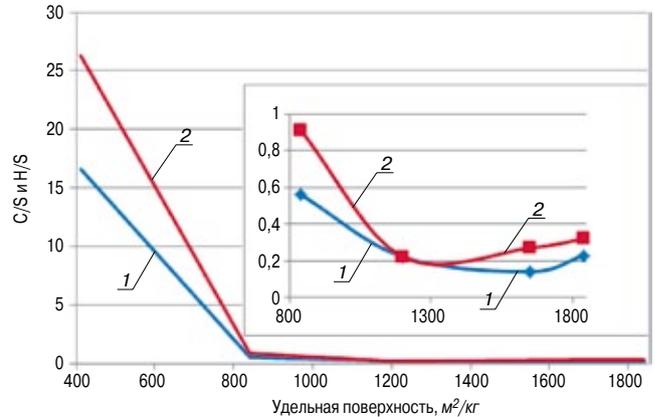
Количество новообразований (рис. 3) для смеси с обычной  $S_{уд} = 300\text{--}400\text{ м}^2/\text{кг}$  составляет примерно 10–12%. Увеличение тонкости помола и, следовательно, длительности механоактивации приводит к резкому росту количества новообразований на поверхности кварца и достигает максимума при значении удельной поверхности 800–1000  $\text{м}^2/\text{кг}$  (33–34%), затем оно незначительно снижается, а выше  $S_{уд} = 1200\text{ м}^2/\text{кг}$  очень незначительно нарастает, достигая 29% при  $S_{уд} = 1800\text{ м}^2/\text{кг}$ . При этом, как видно из рис. 4, количество аморфизованного кремнезема после достижения удельной поверхности 800–1000  $\text{м}^2/\text{кг}$  возрастает очень незначительно, а вот доля связанных в новообразования  $\text{CaO}$  и  $\text{H}_2\text{O}$  изменяется более существенно и волнообразно. Увеличение длительности механического воздействия приводит не только к росту дисперсности, но и к изменению состава и структуры аморфизованной зоны.

Колебания содержания ионов кальция и химически связанной воды в составе псевдоморфоza, по всей видимости, связано с механизмом разрушения этого слоя. При невысокой тонкости помола механическая энергия тратится на прирост удельной поверхности и на увеличение толщины аморфизованного слоя. При этом ионы кальция, диффундируя по линейным дефектам в глубь зерна, образуют с кремнеземом химические связи, сшивая отдельные блоки, что ведет к повышению степени полимеризации ККА (рис. 5).

При достижении  $S_{уд} = 800\text{--}1000\text{ м}^2/\text{кг}$  толщина слоя аморфизованных продуктов становится достаточно большой и механическая энергия в основном расходуется на его разрушение, которое сопровождается выходом из ранее возникшей структуры  $\text{CaO}$ , поскольку разрывы в основном и происходят по более слабым связям  $-\text{Si-O-Ca-O-Si}-$ . Это можно себе представить как процесс «отшелушивания» с поверхности зерен блоков



**Рис. 5.** Средняя степень полимеризации кремнекислородных анионов (ККА) псевдоморфоza от величины удельной поверхности сырьевой смеси



**Рис. 6.** Изменение мольных отношений C/S (1) и H/S (2) от  $S_{уд}$

аморфизованного  $\text{SiO}_2$ . Толщина аморфизованной зоны на исходных зернах кварца уменьшается, снижается и средневзвешенная степень полимеризации ККА. А при дальнейшем увеличении длительности помола процессы начинают повторяться, но с заметно меньшей амплитудой колебаний, поскольку уже слишком велика дисперсность порошка и размеры блоков становятся соизмеримыми с зернами кварца. Роль воды в загашенных сырьевых смесях, полученных совместным сухим помолом, не столь значительна, как при мокром помоле. Однако из рис. 4 видно, что и она в достаточно большом количестве (от 15 до 40%) входит в состав продуктов. Авторами определено, что химически связанная вода в псевдоморфоze присутствует и в виде гидроксидов, и в виде силанольных групп, кроме того, есть и просто адсорбированная на активных центрах молекулярная вода. Судя по характеру зависимостей, химически связанная вода в отношении механохимических процессов

Характеристики сырьевых смесей	Способ подготовки смеси			
	Сухой раздельный помол, $S_{уд} = 1050\text{ м}^2/\text{кг}$	Сухой совместный помол, $S_{уд} = 820\text{ м}^2/\text{кг}$	Сухой совместный помол, $S_{уд} = 880\text{ м}^2/\text{кг}$	Совместный мокрый помол, $S_{уд} = 1330\text{ м}^2/\text{кг}$
Активность вяжущего после (до) помола, %	30 (30)	24,55 (30)	4,8 (10)	10,9 (30)
Количество новообразований, мас. %	20,56	33,15	23,58	36,74
Кислоторастворимый $\text{SiO}_2$ , мас. %	0,46	0,45	0,25	0,83
Степень полимеризации	17100	46300	27800	35000
C/S	1,89	0,56	0,08	0,31
H/S	4,07	0,91	0,79	0,5

выполняет ту же роль, что и ионы кальция, но связи более слабые, чем связи  $-Si-O-Ca-$ , а следовательно, более склонные к самопроизвольному разрушению и перегруппированию. Поэтому частота и амплитуда колебаний для этой кривой больше.

Таким образом, волнообразный характер изменения параметров аморфизованной зоны, по всей видимости, связан в основном с волнообразным изменением ее толщины, т. е. с самим механизмом измельчения. В исходном кварце степень полимеризации ККА стремится к бесконечности, при измельчении кварца происходит волнообразное чередование процессов полимеризации и деполимеризации с постепенным уменьшением амплитуды этих колебаний, и в целом с тенденцией к деполимеризации анионов новообразованных.

Изменения усредненного вещественного состава аморфизованной зоны при увеличении длительности механоактивации и увеличении удельной поверхности порошка приведены на рис. 6.

При обычной тонкости помола смесей известково-кварцевого вяжущего степень механоактивации низка и толщина аморфизованной зоны мала; значения  $C/S$  и  $H/S$  крайне велики в силу того, что дислоцируются ионы кальция и вода в виде  $OH^-$  групп в основном только на поверхности. При увеличении длительности механоактивации, с одной стороны, увеличивается толщина зоны, а с другой – повышается дефектность ее структуры, что облегчает диффузию ионов в глубь слоя. Возникают химические связи с кремнекислородным мотивом уже по всей толщине слоя: значения  $C/S$  и  $H/S$  существенно снижаются и оказываются менее единицы. При тонкости помола выше  $800-1000 \text{ м}^2/\text{кг}$  величины  $C/S$  и  $H/S$  меняются незначительно и даже при сверхтонком измельчении оказываются гораздо меньшими,

чем у обычных кристаллических силикатов и гидросиликатов.

На основе механоактивированного известково-кварцевого вяжущего с исходной активностью 30%, полученного совместным сухим помолом до удельной поверхности  $820 \text{ м}^2/\text{кг}$ , после пропаривания при температуре  $98^\circ\text{C}$  в течение 8 ч получены образцы силикатного камня с прочностью при сжатии 40 МПа и при изгибе 7 МПа. Эти характеристики оказались даже выше, чем у обычных автоклавированных силикатных изделий того же состава и по прочности приближаются к вяжущим на основе портландцемента, что свидетельствует об эффективности механоактивации в технологии изделий на основе известково-кварцевых сырьевых смесей.

**Ключевые слова:** кварц, известь, механоактивация, известково-кремнеземистое вяжущее.

#### Список литературы

1. Панин В.Е., Гриняев Ю.В., Данилов В.И. и др. Структурные уровни пластической деформации и разрушения. Новосибирск: Наука, 1990. 255 с.
2. Tavangarian F., Emadi R., Shafuei A., Influence of mechanical activation and thermal treatment time on nanoparticle forsterite formation mechanism // Powder Technology. 198. March, 2010. P. 412–416.
3. Tavangarian R., Emadi, Effect of fluorine ion and mechanical activation on nanostructure forsterite // Powder Technology. 203, March, 2010. P. 180–186.
4. Беляков А.В., Сигаев В.Н. Физико-химические основы процессов механического измельчения неорганических неметаллических материалов. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2001. 59 с.

ООО «Би.Эл.Спектр»

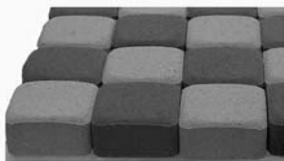
115432, Москва, Проектируемый проезд 4062, д. 6, оф. 40А

Тел./факс: (495) 677-3081

www.bspigment.ru

E-mail: info@bspigment.ru

## Пигменты для бетонов, силикатного кирпича, строительных смесей, полимерных материалов



### Сухие латексные краски «АКВАМИКС» для наружных и внутренних отделочных работ

#### ДОСТОИНСТВА И ПРЕИМУЩЕСТВА

- Простота применения: достаточно развести водой, чтобы получить водно-дисперсионную краску
- Хранение и транспортировка при любой температуре без потери качества – Вы не возите воду!
- Высокие атмосферостойкость и долговечность
- Широкий ассортимент цветов и оттенков
- Возможность приготовления краски на месте применения в необходимом количестве
- Отсутствие запаха
- Без растворителей, консервантов и вредных добавок
- Упаковка пигментов и красок – бумажные многослойные мешки 25 кг



**БЭС**  
ПИГМЕНТ

Реклама

В.В. НЕЛЮБОВА, канд. техн. наук, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, канд. геол.-мин. наук, В.В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, М.В. БЕЗРОДНЫХ, магистрант, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Силикатные материалы автоклавного твердения с наноструктурированным модификатором в условиях высокотемпературных воздействий

В настоящее время Россия занимает одно из лидирующих мест по темпам строительства, в том числе по возведению индивидуального жилья. В связи с этим испытывается острая потребность в качественных и недорогих мелкоштучных материалах. При этом прессованные изделия автоклавного твердения по востребованности занимают третье место среди мелкоштучных стеновых материалов.

С каждым годом увеличивается количество пожаров, в частности в жилых домах. За прошедший год в городах России зарегистрировано более 150 тыс. пожаров. При этом прямой материальный ущерб составил 3,5 млрд р.

Согласно ГОСТ 30244–90 «Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть» силикатный кирпич относится к негорючим строительным материалам. Кроме того, по требованиям нормативной литературы максимальная температура его применения не должна превышать 550°C, однако для жилых домов и общественных зданий во время пожара температура внутри помещения достигает 800–900°C.

В связи с этим проблема повышения долговечности строительных материалов, в том числе силикатных автоклавных, при техногенных воздействиях все еще актуальна.

Учеными БГТУ им. В.Г. Шухова разработаны силикатные или алюмосиликатные вяжущие поликонденсационно-полимеризационного типа твердения – наноструктурированные вяжущие. В настоящее время разработан комплекс материалов с использованием наноструктурированного вяжущего в качестве не только основного связующего компонента, но и эффективного наноструктурированного модификатора [1–5]. В частности, установлено [6], что введение до 10% наноструктурированного вяжущего в качестве модифицирующей добавки в силикатные материалы качественно повышает их технико-эксплуатационные характеристики. Отмечается также повышение прочностных характери-

стик цементных материалов с использованием наноструктурированного модификатора в условиях длительного воздействия высокой температуры [7].

Целью настоящей работы было изучение поведения силикатных автоклавных материалов с использованием наноструктурированного модификатора в условиях высокотемпературных воздействий.

В качестве сырьевых компонентов использовали песок Разуменского месторождения (Белгородская обл.), известь негашеную и воду. Все сырьевые компоненты удовлетворяли соответствующим ГОСТам. Заформованные образцы проходили стандартную автоклавную обработку при температуре 180°C и избыточном давлении пара 10 атм. Объектом исследования были образцы двух составов: контрольного, сырьевая смесь для изготовления которого полностью соответствовала заводскому составу, и экспериментального, в состав формовочной смеси которого взамен заполнителя вводили наноструктурированный модификатор в количестве 10%.

В связи с невозможностью полноценного испытания образцов на жаростойкость согласно ГОСТу была разработана специальная методика. Образцы нагревали до 200°C и выдерживали при этой температуре 30 мин, далее нагревали до 550°C и также выдерживали 30 мин, а затем нагревали до 1000°C по той же схеме. После полного остывания образцы испытывали на прочность. По результатам испытаний получены зависимости, представленные на рис. 1.

Анализ полученных результатов показал, что в случае частичной замены песка на наноструктурированный мо-

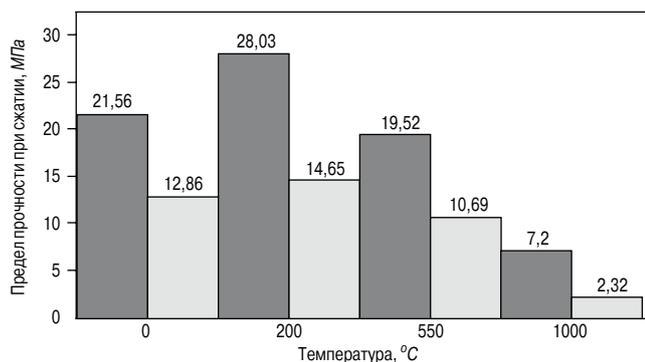


Рис. 1. Изменение прочностных характеристик силикатных материалов в результате высокотемпературного воздействия: ■ – экспериментальный образец; □ – контрольный образец

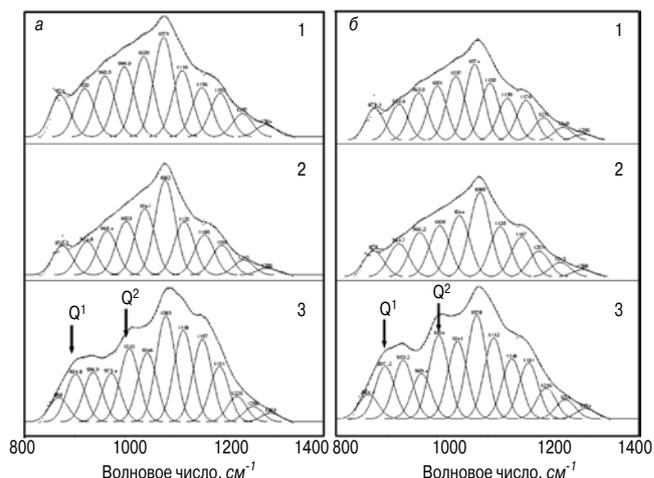
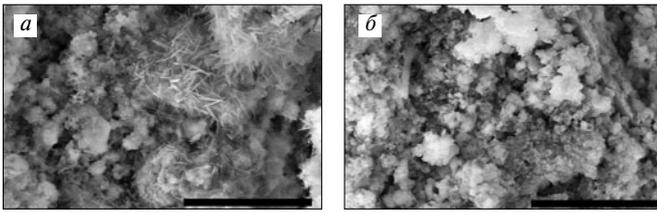
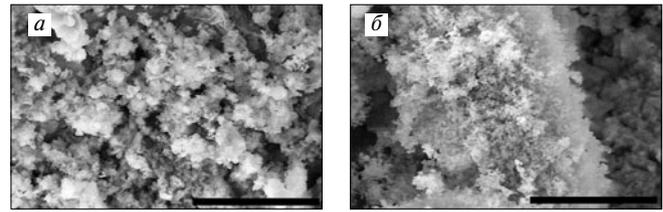


Рис. 2. Эволюция ИК-спектров CaO–SiO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O вяжущих в интервале 800–1300 см<sup>-1</sup> в зависимости от температуры эпикристаллизационной тепловой обработки: а – контрольный образец; б – экспериментальный образец; 1 – образец после автоклавирования; 2 – после нагрева при 200°C; 3 – после нагрева при 1000°C



**Рис. 3.** Микроструктура силикатных образцов до температурного воздействия: а – контрольный состав; б – экспериментальный состав. Масштабные отрезки соответствуют 0,002 мм



**Рис. 4.** Микроструктура силикатных образцов после температурного воздействия (1000°C): а – контрольный состав; б – экспериментальный состав. Масштабные отрезки соответствуют 0,002 мм

дификатор прирост прочности образцов после выдерживания при температуре 200°C составил 30%, в то время как образцы на традиционном сырье упрочнились всего на 15%. Это можно объяснить тем, что при температуре около 200°C создаются условия, способствующие более полному связыванию гидроксида кальция с активным минеральным компонентом, в результате чего образуются дополнительные соединения. Наноструктурированный модификатор обладает повышенной активностью по сравнению с традиционным сырьем, в связи с чем процессы химического взаимодействия компонентов протекают с большей интенсивностью.

При температуре 550°C, соответствующей разложению гидросиликатов кальция и несвязанной гашеной извести, у контрольных образцов наблюдается снижение прочности на 17%, тогда как образцы экспериментального состава потеряли менее 10% прочности.

Необходимо также отметить, что остаточная прочность контрольных образцов при температуре 1000°C практически в два раза ниже, чем у образцов, изготовленных с использованием модифицирующей добавки.

Для установления особенностей структурных полимеризационных трансформаций кремнекислородного структурного мотива силикатной компоненты системы при термальных воздействиях применяли метод ИК-спектроскопии.

В результате разделения спектрального профиля на элементарные составляющие (рис. 2) была произведена идентификация выделенных профилей полос поглощения с характерными полосами поглощения Si—O структурных мотивов различной степени полимеризации. Анализ полученных данных показал, что с повышением температуры эпикристаллизационной тепловой обработки усиливаются полосы поглощения, характерные для Si—O цепей и диортогрупп — Q<sup>2</sup> и Q<sup>1</sup> соответственно.

Интерпретировать полученные изменения в ИК-спектрах можно следующим образом. Наблюдаемые полосы поглощения для лент и слоев в гидросиликатах с повышением температуры трансформируются в безводные цепочечные силикаты (воластонит), которые с дальнейшим повышением температуры могут переходить в силикаты с диортогруппами (ранкинит) или в ортосиликаты. В образцах с наноструктурированным модификатором больше аморфного кремнезема, поэтому образование гидросиликатов кальция идет более активно и также активнее происходит дегидратация. Следовательно, количество образованных гидросиликатов больше, чем в контрольных образцах, поэтому прочность при добавлении наноструктурированного модификатора увеличивается.

Анализ микроструктуры, проведенный на основе растровой электронной микроскопии, показал, что образцы контрольного состава представлены в основном глобулярными новообразованиями (рис. 3, а). Наблюдается незначительное количество гидросиликатов кальция с игольчатой морфологией, что может свидетельствовать о незавершенных процессах структуро- и фазообразования. Тогда как образцы силикатных материалов с использованием наноструктурированного мо-

дификатора представлены сеткой спутанно-волоконистых агрегатов, 1D-наноразмерных новообразований, полностью покрывающих зерна заполнителя (рис. 3, б).

Основная масса гидросиликатных новообразований по результатам рентгенометрической диагностики представлена ксонотлитом — ленточным силикатом, являющимся продуктом трансформации 11Å-тоберморита. При этом максимальная длина новообразований составляет 8 мкм, ширина 0,5 мкм, а толщина не превышает 100 нм.

В образцах, которые были подвергнуты высокотемпературному воздействию при 1000°C, практически не наблюдается кристаллических форм новообразований, что объясняется трансформацией гидросиликатов кальция в ортосиликаты (рис. 4). В образцах с наноструктурированным модификатором образование гидросиликатов кальция и дегидратация идут активнее, чем в контрольных образцах. Это видно на микрофотоснимках и подтверждается данными ИК-спектроскопии.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (2009–2013 гг.) по проектам № 16.740.11.0770 и № 14.B37.21.0930.

**Ключевые слова:** силикатные материалы, температура, наноструктурированный, прочность.

#### Список литературы

1. Шаповалов Н.А., Строкова В.В., Череватова А.В. Оптимизация структуры наносистем на примере ВКВС // Строительные материалы. 2006. № 9. С. 16–18.
2. Павленко Н.В., Череватова А.В., Строкова В.В. Особенности получения рациональной поровой структуры пенобетона на основе наноструктурированного вяжущего // Строительные материалы. 2009. № 10. С. 105–106.
3. Мирошников Е.В., Строкова В.В., Череватова А.В., Павленко Н.В. Наноструктурированное перлитовое вяжущее и пенобетон на его основе // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 10–12.
4. Павленко Н.В., Строкова В.В., Череватова А.В., Жерновский И.В., Нелюбова В.В., Капуста М.Н. Эффективность применения наноструктурированного вяжущего при получении ячеистых композитов // Строительные материалы. 2012. № 6. С. 10–12.
5. Строкова В.В., Череватова А.В., Жерновский И.В., Войтович Е.В. Особенности фазообразования в композиционном наноструктурированном гипсовом вяжущем // Строительные материалы. 2012. № 7. С. 9–12.
6. Нелюбова В.В. Повышение эффективности производства силикатных автоклавных материалов с применением нанодисперсного модификатора // Строительные материалы. 2008. № 9. С. 89–92.
7. Лесовик В.С., Потапов В.В., Алфимова Н.И., Ивашова О.В. Повышение эффективности вяжущих за счет использования наномодификаторов // Строительные материалы. 2011. № 12. С. 60–62.

# WKB Systems GmbH – СВЯЗЬ ЧЕЛОВЕКА И ТЕХНОЛОГИИ

Фирма WKB Systems GmbH является международно-признанным производителем высокотехнологичного оборудования для индустрии строительных материалов и кузнечной промышленности, а также роботизированной автоматизации производственных процессов. Многолетний опыт сотрудников и ноу-хау способствуют формированию имиджа компании как признанного во всем мире надежного партнера.

Компанией WKB идеи воплощаются в практические решения и высокотехнологичное оборудование, обеспечивающее рентабельность производственного процесса.

Оборудование компании отличается:

- индивидуальностью;
- инновациями;
- высоким качеством;
- стабильностью и долговечностью;
- гармоничным соотношением цены и качества.

Проверенные временем технологии передовые комплексные решения, а также индивидуальный подход к заказчику и целенаправленность делают фирму WKB надежным партнером известных производителей. Работа на высоком техническом уровне, постоянный диалог и поддержка заказчика являются важными составляющими деятельности.

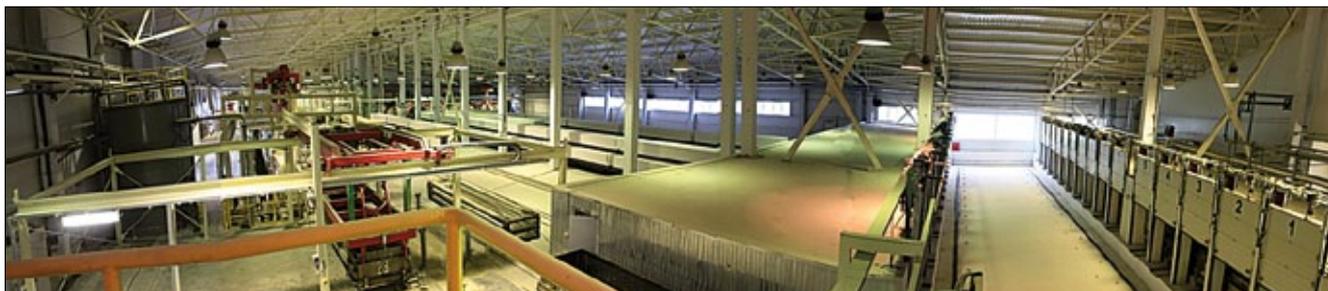


Рис. 1. Завод по производству ячеистого бетона «КСМК» в Краснодаре полностью построен по технологии и с применением оборудования WKB Systems GmbH

## Технические решения совместно с заказчиками

Заказчик в качестве партнера принимает участие на каждой стадии проектирования, что позволяет выработать индивидуальное решение по любому требованию. Благодаря инновационным техническим концепциям достигается оптимизация производственного процесса и повышается конкурентоспособность продукции заказчика.

Фирма WKB является поставщиком отдельных линий, установок и заводов «под ключ» для производства силикатного и зольного кирпича, автоклавного газобетона и керамического кирпича.

В области машиностроения компания предлагает:

- технические консультации;
- проектирование и конструирование;
- производство, монтаж и автоматизацию;
- пуск в эксплуатацию и обучение персонала на территории заказчика;
- разработка и внедрение индивидуальных решений совместно с заказчиком;
- мониторинг производственного процесса;
- поддержка заказчика в течение всего проекта.

Исследование возможности реализации проекта, предварительный анализ сырьевых материалов и надежный сервис на высшем уровне обеспечивают отлаженный производственный процесс.

## Деятельность на международном рынке

WKB Systems GmbH – надежный партнер известных производителей во всем мире. Инновационные технологии, комплексные решения и индивидуальный подход к заказчику позволяют выполнять все требования иностранных заказчиков, благодаря чему установки и линии эксплуатируются в настоящее время почти на всех континентах – в Европе, Азии, Америке и Африке.

## Производство автоклавного газобетона

В области производства блоков газобетона (рис. 1) инженеры фирмы WKB Systems GmbH разрабатывают базовые концепции для:

- массоподготовки и смесительного отделения;
- резательного комплекса;
- участка автоклавирования с пароподготовительным отделением;
- транспортировки и контроля качества продукции;
- участка пакетирования и хранения продукции;
- управления и визуализации.

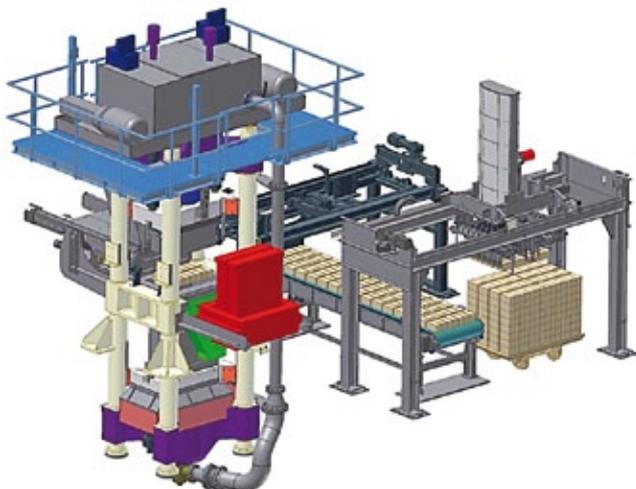
## Все для кузнечной промышленности

Кроме промышленности строительных материалов фирма WKB Systems GmbH активна в кузнечной промышленности. Приоритетами являются хэндлинг и автоматизация процесса. Например, кованые детали можно контролировать с помощью 3D-камер и роботами. Компанией разрабатываются решения для производителей автомобильных компонентов, например производства шатунов и коленвалов с интеграцией роботов различных производителей. Они облегчают работу, вынимая раскаленные детали из печи, или автоматизируют охлаждение кованых заготовок; при этом автоматы воспроизводят различные виды деятельности, неблагоприятные для здоровья.

В дополнение к этому фирма WKB вносит свой вклад в производство синтетических материалов и выпустила автоматическую установку для производства пенополиуретановых автомобильных сидений для одного из крупнейших производителей автомобилей.



Рис. 2. Исходные материалы – песок и известь смешиваются в соответствии с рецептурой. Компьютерное управление дозированием воды следит за соответствием предварительно заданных параметров



**Рис. 3.** Автоматический гидравлический пресс для производства силикатного кирпича WKP 750 DD. Отличие данной установки от старых механических и даже гидравлических прессов заключается в способе управления. Аналоговое позиционирование прессового поршня в замкнутой области регулирования обеспечивает избранное, регулируемое по времени уплотнение материала и высокую точность размеров кирпича-сырца

### Производство силикатного кирпича

В сфере производства силикатного кирпича WKB Systems предлагает инновационные решения в области:

- массоподготовки и смесительных линий (рис. 2);
- гидравлических прессов;
- транспортирования запорочных вагонеток;
- автоклавирования;
- транспортирования и упаковки;
- формирования лицевой поверхности кирпича;
- реконструкции;
- оснащения заводов «под ключ».

Прессы являются главной составляющей каждого завода по производству силикатного кирпича. Гидравлические прессы серии WKP специально разработаны для полностью автоматизированного производства с получением продукции высокого качества и отвечают индивидуальным требованиям заказчика (рис. 3, 4). Конструкция и система управления прессы изготовлены по последнему слову техники, а техническое исполнение гарантирует высокую производительность. Отработанная конструкция гарантирует долгий срок службы и качество силикатного кирпича.

Самым известным прессом компании WKB является гидравлический пресс WKP 750, впечатляющий прежде всего своей производительностью. До 10 тыс. шт. кирпича в час может быть произведено при максимальном усилии прессования до 750 т. Еще одним преимуществом прессы является его компактность. Он занимает малую площадь и может быть установлен на месте устаревшего прессы. Благодаря этому пресс WKP 750 можно ин-



**Рис. 5.** Высококачественный кирпич перед отправкой к покупателям составляется на поддон. Для надежной транспортировки и для защиты от повреждений кирпич обвязывается горизонтально и вертикально полимерными лентами и затем упаковывается в полиэтиленовую пленку. Горизонтальное обвязывающее устройство является частью упаковочной линии



**Рис. 4.** Смонтированный с прессом автомат-укладчик с помощью собственных различных программ приспособляется к конкретным обстоятельствам (размерам кирпича, автоклавных вагонеток, автоклавов, схеме укладки заготовок) и бережно укладывает кирпич-сырец на рядом стоящие автоклавные вагонетки

тегрировать в существующее производство и заменить им оборудование с меньшей производительностью. Для достижения более высокого качества при выпуске крупноформатных блоков эффективнее применять пресс двойного прессования WKP 750 DD.

Установки пакетирования фирмы WKB имеют модульную конструкцию и могут быть индивидуально подобраны согласно требованиям каждого заказчика.

К **дополнительным** опциям относятся накопители поддонов, снабжающие установку пакетирования и являющиеся решающим фактором для использования автоматизированной системы пакетирования силикатного кирпича. Кроме того, предлагаются такие системы подачи поддонов, как цепные или роликовые транспортеры, роликовые конвейеры с тактовым толкателем (рис. 5).

Установка WKB-Embosser была специально разработана для **рустирования** силикатного и керамического кирпича (рис. 6). Этот компактный узел изготавливает за один час до 2400 кирпичей, рустированных с ложковой стороны, или 1200 кирпичей, рустированных с ложковой и тычковой сторон. С помощью регулирования скорости обработки достигаются разнообразные и точные рисунки рустирования. Другим преимуществом установки является возможность применения отдельно или в составе полностью автоматизированной производственной линии, а также простота обслуживания.

WKB-Combi-Embossер – **комбинированный узел колки и рустирования**, выполняющий две операции за один рабочий ход; при этом происходит раскол силикатного кирпича и одновременное рустирование половин кирпича с ложковой и тычковой сторон (рис. 7).



**Рис. 6.** Установка WKB-Embosser может быть использована в качестве отдельной установки с подачей кирпича в ручном режиме, а также встроена в полностью автоматизированную производственную линию



**Рис. 7.** Фрагмент стены из силикатного кирпича, обработанного на WKB-Combi-Embossер. Установка может обрабатывать как природный камень (песчаник, базальт, мрамор), так и искусственный (силикатный, бетонный или керамический кирпич)



**Рис. 8.** Длина установки WKB-Impregnator составляет 2,5 м. Благодаря своей компактности может быть встроена в любую уже имеющуюся производственную линию



**Рис. 9.** Камнерезные пилы предназначены для производства полосок, угловых элементов, узких полосок, половинок кирпича (продольный и поперечный распилы) и нанесения надрезов на поверхность кирпича



WKB-Combi-Embossер обрабатывает поверхность силикатного кирпича, в результате чего производится облицовочный кирпич с внешним видом «под старину». Благодаря малой опорной поверхности установка может быть использована в качестве отдельной установки или полностью автоматизированной линии.

WKB-Impregnator – надежная защита от воздействий окружающей среды. Рустированные стороны силикатного кирпича должны быть защищены от атмосферного воздействия с помощью гидрофобизации. Установка WKB-Impregnator автоматически обрабатывает рустированную поверхность изделия гидрофобизатором и отличается высокой производительностью (рис. 8).

Широкий ассортимент **камнерезных пил** фирмы WKB позволяет получать изделия разнообразных форм – угловой облицовочный кирпич, кирпич половинный, распиленный вдоль или поперек, фасонный кирпич и др. Высокий уровень технологии распиливания обеспечивают пилы WKB-Line, WKB-Uni или WKB-Basic в различных вариантах и модификациях. Все пилы отличаются высокой производительностью, особенно при распиле твердых материалов, и различаются возможностями применения (рис. 9).

### Модернизация производства

WKB Systems GmbH предлагает также выгодные проверенные решения для модернизации производства, результатом чего является повышение эффективности и рентабельности производства и значительное улучшение качества продукции.

Всегда имеется возможность внедрения новых современных линий в уже имеющееся производство. Вся оптимизация технологического процесса проводится в индивидуальном порядке.

Благодаря модульной конструкции линий могут быть модернизированы и отдельные компоненты оборудования.

Линии и установки фирмы WKB гарантируют высокое качество продукции и гибкость производства. В результате учета каждой особенности производственного процесса при разработке решений модернизации достигаются максимальные результаты.

Возможные преимущества оптимизации существующего производственного процесса:

- повышение производительности;
- сокращение расходов на содержание персонала;
- повышение уровня автоматизации;
- сокращение длительности производственного цикла;
- повышение качества производимой продукции;
- сокращение расходов за счет использования уже имеющихся производственных площадей.

Специалисты WKB Systems GmbH окажут поддержку в течение всего проекта реконструкции и разработают лучшее решение для более эффективного использования производственных мощностей.

### «WKB Торговля и Сервис» – дочернее предприятие в г. Бор Нижегородской области

Для непосредственного контакта с заказчиками в странах СНГ в 2005 г. было основано дочернее предприятие – фирма «WKB Торговля и Сервис» в Нижегородской области.

ООО «WKB Торговля и Сервис» предоставляет ряд услуг: сервис, монтаж и пуск в производство, техническое обслуживание поставленного оборудования и поставка запасных частей. Имеющийся на предприятии в г. Бор склад позволяет проводить сервисные работы в короткие сроки. Благодаря удобному расположению склада возможна быстрая поставка запасных частей.

**WKB System GmbH – Ваш партнер. Ваш проект. Ваш успех.**



**ЗАВОД  
ТЕХПРИБОР**

г. Щекино Тульской обл.

**ПРЕДЛАГАЕТ**

# **Автоматизированный мельничный комплекс**



## **«Трибокинетика-6000»**

- **2 950 000 р. с НДС  
в полной комплектации**
- **2 года гарантии**
- **Низкая себестоимость помола**

# **РАБОТАЕТ ПО ВСЕЙ РОССИИ!**



**[www.tpribor.ru](http://www.tpribor.ru)**

Завод «Техприбор» РФ, Тульская область, г. Щекино, ул. Пирогова, д. 43  
Контактные телефоны: (48751) 4-87-27, 4-08-69, (48751) 4-57-78, 4-76-99

E-mail: [manager@tpribor.ru](mailto:manager@tpribor.ru)

# Проекты фирмы Masa и опыт их реализации на заводах силикатного кирпича

Фирма Masa GmbH, чей бренд «Masa-Dorstener» широко известен во всем мире, зарекомендовала себя как надежный партнер на рынке производства силикатных изделий. Высокое качество оборудования гарантируется многолетним опытом работы компании. Приведенные примеры двух различных проектов призваны проиллюстрировать спектр возможностей фирмы Masa GmbH в производстве силикатных изделий.

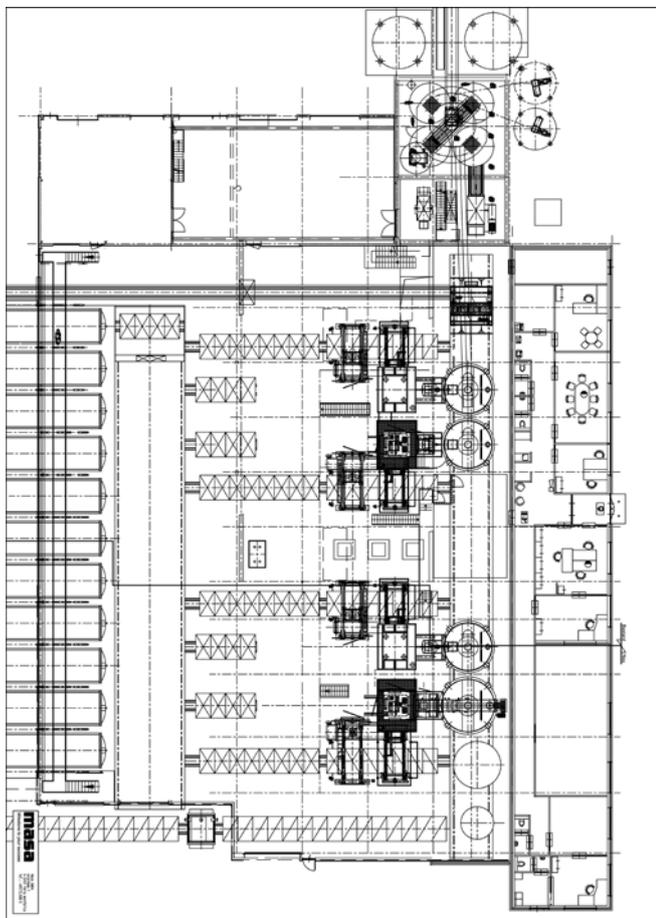
*Один из самых крупных рынков силикатного кирпича находится в Нидерландах. В производстве силикатного кирпича Нидерланды являются ведущей страной Европы. Объем производимых силикатных изделий на душу населения в этой стране один из самых высоких. Чтобы удерживать позиции на подобном рынке, где сильна конкуренция, необходимы правильная проектная концепция и надежное технологическое оборудование.*

Именно поэтому для фирмы MAKZ, расположенной в западной части Нидерландов, было разработано проектное решение, адаптированное к экономическим требованиям рынка. При проектировании завода в 2006 г. большое внимание было уделено гибкой концепции, предусматривающей последующее расширение завода.

На первом этапе строительства завода планировалось производство изделий мелко- и среднего форматом. Были спроектированы и установлены два гидравлических прессы Dorstener HDP 800. В зоне смесительной установки с самого начала закладывалась возможность последующего расширения.

В августе 2007 г. состоялся ввод в эксплуатацию завода с двумя прессами. С тех пор предприятие успешно производит мелко- и среднеформатные изделия преимущественно для голландского рынка.

Первый этап строительства включал смесительную башню с двумя реакторами для обеспечения работы



**Рис. 1.** Общий чертеж смесительной установки с реакторами 1-го и 2-го этапов расширения



**Рис. 2.** Смесительная установка с двумя реакторами первого этапа строительства. В передней части имеется свободная площадь для последующего расширения производства



**Рис. 3.** Готовое здание для смесительной установки с зоной для реакторов. Вид снаружи



**Рис. 4.** Подготовка новых фундаментов для прессов второго этапа расширения. При этом не требуется остановки производства на уже имеющемся прессе

двух прессов. Разработанная концепция смесительной установки предусматривала расширение завода за счет установки еще двух прессов (рис. 1). При проектировании остальных производственных зон — автоклавирования, подачи запорочных тележек и упаковки также учитывалась последующая возможность расширения завода (рис. 2).

В начале 2012 г. фирма Masa GmbH получила заказ на расширение производства, в рамках которого на заводе в настоящее время монтируются третий пресс HDP 800 и пресс HDP 1200 Jumbo (рис. 3). После завершения этапа расширения на заводе возможно производство крупноформатных силикатных блоков длиной до 1000 мм и высотой до 675 мм.

Еще одним результатом расширения станет производство фигурных (доборных) силикатных элементов на автоматической линии мокрой резки. В настоящее время детали установки изготавливаются на заводе фирмы Masa в г. Порта-Вестфалика (Германия). Их поставка планируется в октябре-ноябре 2012 г. На заводе уже проведены соответствующие работы по подготовке фундамента без остановки действующего производства (рис. 4). После поставки оборудования сразу начнутся работы по монтажу и вводу в эксплуатацию (рис. 5).



**Рис. 6.** Сердцем производства являются три полностью автоматических прессы, легко управляемых одним оператором



**Рис. 5.** Автоклавы для запаривания изделий. В этой зоне будут установлены дополнительные автоклавы, так как количество запариваемых изделий возрастет в связи с увеличением производительности зоны прессования

Согласно текущему календарному плану второго этапа расширения завод с новыми прессами и линией резки выйдет на полную производительность в апреле 2013 г. Благодаря тесному сотрудничеству компании МАКЗ и сотрудников фирмы Masa данный проект реализуется без остановки действующего производства.

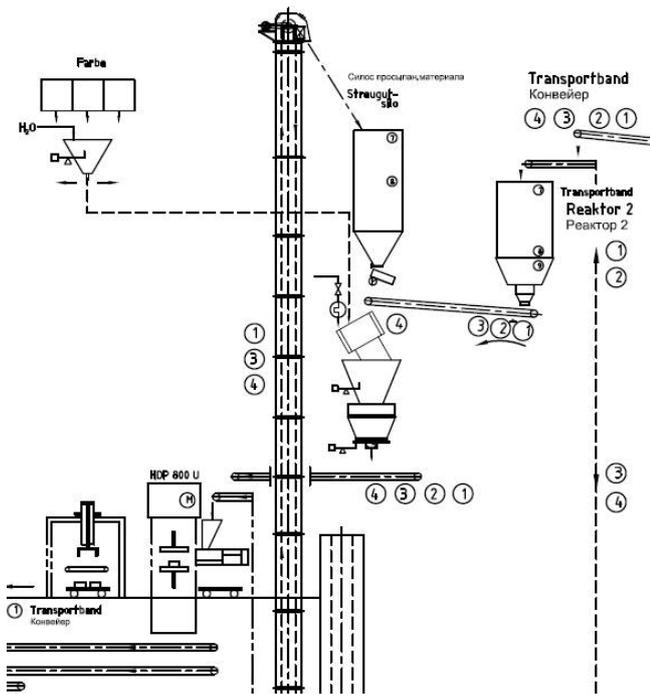
*При планировании возведения нового завода на юго-западе Республики Беларусь основной служили перспективы развития строительства. СЗАО «КварцМелПром» и фирма Masa построили один из самых современных заводов в Восточной Европе.*

Решение о строительстве нового завода было принято исходя из динамики развития строительства и промышленности строительных материалов в Республике Беларусь и постоянно растущих требований к качеству силикатных изделий. Помимо производства мелкоформатных изделий при проектировании была заложена возможность производства среднеформатных и крупноформатных элементов (рис. 6). Для выпуска лицевого кирпича в зоне смесительной установки предусмотрен участок производства цветных изделий, а на линии упаковки — установка обработки изделий для имитации природного камня.

Фирме Masa GmbH как компетентному партнеру на рынке производства силикатных изделий были поручены разработка и проектирование технологической линии, изготовление, монтаж и ввод оборудования в эксплуатацию, обучение обслуживающего персонала и техническое сопровождение в процессе эксплуатации завода.



**Рис. 7.** Производство кирпича для внутренних перегородок со следующими размерами: длина 500 мм, высота 250 мм и толщина 100 мм. Это новая продукция, которая становится популярной в странах СНГ



**Рис. 8.** Технологическая схема со смесителем периодического действия для производства цветных изделий. При обратной подаче просыпи цветная просыпь транспортируется отдельно от белой, чтобы краситель вводился в технологический процесс уже после реактора и прессования

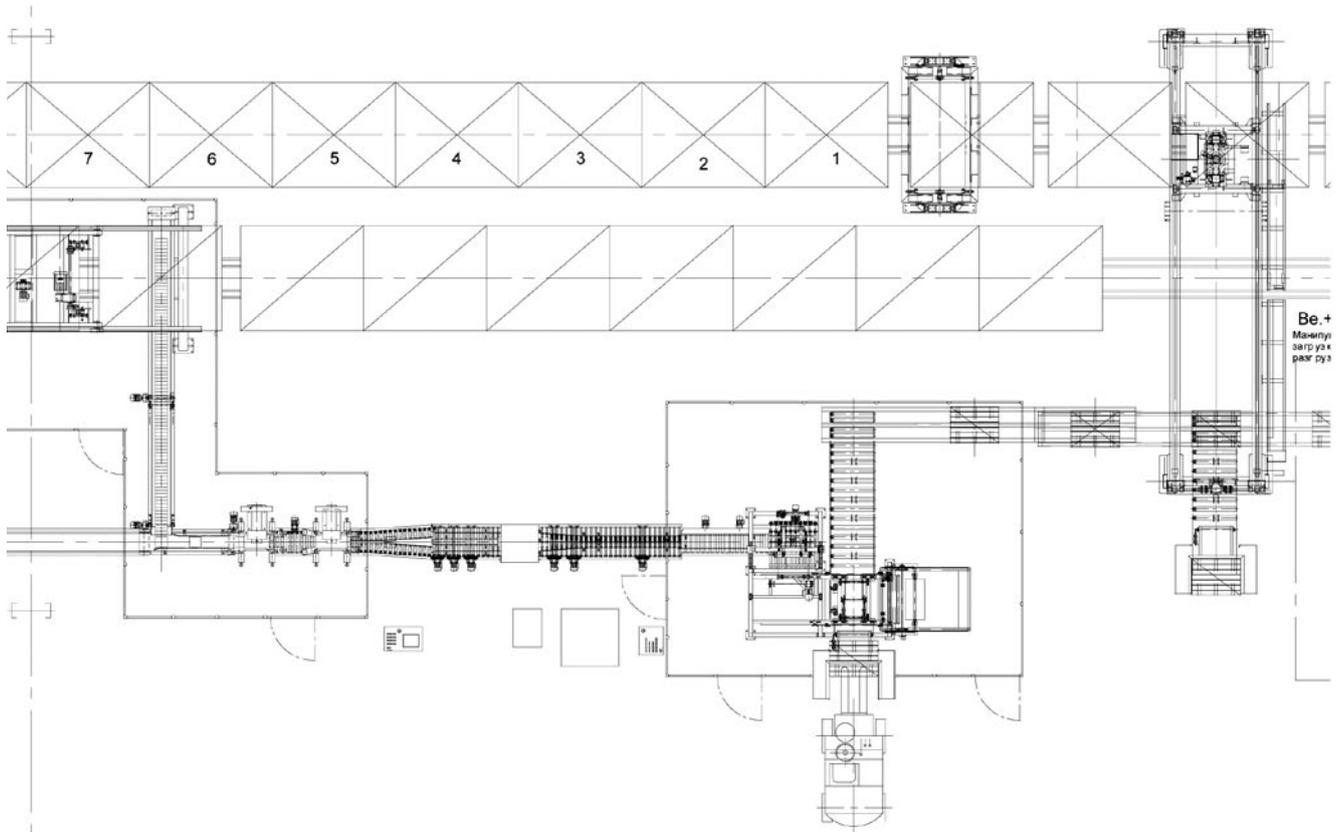
Для круглогодичной эксплуатации завода требовалось размещение подачи запарочных тележек в здании цеха. Поскольку завод возводился на большом участке, решение было найдено быстро. С одной стороны, был



**Рис. 9.** Цветные изделия после автоклавной обработки

обеспечен нормальный ход производственного процесса с отличным материально-техническим обеспечением, с другой — гарантировалось производство в любое время года. Завод оснастили двумя прессами HDP 800 и одним прессом HDP 1200 Jumbo (рис. 7). Благодаря установке автоклавов диаметром 2,5 м достигнут оптимальный коэффициент использования автоклавов и одновременно сокращено их количество, что стало значительным преимуществом с финансовой точки зрения, позволившим сэкономить на приобретении и поставке автоклавов и сократить эксплуатационные расходы.

Один пресс снабжен специальной системой подготовки сырьевых материалов для производства цветных изделий. В технологическую схему после реактора включен смеситель периодического действия, где осу-



**Рис. 10.** Проектный чертеж линии упаковки с интегрированной линией раскола и боссировки



Рис. 11. Автоматический грейфер-съемник для линии раскола и боссировки

шествляется введение пигментов в силикатную массу (рис. 8). Точное взвешивание и гомогенизация силикатной массы и красителей происходят при помощи автоматического управления. Дозирующее устройство рассчитано на использование двух пигментов.

На данном этапе производственного процесса влажность прессования регулируется автоматически. Однако для равномерного окрашивания изделий помимо регулировки влажности прессования необходима соответствующая адаптация процесса автоклавирувания, поскольку устойчивость большинства пигментов к температурным изменениям ограничена (рис. 9). Опыт показывает, что оптимальный цветовой эффект достигается при меньшем давлении в автоклаве, чем при производстве белых изделий.

С целью производства еще одного вида декоративных изделий для оформления фасада в линию упаковки интегрирована линия раскола и боссировки, после прохождения которой гладкая поверхность изделий приобретает природную шероховатость (рис. 10). Возможен как раскол изделий, так и раскол с последующей боссировкой. Данная линия совмещена с линией упаковки для стандартных изделий, и вилочный погрузчик может использоваться для приемки упакованных изделий на обеих линиях. Посредством автоматического грейфера-съемника (рис. 11) изделия с гладкой поверхностью перемещаются с запарочной тележки на подающий транспортер линии боссировки.

Изделия с гладкой поверхностью проходят станцию раскола и выборочно станцию боссировки. В завершение осуществляется автоматическая обработка поверхности расколотых изделий специальной быстросохнущей пропиткой для влагозащиты. Далее изделия упаковываются на поддоны.

Подобная компоновка завода позволяет заказчику производить широкую номенклатуру силикатных изделий и своевременно реагировать на изменение требований рынка.



Рис. 12. Панорамный вид завода по производству силикатных изделий. На этой же площадке размещен завод по производству автоклавного газобетона, поставленный фирмой Masa GmbH

### От проектирования до ввода в эксплуатацию

При проектировании и строительстве нового или модернизации существующего завода закладывается концепция будущего предприятия, которая должна быть ориентирована на требования местного рынка. Благодаря сравнительно небольшим проектным затратам строительство завода в две очереди, как правило, становится наиболее практичным и экономичным решением для инвесторов и позволяет поэтапно привести номенклатуру выпускаемой продукции в соответствие с актуальными задачами и требованиями местного рынка строительных материалов.

Точное определение цели проекта и выбор фирмы Masa GmbH в качестве партнера для его реализации обуславливают экономическую эффективность и успешность проектов строительства заводов во многих странах мира даже в дни, когда мировая экономика переживает сложный период (рис. 12).

### Международные проекты фирмы Masa

Фирма Masa GmbH создает и реализует оборудование для производства строительных материалов по всему миру и является надежным партнером при реализации инвестиционных проектов. Спектр услуг компании варьируется от консультаций по возможностям модернизации и экономической оптимизации имеющегося оборудования до комплектной поставки новых заводов «под ключ».

Большое количество рекомендаций со всего мира от производителей газобетона, силикатного кирпича, мелкоформатных бетонных изделий и декоративных плит мощености свидетельствуют о том, что фирма Masa неукоснительно выполняет принятые обязательства.

### Оборудование, производимое фирмой Masa GmbH:

- оборудование для производства газобетонных изделий;
- оборудование для производства силикатного кирпича;
- камнеформовочные установки;
- бордюрные прессы;
- карусельные прессы.

**masa**

#### Masa GmbH

Werk Porta Westfalica Osterkamp 2  
32457 Porta Westfalica Deutschland  
Tel.: +49 5731 680-0  
Fax: +49 5731-680-183  
info@masa-group.com  
www.masa-group.com

#### Маса-Москва

123557, РФ, г. Москва,  
Средний Тишинский пер., 28, офис 220  
Тел.: +7 (495) 232-51-27  
Факс: +7 (495) 232-51-28  
info@masa.ru  
www.masa-group.com

# masa

Milestone to your success.

Производство силикатного кирпича  
и фигурных элементов

---

## Качественное оборудование под заказ

---

Партнерство с фирмой «Маза» - залог успешного производства строительных материалов.  
Благодаря профессиональным и гибким решениям фирма «Маза» ведет своих Клиентов к успеху.  
Опыт, надежность и преданность своему делу - основа многолетнего сотрудничества.



[www.masa-group.com](http://www.masa-group.com)

Masa GmbH  
Werk Porta Westfalica  
Osterkamp 2, 32457 Porta Westfalica  
Germany  
email: [info@masa-group.com](mailto:info@masa-group.com)



# ЦЕМЕНТ ЕВРОПЕЙСКОГО КАЧЕСТВА

Подробная информация:  
**8-800-700-63-63**  
[www.eurocement.ru](http://www.eurocement.ru)

## ЕВРОЦЕМЕНТ групп

международный промышленный холдинг по производству строительных материалов

39,2 млн тонн/год | 16 цементных заводов в России, Украине и Узбекистане

26 карьеров по добыче нерудных материалов | 1,8 млрд м<sup>3</sup> запасов нерудных материалов

### ЕВРОБЕТОН

- 10 млн м<sup>3</sup> бетона в год  
- заводы ЖБИ

**ОТДЕЛ ПО ПРОДАЖЕ  
НАВАЛЬНОГО ЦЕМЕНТА:**

Тел.: +7 (495) 737-55-04

### ЕВРОЦЕМЕНТ ресурс

- специализированная компания  
по закупкам и поставкам МТР

**ОТДЕЛ ПО ПРОДАЖЕ  
ТАРИРОВАННОГО ЦЕМЕНТА:**

Тел.: +7 (495) 737-55-03

### Транспортная компания

- собственные авто- и ж/д перевозки

**ОТДЕЛ  
ТРАНЗИТНЫХ ПРОДАЖ:**

Тел.: +7 (495) 737-55-00

**ОПАСАЙТЕСЬ ПОДДЕЛОК**

И.А. ГАЛЕЕВ, генеральный директор ООО «ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ» (Челябинск)

## Прессовое и смесительное оборудование для заводов по производству силикатного кирпича

Инженерами компания ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ за последние 20 лет накоплен большой опыт в проектировании, изготовлении и эксплуатации оборудования для производства силикатного кирпича. В настоящее время по проекту компании ведется строительство нового кирпичного завода производительностью 100 млн штук условного кирпича в год в Калуге. Все основное технологическое оборудование кроме автоклавов, разработано инженерами компании. На заводе предусмотрена высокая степень автоматизации технологических процессов:

- приготовление силикатной массы, прессование изделий, подача вагонеток в автоклавы, выкатка изделий из автоклава и их подача на участок упаковки предусмотрены в автоматическом режиме;
- упаковка изделий предусмотрена оператором при помощи гидравлических захватов.

Этот завод имеет следующие отличительные особенности:

- небольшие занимаемые площади и объемы производственных помещений: массоподготовительный участок 24×18 м, высота 11 м; прессовый участок 24×18 м, высота 11 м; автоклавный участок на 12 автоклавов 48×42 м, высота 4,5 м; участок упаковки 30×18 м, высота 8 м;
- вагонетки не выкатываются на открытый воздух, а перемещаются только внутри отопляемых цехов по кругу;
- готовая и упакованная продукция перемещается из цеха через утепленный тамбур на открытый склад по цепному транспортеру.

В 2008 г. компания приступила к самостоятельному изготовлению гидравлических прессов. При разработке конструкции были критически оценены негативные

факторы, влияющие на надежность и стабильность работы гидравлических прессов.

- Энергетически неэффективная работа традиционной гидравлической системы и, как следствие, перегревание масла, которая особенно проявляется в жаркую погоду. В связи с этим многие заводы вынуждены инвестировать дополнительные средства на мероприятия по охлаждению масла: строительство градирен или бурение скважин, приобретение дополнительных охладителей масла и др. При этом на нагревание масла тратится дополнительная энергия, а затем тратится энергия на его охлаждение.
- Перемещение нескольких изделий одним групповым захватом, работающим от одного пневмоцилиндра, и, как следствие, недостаточно бережное обращение с кирпичом-сырцом.
- Не всегда достаточно равномерная засыпка многогнездных пресс-форм и др.

В результате была разработана серия прессов VIKING одностороннего и двухстороннего прессования усилием прессования 710–1180 т.

Первый пресс одностороннего прессования под названием VIKING SG-710 был запущен и успешно эксплуатируется на ООО «Казанский завод силикатных стеновых материалов». Летом 2012 г. компания ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ получила заказ на изготовление второго пресса для этого предприятия. Пуск намечен на 2013 г.

Пресс VIKING SG-710 обладает набором передовых технических решений, которые позволяют выпускать продукцию исключительно высокого качества и делают его уникальным по энергоэффективности, производительности, надежности и увеличенным интервалам обслуживания и ремонта.



Рис. 1. Смеситель IMG емкостью 3000 л



Рис. 2. Стандартный смесительный инструмент для первичного перемешивания силикатной массы до силосов

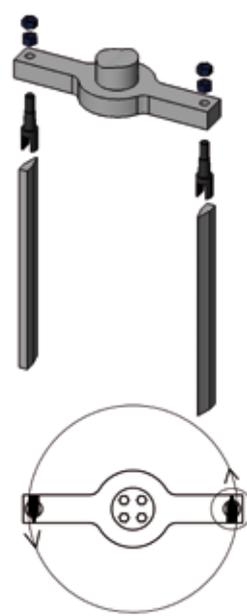


Рис. 3. Специальный смесительный инструмент для повышенной интенсивности перемешивания силикатной смеси после силосов. Характеризуется очень высокой скоростью вращения

Тип смесителя	Емкость, л	Мощность завихрителя, кВт	Мощность привода резервуара, кВт	Масса, т
IMG-900/75	900	75	11	4,5
IMG-1200/90	1200	90	15	5
IMG-1700/110	1700	110	22	6,9
IMG-2300/132	2300	132	22	9
IMG-3000/160	3000	160	30	11

Энергоэффективная гидравлическая система, разработанная компанией GALEEV HYDRAULICS, полностью исключает проблемы с перегревом масла, даже в режиме максимальной производительности пресса и при максимальном давлении прессования. Для охлаждения масла используется воздушный теплообменник и не требуется технической воды для охлаждения.

Запатентованная система подвижной пресс-формы с гидравлическим управлением позволяет перед прессованием принудительно поднимать пресс-форму и исключать зазоры между контрштампом и пресс-формой. Благодаря этому изделия получают с практически идеальными гранями. После прессования пресс-форма возвращается вниз, зазоры восстанавливаются и каретка с контрштампом легко, без сопротивления, а значит, и без лишнего износа и потерь энергии перемещается из положения прессования в положение выталкивания изделий.

Все захваты для кирпича на гидравлических прессах серии VIKING выполнены по принципу «один кирпич — один захват с отдельным пневмоприводом». Это означает, что один захват рассчитан всегда на один кирпич, а не на группу, что позволяет максимально бережно перемещать силикатные изделия и при этом не повреждать их.

Во всех основных узлах захватов пресса и укладчика исключены цилиндрические направляющие и бронзовые втулки, которые в условиях контакта с силикатной массой, характеризующейся повышенной абразивностью, работают весьма ограниченный срок. Вместо них на прессах VIKING используются цилиндрические направляющие и каретки с призматическими роликами, работающие на подшипниках качения закрытого исполнения. Срок службы таких узлов в несколько раз больше, чем цилиндрических направляющих и бронзовых втулок. К тому же они практически не требуют смазки и обслуживания.

Гидравлическая система прессов VIKING оборудована замкнутой системой движения воздуха. В традиционной гидравлической системе лишний воздух в каждом цикле удаляется, а затем обратно всасывается через воздушные фильтры (сапуны). При этом воздушные фильтры требуется периодически менять. В гидравлической системе прессов VIKING воздух перемещается в замкнутом пространстве (внутри гидравлической системы) и соответственно гидравлическое масло не засоряется. При этом отсутствуют воздушные фильтры и уменьшаются затраты на техобслуживание гидравлической системы. Гидравлическое масло остается чистым, что благоприятно сказывается на надежности работы и сроке службы гидроаппаратуры.

Автомат-укладчик работает по принципу «один ход укладчика — один слой на вагонетке». При этом в каждом слое можно уложить любое необходимое количество кирпича. Такой принцип уменьшает пробег укладчика, увеличивается ресурс его работы, а также дает возможность производить укладку изделий на вагонетку без больших ustupов, что позволяет обеспечивать максимально возможное заполнение вагонеток изделиями.

Все вышеперечисленные новшества, направленные на повышение надежности пресса VIKING, а также другие конструктивные и технологические решения позволили увеличить гарантийный срок работы пресса до трех лет.

В прессах VIKING использованы самые высококачественные компоненты, изготовленные в Германии,

Японии, Швеции. Поставка компонентов (запчастей) осуществляется через официальные представительства фирм-изготовителей или официальных дилеров в Москве и Санкт-Петербурге. Значительная часть наиболее востребованных запасных частей находится на складе ООО «ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ» в Челябинске, что позволяет поставить их заказчику в кратчайшие сроки.

В состав технологического оборудования завода входят интенсивные смесители серии IMG (см. табл.), которые специально разработаны и адаптированы для приготовления высококачественной формовочной массы для силикатного кирпича (рис. 1).

Смесители серии IMG имеют ряд отличительных особенностей. Смесительный инструмент (рис. 2, 3), разработанный специально для очень высокой скорости вращения (линейная скорость стержня завихрителя 35–40 м/с и более), позволяет увеличить интенсивность воздействия на комки, образующиеся в процессе гашения в силосах, и дает возможность получить очень качественную и однородную формовочную массу, в том числе с пигментами.

Наличие двух боковых и двух донных скребков, расположенных центрально-симметрично, позволяет более качественно производить очистку внутренней поверхности смесителя, обеспечивает балансировку моментов сопротивления, возникающих при вращении смесительного резервуара, а также обеспечивает очень быстрое опорожнение смесителя после завершения перемешивания. Донные скребки являются одновременно устройствами для выгрузки материала.

В конструкции смесителя отсутствуют гидравлические приводы и гидравлическая станция, что значительно упрощает обслуживание смесителя и повышает его надежность.

Смесители спроектированы таким образом, что за один оборот смесительного резервуара практически вся масса попадает в зону работы завихрителя и уже после первых оборотов обеспечивается очень высокая однородность смешиваемого материала. Высокой однородности также способствует отсутствие «мертвых зон» в смесителе, а также использование смесительного инструмента в виде вертикально расположенных стержней (рис. 2, 3).

При необходимости смеситель может быть оборудован традиционным смесительным инструментом в виде пропеллера. Но в смесителях для приготовления силикатной массы инструмент с вертикальными стержнями более предпочтителен по сравнению со смесительным инструментом в виде пропеллера по следующим причинам:

- значительно меньше происходит налипание массы, так как стержни самоочищаются в процессе динамического удара на большой скорости, а у смесительного инструмента в виде пропеллера в месте крепления к центральному валу существует зона налипания силикатной массы;
- скорость движения вертикальных стержней является максимальной по всей длине и поэтому обеспечивается высокое качество перемешивания;
- стержни имеют очень простую конструкцию, что позволяет изготавливать их в механическом цехе любого завода;
- простой и быстрый процесс замены стержней.

Смесительные стержни упрочнены твердосплавным материалом методом плакирования. Футеровка боковых стенок смесительного резервуара выполнена из износостойкой резины, а днище футеровано специальной износостойкой сталью. Рабочие кромки донных и боковых скребков изготовлены из твердосплавных пластин.

Смеситель требует минимального обслуживания, при этом гарантийный срок работы смесителя составляет три года без ограничения времени наработки.

## **Дозирование пигментов для окрашивания силикатного кирпича**

Силикатный кирпич известен с конца XIX в. и занимает прочную нишу среди строительных материалов. Силикатный кирпич стал незаменим при возведении многоэтажных зданий и прочных конструкций благодаря высокой плотности, повышенной механической прочности и отличным звукоизоляционным свойствам. Кроме того, это экологически чистый материал, так как состоит из извести, песка и воды.

Силикатный кирпич может использоваться и для лицевой кладки. При этом применяется как полнотелый силикатный кирпич, имеющий гладкую поверхность, так и колотый кирпич с поверхностью, имитирующей природный камень. Для усиления впечатления часто применяют цветной силикатный кирпич (рис. 1). Равномерное окрашивание, которое подчеркивает характерную структуру кирпича, достигается введением пигментов в сырьевую массу и не может быть заменено поверхностным окрашиванием.

При окрашивании силикатного кирпича используются неорганические пигменты, устойчивые к действию извести, входящей в состав силикатной массы, и высокой температуры при автоклавной обработке изделий, а также свето- и атмосферостойчивые. В основном это железистые порошковые пигменты. Органические пигменты не подходят для окрашивания силикатного кирпича из-за недостаточной щелочестойкости или недостаточной свето- и атмосферостойчивости. Также непригодными для окрашивания силикатного кирпича являются некоторые виды неорганических пигментов черных и коричневых оттенков, так как при пропаривании происходит изменение цвета в сторону красно-коричневого. Применение гранулированных пигментов для производства силикатного кирпича не рекомендуется. Это вызвано тем, что распределение гранулята в мелкозернистой известково-песчаной смеси требует намного больше времени и энергии для диспергации. Если же гранулированные пигменты в связи с их неоспоримыми преимуществами (хорошая текучесть, простота дозирования, малое пылеобразование) все-таки представляют интерес, необходимо предварительно провести испытания в заводских условиях.

При рассмотрении производства силикатного кирпича возникает вопрос, на какой стадии лучше всего вводить пигмент в силикатную массу. Это зависит от применяемой технологии производства. Возможно использование как непрерывных, так и периодических технологий смешивания известково-песчаной массы с красителем.

Компания Würschum GmbH (Вюршум ГмбХ) предлагает дозирующее оборудование для окрашивания силикатной массы при периодической технологии, когда пигмент вводится порционно в сухом виде после реактора. При этом важно обеспечить полное распределение красителя в относительно сухой известково-песчаной массе. При недостаточной эффективности перемешивания высокая красящая способность пигментов используется не полностью, и могут образовываться нежелательные цветные вкрапления. Для получения хорошего результата при перемешивании рекомендуется применять интенсивный смеситель принудительного действия. Кроме того, интенсивное последующее смешивание улучшает качество кирпича.

При непрерывной технологии нельзя обеспечить хорошего распределения пигмента в силикатной массе. В связи с недостаточной текучестью порошкообразных пигментов необходимое в этом случае непрерывное дозирование приводит к трудностям и неточности дозирования.

Доля вводимого пигмента определяется в % по отношению к общей массе песка и извести и составляет от 0,2 до 2%, например на смеситель с объемом замеса 1 м<sup>3</sup> требуется дозировать от 2,5 до 26 кг красителя при плотности силикатной массы 1300 кг/м<sup>3</sup>. Насыпная плотность пигментов может быть довольно низкой и составлять для желтого цвета всего 300–400 кг/м<sup>3</sup>, т. е. вроде бы небольшая по массе порция красителя может соответствовать довольно большому объему.

Так как силикатный кирпич имеет собственную светлую окраску, можно без труда выпускать кирпич в диапазоне от нежных пастельных тонов до интенсивных цветов. Как и при окрашивании других строительных материалов (бетонов, растворов, сухих строительных смесей и др.), в случае с окрашиванием силикатного кирпича на-



Рис. 1. Цветной силикатный кирпич



Рис. 2. Пневматический дозатор порошковых пигментов FLEX 70 для 4 цветов

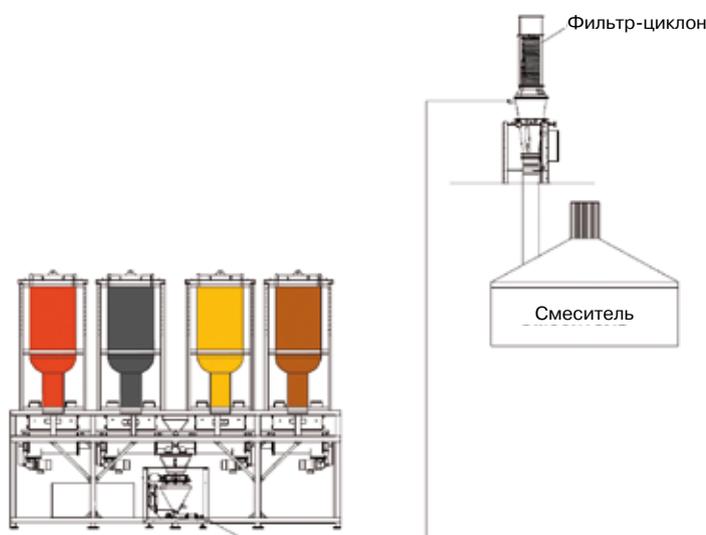


Рис. 3. Фильтр-циклон над смесителем как промежуточный накопитель

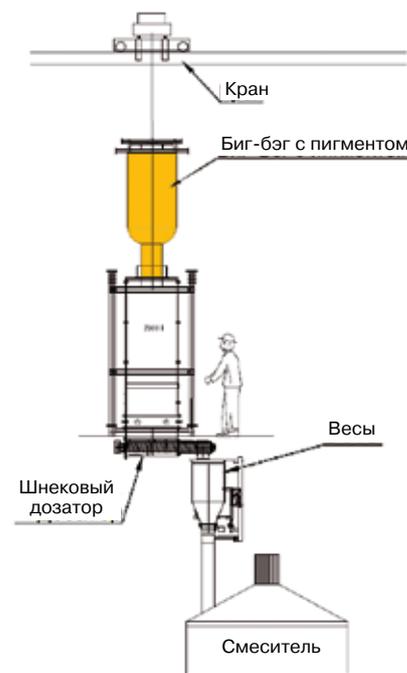


Рис. 4. Гравиметрический способ дозирования пигментов

блюдается уменьшение интенсивности окрашивания с увеличением количества вводимого пигмента, т. е. существует так называемый предел насыщения. При введении 0–1% пигмента прирост интенсивности окраски является гораздо большим, чем при 1–2% пигмента. В технологии производства окрашенного силикатного кирпича необходимо также обращать внимание на собственный цвет песка, зависящий от содержания оксида железа. С увеличением интенсивности собственного цвета песка оттенок смещается: при желтом песке – в направлении более темного, более грязного оттенка; при красном – в направлении голубовато-красного; при зеленом – в направлении более грязного голубовато-зеленого оттенка.

При введении пигмента очень важно обеспечить точность дозирования, чтобы избежать колебания оттенка в готовой продукции.

Порошковые пигменты, как правило, поставляются в двух типах тары – бумажных мешках по 20–25 кг или биг-бэгах массой 500–1000 кг в зависимости от насыпной плотности красителя. Биг-бэги с пигментом подвешиваются на специальных рамах, которые затем устанавливаются с помощью погрузчика или крана на опорную раму над дозатором. После этого биг-бэги открываются и краситель высыпается через горловину мешка в приемные бункеры шнековых питателей. Если пигменты поставляются в бумажных мешках, то их разгружают вручную в приемные бункеры или в сменные контейнеры, которые затем также устанавливаются с помощью погрузчика или крана на опорной раме над шнековыми дозаторами. Для уменьшения пылеобразования при разгрузке мешков можно применять пневматический растариватель. После выработки всего красителя из биг-бэга необходимо произвести его замену (или заново наполнить контейнер), что делается также при помощи погрузчика или крана.

Дозировкой пигмента можно управлять полностью автоматически, так как применяется весовой принцип измерения. Из-за очень плохих свойств текучести порошковых пигментов для дозирования применяют специальные шнековые питатели. Электродвигатели шнековых питателей имеют две скорости вращения для грубого и точного дозирования либо управляются через частотный

преобразователь, плавно регулирующий частоту вращения. После того как произошло дозирование 90–95% пигмента от заданного по рецепту количества, скорость вращения шнека уменьшается и последние 5–10% красителя досыпаются медленнее, что позволяет дозировать пигмент с точностью до нескольких граммов. Одновременно шнековые питатели выполняют роль разрыхлителей и разбивают крупные комки красителя, упрощая дальнейшее перемешивание с силикатной массой.

Трудности возникают при передаче взвешенной порции порошкового пигмента в смеситель. Компания Würschum GmbH разработала практичный и наиболее совершенный в настоящее время способ – пневматическую подачу при помощи сжатого воздуха. В этом случае весоизмерительная емкость выполняет одновременно функцию пневмокамерного насоса. При таком способе дозирования и подачи не происходит пыления благодаря герметичности всего процесса. Давление в емкости и на линии подачи контролируется с помощью электронного манометра. Нужно обратить особое внимание на то, чтобы в распоряжении было достаточное количество чистого сухого сжатого воздуха. Дозирующее оборудование может располагаться на уровне земли на удалении до 40 м от смесителя и обслуживаться с помощью погрузчика или крана. Один дозатор может быть использован для взвешивания и подачи нескольких пигментов (рис. 2), что позволяет также получать множество различных оттенков при смешивании базовых цветов. Для удаления отработанного сжатого воздуха смеситель должен быть оборудован фильтром принудительного действия. Современное прессовое оборудование имеет очень высокую производительность с очень коротким циклом прессования, что может сократить весь цикл дозирования и перемешивания пигмента с известково-песчаной массой до 3–4 мин. Чтобы удовлетворить требованиям по скорости дозирования, иногда применяют промежуточный фильтр-циклон над смесителем (рис. 3). В него подают порцию пигмента, и в момент, когда одна порция красителя разгружается в смеситель, производится параллельное дозирование следующей порции.

Более простой способ передачи порции пигмента в смеситель гравиметрический. В этом случае весоиз-

мерительная емкость вместе с дозирующими устройствами монтируется над смесителем и взвешенная порция пигмента высыпается под собственным весом непосредственно в смеситель (рис. 4). Этот способ однако связан с дополнительными затратами на планировку и изготовление несущих металлоконструкций, особенно если требуется организовать использование, а значит, и хранение, обслуживание и дозирование нескольких цветов. По мере расходования красителя в процессе производства необходимо периодически поднимать тару с пигментом на соответствующую высоту над смесителем, т. е. обслуживание дозатора с помощью погрузчика невозможно и необходима кран-балка. Для предотвращения попадания паров от теплой влажной силикатной массы в разгрузочный шланг рекомендуется установить дополнительный запорный клапан на входном патрубке смесителя.

Для интеграции дозатора в общую систему управления производством и для обеспечения его работы в автоматическом режиме компания Würschum GmbH предлагает отдельную систему управления с сенсорным экраном и визуализацией всего процесса дозирования (рис. 5). Система управления имеет возможность удаленного обслуживания через Интернет.

К дозированию пигментов для окрашивания силикатной массы предъявляются строгие требования как по точности, так и по объемам и скорости дозирования, ко-

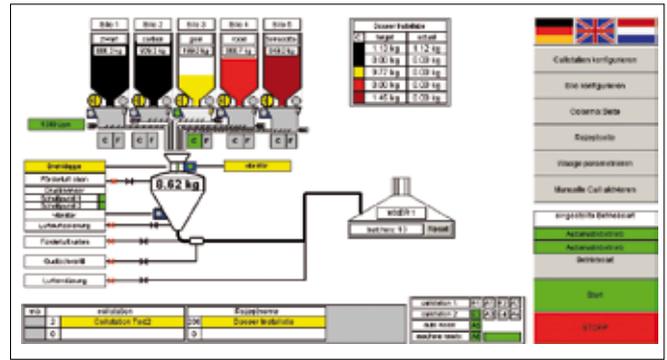


Рис. 5. Система управления дозатором

торые могут быть без труда выполнены с помощью современных дозаторов немецкой компании Würschum GmbH. В 2011 г. компания отметила 50-летний юбилей и имеет в своем активе сотни, если не тысячи успешно реализованных проектов в области дозирования порошковых, а также жидких материалов. Каждая система дозирования изготавливается под конкретный проект; таким образом, тесное сотрудничество с заказчиком позволяет нам выработать оптимальное решение применительно к конкретной ситуации и требованиям.



Würschum GmbH / Hedelfinger Strasse 33 / 73760 Ostfildern / Germany  
 Tel. +49 711 448130 Fax +49 711 44813110  
 info@wuerschum.com www.wuerschum.com

производственное предприятие

## КОМПЛЕКС

- ▲ железистоокисные пигменты для окрашивания изделий из бетона, силикатного кирпича, пластмассы, асфальта, лакокраски
- ▲ химические добавки для бетона

Прямые поставки из Германии и Китая

akross@rambler.ru  
www.ferroxide.ru

ООО ПП "Комплекс", г. Уфа, ул. С. Богородская, 59 а  
 Тел.: (347) 235-74-39, 293-41-72, 293-41-73

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА
ВОДА. ТЕПЛО. ГОРОД-НИЖ

# ВЫСТАВКА СТИМ Экспо

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

10-13 октября

Ростов-на-Дону

ВЕРТОЛ

выставочный центр EXPO

ВЫБИРАЙ ПАРТНЕРОВ СРЕДИ ЛИДЕРОВ

- ▶ строительно-монтажные и ремонтно-отделочные работы;
- ▶ оборудование для строительства и ремонта, материалы, инструменты;
- ▶ архитектурные проекты и ландшафтный дизайн;
- ▶ системы водо- и теплоснабжения, кондиционеры, сантехника.

пр. М. Нагибина, 30; тел. (863) 268-77-68, www.vertolexpo.ru

Г.В. КУЗНЕЦОВА, доцент, В.Г. ХОЗИН, д-р техн. наук,  
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

## Влияние пигментов на свойства гашеной силикатной формовочной смеси

Первые попытки окрашивания формовочной смеси в технологии силикатного кирпича начинались с введения пигментов в процессе ее приготовления или до гашения смеси. Пигмент вводился с водой затворения. Особенных успехов в этом направлении добились на Ярославском заводе силикатного кирпича. Их опыт был распространен на другие заводы. По этому примеру был организован и работал определенное время участок цветного кирпича на заводе силикатного кирпича в г. Стерлитамаке в Башкирии.

Данная технология предусматривала использование водной суспензии пигмента. Это означало приобретение бочек с суспензией и транспортирование ее на расстояние. Суспензия быстро расслаивается и требует постоянного перемешивания, что создает определенные проблемы. Тем не менее производители получали цветной силикатный кирпич пастельных тонов.

Последующие этапы технологии окрашивания связаны с введением сухого пигмента в стержневые смесители после силосов. Достоинством хорошо настроенного стержневого смесителя является стабильное время прохождения массы через смеситель, то есть постоянное время перемешивания с пигментом, что позволяло получить неплохой кирпич с более насыщенным цветом. Поскольку смесители вписывались в технологическую цепочку, они и определяли производительность прессового оборудования. Это приводило к завышению производительности и в результате к плохому распределению пигмента и наличию комочков нераспределенного пигмента в смеси. Дальнейшее развитие связано с использованием смесителей типа «Торнадо», установленных перед прессами, и смесителей Eirich.

Окрашивание смеси осуществляют путем введения пигмента в гашеную смесь определенного состава, который у каждого производителя силикатного кирпича индивидуален.

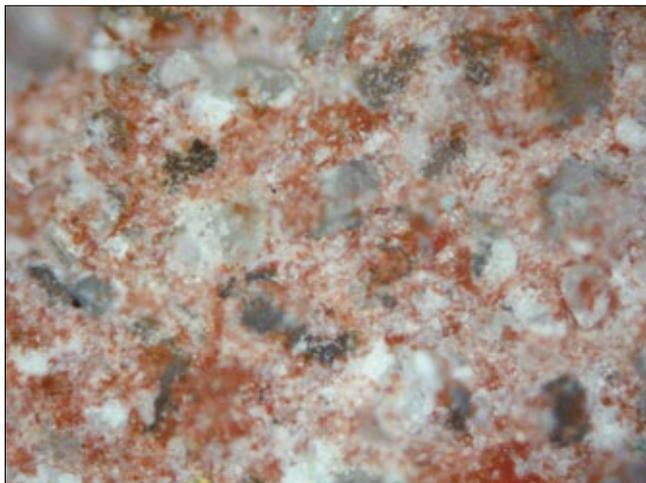


Рис. 1. Структура силикатного кирпича, окрашенного пигментом

Оптимальное количество пигмента, вводимого в силикатную смесь, определяется его красящей способностью. Введение желтого железоксидного пигмента в смесь целесообразно в пределах 0,5–3%, красного железоксидного – 0,2–2%, хромоксидного – 1–3%.

Получение интенсивно окрашенной, однородной по цвету смеси при добавке малых количеств пигментов возможно при тщательной технологии ее приготовления [1].

Пигменты, являясь тонкомолотыми порошками, увеличивают содержание тонкомолотых составляющих смеси. Пигменты не содержат известь, о чем свидетельствует их химический состав, и окрашены в основном соединениями железа и марганца. Желтые пигменты на 86% состоят из  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ; красные – на 95% из  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ; коричневый – 85%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и 14%  $\text{FeO}$ ; черный – 72–74%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и 18–20%  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  [2].

Пигменты в составе силикатной массы увеличивают количество тонкомолотого наполнителя или дополняют тонкую фракцию песка. Это подтверждает фотография цветного силикатного кирпича (рис. 1), сделанная на электронном микроскопе. На рис. 2 приведен дисперсионный состав пигмента, полученный на приборе Хорива в лаборатории кафедры ТСМИК КазГАСУ. В основном пигмент состоит из зерен размером 0,5–5 мкм. Зерно размером 1–5 мкм составляет 70%.

Дисперсный состав молотого песка в известково-кремнеземистом вяжущем после отделения от извести и известняка представлен на рис. 3. Молотый песок представлен зернами 2–400 мкм. При смешивании вяжущего с пигментом происходит увеличение количества формовочной смеси или разбавление смеси пигментом, при этом активность смеси снижается.

Можно пересчитать активность смеси. Произведем расчет для оптимального состава обычной неокрашенной смеси массой 1000 кг [3].

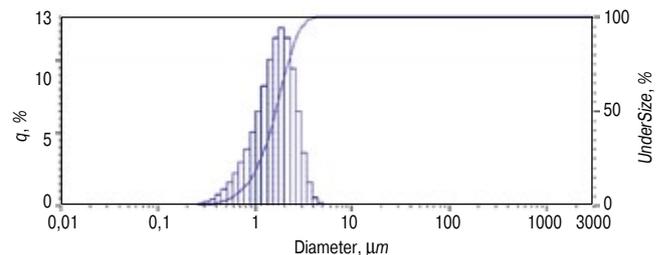


Рис. 2. Дисперсный состав железоксидного пигмента

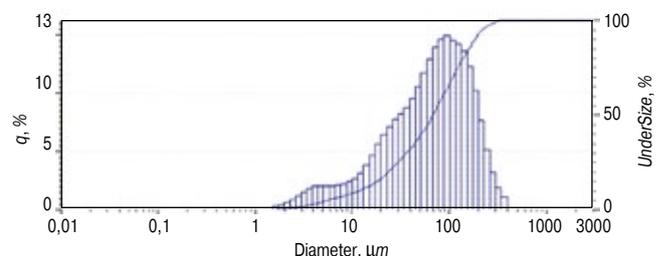


Рис. 3. Дисперсный состав молотого песка в известково-кремнеземистом вяжущем

Таблица 1

Влияние количества вводимого в смесь пигмента на активность смеси

Состав смеси $A_{\text{смеси}} = A_{\text{вяж}}/n$	Количество вводимого пигмента, %	Содержание активных CaO+MgO в вяжущем, %			
		28	30	32	36
$A_{\text{вяж}}/4$	0	7	7,5	8	9
	1	6,9	7,4	7,9	8,9
	2	6,8	7,3	7,8	8,8
	3	6,7	7,3	7,7	8,7
$A_{\text{вяж}}/5$	0	5,6	6	6,4	7,2
	1	5,5	5,9	6,3	7,1
	2	5,5	5,9	6,3	7,1
	3	5,4	5,8	6,2	7

Таблица 2

Влияние количества пигмента на активность формовочной смеси

Количество пигмента в смеси, %	Состав смеси $A_{\text{вяж}}/n$ для $A_{\text{вяж}} = 28\%$	
	$A_{\text{вяж}}/4$	$A_{\text{вяж}}/5$
	$A_{\text{см}}$	$A_{\text{см}}$
0	7,3	5,6
1	7,2	5,6
2	7	5,6
3	6,9	5,3
Снижение активности	-0,4%	-0,3%

$A_{\text{смеси } 1} = A_{\text{вяж}}/4$ .  
 Активность вяжущего  $A_{\text{вяж}} = 32\%$ , активность смеси  $A_{\text{см}} = 8\%$ , влажность смеси  $W = 5\%$ .  
 Количество вяжущего  $P_{\text{вяж}} = (P_{\text{см}} \times A_{\text{см}}) / A_{\text{вяж}}$ .  
 $P_{\text{вяж}} = (1000 \times 8) : 32 = 250$  кг.  
 Количество пигмента 1% = 10 кг, 2% = 20 кг, 3% = 30 кг.  
 Количество смеси для 1% = 1010 кг, 2% = 1020 кг, 3% = 1030 кг.  
 Пересчитываем активность смеси:  
 $A_{\text{см}} = (250 \times 32) / 1010 = 7,9\%$ ;  
 $A_{\text{см}} = (250 \times 32) / 1020 = 7,8\%$ ;  
 $A_{\text{см}} = (250 \times 32) / 1030 = 7,7\%$ .

В технологии производства цветного кирпича стараются использовать смесь с меньшим содержанием извести или меньшей активностью, чем на производстве неокрашенного кирпича.

Рассмотрим составы с содержанием активных оксидов, равных  $A_{\text{смеси } 1} = A_{\text{вяж}}/4$  и  $A_{\text{смеси } 2} = A_{\text{вяж}}/5$ . Результаты, полученные расчетным путем, приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, увеличение количества пигмента в смеси на вяжущем активностью 28% снижает активность смеси с 7 до 6,7%; на вяжущем активностью 30% – с 7,5 до 7,3%; на вяжущем активностью 32% – с 8 до 7,7% и на вяжущем активностью 36% – с 9 до 8,7%. Снижение активности в среднем пропорционально количеству вво-

димого пигмента. Похожая картина наблюдается со смесью состава  $A_{\text{смеси } 2} = A_{\text{вяж}}/5$ , но так как количество извести мало в этом составе, то и снижение активности идет также пропорционально количеству вводимого пигмента: при активности 28% – с 5,6 до 5,4%; при 30% – с 6 до 5,8% при 32% – с 6,4 до 6,2%; при 36% – с 7,2 до 7%.

На рис. 4 приведены графики изменения активности смеси от количества вводимой добавки для составов смесей при разной активности вяжущего.

Снижение активности пропорционально количеству вводимого пигмента.

Снижение активности в пределах до 0,2 для добавки в 3%.

Расчетные данные были проверены экспериментально. На вяжущем активностью 28% были приготовлены составы с пигментом железистоокисный желтый марки Ж-1 и определена фактическая активность. Трудность определения составило слияние цвета индикатора и пигмента. Полученные данные приведены в табл. 2.

Введение пигмента в гашеную формовочную смесь приводит к снижению активности смеси для состава  $A_{\text{смеси } 1} = A_{\text{вяж}}/4$  с 7,3 до 6,9%; для состава  $A_{\text{смеси } 2} = A_{\text{вяж}}/5$  с 5,6 до 5,3%. Активность смеси при введении пигмента в количестве до 1% практически не изменяется и составляет до 0,1%. Последующее увеличение

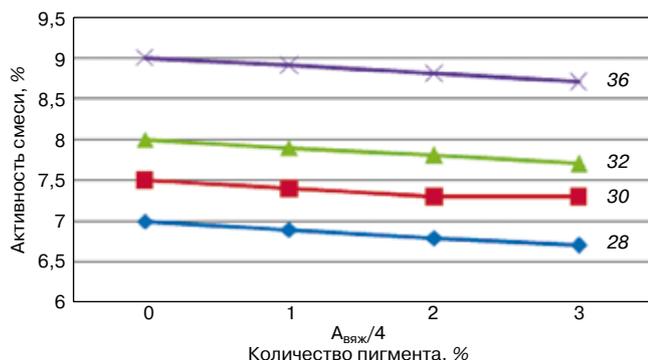


Рис. 4. Изменение активности смеси от количества вводимого пигмента для смеси состава  $A_{\text{смеси } 1} = A_{\text{вяж}}/4$

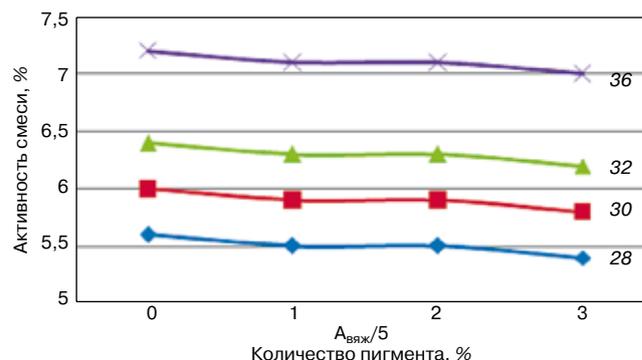


Рис. 5. Изменение активности смеси от количества вводимого пигмента для смеси состава  $A_{\text{смеси } 2} = A_{\text{вяж}}/5$

Таблица 3

Влияние количества пигмента на высоту образца

Количество пигмента в смеси, %	Состав смеси $A_{\text{вяж}}/п$ для $A_{\text{вяж}} = 28\%$					
	$A_{\text{вяж}}/4$			$A_{\text{вяж}}/5$		
	$A_{\text{см}}$	$h_{\text{образца}}$	Плотность	$A_{\text{см}}$	$h_{\text{образца}}$	Плотность
0	7,3	58	2013	5,6	59	1979
1	7,2	58	2013	5,6	59	1979
2	7	58,5	1996	5,6	59,5	1962
3	6,9	59	1979	5,3	60	1946
Снижение активности	-0,4	+1,5	-34	-0,3	+1,5	-33

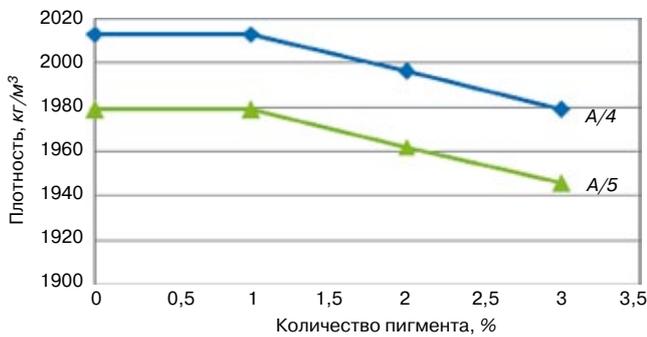


Рис. 6. Влияние пигмента, вводимого в гашеную смесь, на плотность прессованных образцов

количества вводимого пигмента с 2% и более приводит к снижению активности смеси.

На составах  $A_{\text{смеси 1}} = A_{\text{вяж}}/4$  и  $A_{\text{смеси 2}} = A_{\text{вяж}}/5$  с разным количеством пигмента изготовлены прессованные образцы. Образцы изготавливались из одного количества смеси и с одинаковым усилием прессования. Изменение активности смеси, то есть снижение количества извести, привело к изменению высоты прессованных образцов. Данные приведены в табл. 3.

В обоих составах высота образцов увеличилась с 2% пигмента на 0,5 мм, а при введении 3% пигмента – на 1,5 мм. Увеличение высоты образца свидетельствует об увеличении жесткости формовочной смеси, т. е. смесь становится менее формуемой.

Дальнейшие исследования показывают изменение плотности спрессованных образцов. Результаты приведены в табл. 3.

Как видно на рис. 6, пигмент в количестве до 1% не меняет плотности формовочной смеси; количество пигмента более 1% влияет на плотность прессованных образцов, приводит к снижению плотности пропорционально количеству вводимого пигмента и составляет 34–33 кг/м³, или 1,7%.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- введение пигмента в гашеную формовочную смесь приводит к снижению активности смеси;
- снижение активности смеси незначительно при введении пигмента в количестве, не превышающем 1%;
- введение пигмента более 2% приводит к снижению активности от 0,3% и более;
- жесткость смеси увеличивается с увеличением количества вводимого пигмента;
- с увеличением количества вводимого пигмента в гашеную смесь при неизменном усилии прессования увеличивается высота прессуемого изделия;
- с увеличением количества вводимого пигмента в гашеную смесь при неизменном усилии прессования уменьшается плотность прессуемого изделия;
- для получения образцов неизменной высоты из смеси с пигментом необходимо увеличивать усилие

- прессования пропорционально увеличению количества вводимого пигмента;
- для сохранения подвижности смеси, содержащей пигмент, необходима корректировка смеси по извести;
- данные результаты надо учитывать при работе со смесями, предусматривающими ввод пигментов более 1%.

**Ключевые слова:** пигмент, формовочная смесь, активность, вяжущее, образец.

Список литературы

1. Холопова Л.И., Бушмина И.Ю. Окрашивание автоклавных силикатных материалов. Л.: Стройиздат. 1971. 151 с.
2. Гулинова Л.Г., Торчинская С.А., Скатынский В.И. Цветные силикатные материалы и изделия автоклавного твердения, Киев: Госстройиздат, 1957. 116 с.
3. Кузнецова Г.В. Оптимизация расчетов составов известково-песчаной смеси для формирования силикатного кирпича // Строительные материалы. 2011. № 9. С. 14–16.

24 – 27 ОКТЯБРЯ 2012, г. СОЧИ  
Павильоны у Морпорта

## SOCHI BUILD

XII МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

- АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛЬСТВО, БЛАГОУСТРОЙСТВО
- СПОРТИВНЫЕ ОБЪЕКТЫ - ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО, ОСНАЩЕНИЕ
- КЛИМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ, ТЕПЛО-, ГАЗО-, ВОДОСНАБЖЕНИЕ
- ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА
- СТРОЙСПЕЦТЕХНИКА, ДОРОГА, ТОННЕЛЬ
- ДИЗАЙН ИНТЕРЬЕРА, ЭКСТЕРЬЕРА, ДЕКОР
- ЗАГОРОДНОЕ ДОМОСТРОЕНИЕ, ЛАНДШАФТНЫЙ ДИЗАЙН
- ЭКОЛОГИЯ, БЕЗОПАСНОСТЬ

При поддержке:

**Выставочная компания**  
«Сочи-Экспо ТПП г. Сочи»  
Тел./факс: (862) 264-87-00, 264-23-33,  
264-75-55, (495) 745-77-09  
e-mail: m.lepikova@sochi-expo.ru  
www.sochi-expo.ru

В.Ю. ОРЕХОВ, коммерческий директор компании «Росхимпром» (Ростов-на-Дону)

## Неорганические пигменты для окрашивания силикатного кирпича

Компания «Росхимпром» существует на рынке более 10 лет и является крупнейшим поставщиком химического сырья. Компания выступает официальным представителем немецкого концерна Lanxess на территории Российской Федерации, а также имеет прямые контракты с индийскими, китайскими, чешскими, турецкими и многими другими производителями пигментов и наполнителей.

Среди всего многообразия продуктов важное место занимают неорганические красители, в том числе железоксидные пигменты для бетона, лакокрасочных материалов и силикатного кирпича. Применяемые в силикатном производстве пигменты должны обладать: свето- и атмосферостойкостью, так как окрашенный силикатный кирпич применяется в лицевой кладке, стойкостью к действию извести, пара и высокой температуры при автоклавной обработке кирпича.

Исследования показали, что из-за плохой щелочестойкости или недостаточной свето- и атмосферостойкости некоторые неорганические красители непригодны для окрашивания силикатных изделий.

Представленные в табл. 1 пигменты полностью пригодны для производства силикатного кирпича. Из приведенного перечня видно, что в список вошли все типы красных и желтых немецких пигментов Bayferrox, а также наиболее распространенные на рынке китайские, украинские, турецкие красители. При этом ассортимент коричневых и черных пигментов весьма ограничен и гарантированный результат могут обеспечить только термостойкие немецкие пигменты черный Bayferrox 303 T и коричневый Bayferrox 645 T. Чтобы разобраться в причине данной проблемы, обратимся к процессам производства пигментов на заводах-изготовителях. Наиболее распространенными способами получения пигментов являются процессы Лаукса и Пеннимана.

В основе процесса Лаукса лежит взаимодействие нитробензола и железа с избытком или недостатком воды, в ходе которого получают разные продукты реакции, в данном случае черные или желтые пигменты. Дальнейшее окисление черного пигмента приводит к получению красных красителей. Смешиванием желтого, черного или красного цветов получают коричневые пигменты.

Большинство черных пигментов непригодны в силикатном производстве, потому что при пропаривании они претерпевают изменения цвета в направлении красно-коричневого. То же самое касается коричневых красителей, так как они получают путем смешивания черных пигментов с красными и желтыми. Желтые пигменты отличаются стабильностью при пропаривании, так как вода в них химически связана.

В результате процесса Пеннимана атом железа плотно связывается с двумя атомами кислорода. Данная молекула является весьма стабильной, что объясняет устойчивость желтых пигментов при пропаривании даже при давлении 1,6 МПа.

В ассортименте желтых пигментов появилась новинка — это турецкий железоксидный пигмент Printonik ASY-1315 (табл. 2). Этот продукт разработан специально для нашей компании турецким поставщиком, и компания «Росхимпром» является эксклюзивным представителем данного товара на рынке. В настоящее время проведена предварительная работа, и образцы данного пигмента отправлены некоторым силикатным заводам на апробацию. По полученным данным, Printonik ASY-1315 полностью отвечает всем требованиям, предъявляемым к красителям в силикатном производстве. Компания «Росхимпром» предлагает этот пигмент по весьма привлекательной цене.

Партнерами компании «Росхимпром» в Турции уже создан другой железоксидный пигмент Printonik ASY-1415,

Таблица 1

Цвет пигмента	Страна производства	Торговая марка
Желтый	Германия	Bayferrox 415, 420, 910, 920, 930, 943, 3210, 3220 Colortherm 3950, IOX Y-02
	Китай	ТС 313, ТС 920
	Украина	Ж-1
	Турция	Printonik ASY-1315
Красный	Германия	Bayferrox 110, 120, 130, 140, 160, 180, 222, 503 IOX R-01, R-03, R-04
	Китай	ТС 110, ТС 130
	Украина	Сурик железоксидный марки К
Коричневый	Германия	Bayferrox 645 T
Черный	Германия	Bayferrox 303 T
Зеленый	Германия	Chromoxidgrun GX, GN, OXP
Синий		Кобальтовые пигменты

Таблица 2

Параметры	Показатель	Метод тестирования
Колор индекс		РУ.42/77492
Насыпная плотность, г/см <sup>3</sup>	0,3–0,5	ISO 787-11
Маслоемкость, г/100 г	35–45	ISO 787-5
pH	6,5	ISO 787-9
Влажность и летучие вещества при 105°C, %	0,2	ISO 787-2
Остаток на сите 44μ, не более, %	0,2	ISO 787-7
Водорастворимые вещества, не более, %	0,5	ISO 787-3
Содержание Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , не более, %	83	ISO 1248

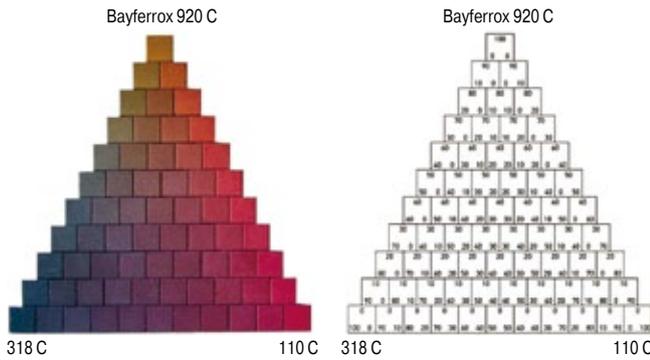


Рис. 1. Разнообразные оттенки можно получить самостоятельно смешиванием 2–3 пигментов в разных объемных отношениях

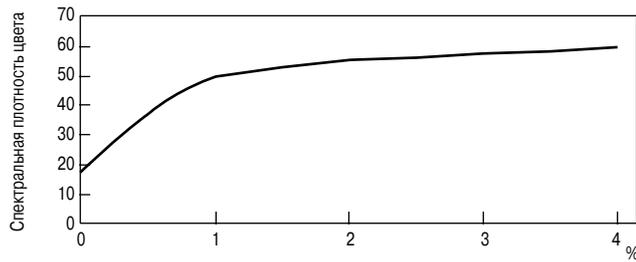


Рис. 2. Интенсивность окрашивания силикатного кирпича пигментом Bayferrox 920 в зависимости от его количества

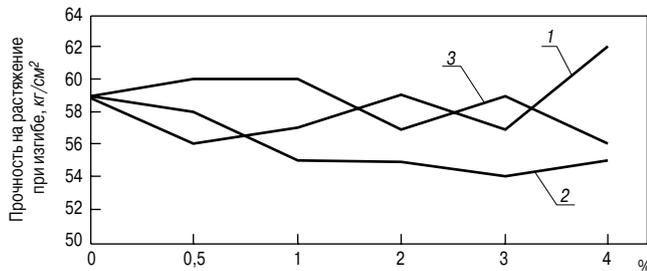


Рис. 3. Прочность на растяжение при изгибе окрашенного силикатного кирпича: 1 – Chromoxidrün GN; 2 – Bayferrox 110; 3 – Bayferrox 920

еще более конкурентоспособный по цене и не проигрывающий в качестве. В настоящее время можно получить образцы обоих продуктов. В ближайшее время в ассортименте появятся турецкие пигменты красных и коричневых цветов.

Цветовая гамма предлагаемых красителей весьма разнообразна, например немецкая компания Lanxess предлагает палитру пигментов для окрашивания силикатных изделий. Но при этом не обязательно иметь в наличии весь перечень производимых пигментов. Разнообразные оттенки можно получить самостоятельно смешиванием двух-трех пигментов в разных объемных отношениях.

В случае смешения желтого Bayferrox 920, черного Bayferrox 318 и красного Bayferrox 110 пигментов получается широкая гамма цветов (рис. 1).

При рассмотрении производства силикатного кирпича возникает вопрос, где и когда в процессе производства лучше всего вводить пигмент. Производители пигментов рекомендуют вводить его сразу же после реактора, чтобы он не окрасивался. Необходимо также

обеспечить точное дозирование пигментов и хорошее смешивание.

Применение гранулированных пигментов для производства силикатного кирпича не рекомендуется, так как распределение гранулята в мелкозернистой известково-песчаной смеси требует намного больше времени и диспергирующей энергии.

Тем не менее компактированные и гранулированные пигменты имеют ряд преимуществ, таких как лучшие свойства текучести и большие размеры частиц, препятствующие пылеобразованию. Если все же они представляют интерес, то необходимо их предварительно испытать в заводских условиях.

Оттенок получаемых окрашенных изделий зависит от многих факторов, прежде всего от количества добавляемого пигмента. Долю пигмента лучше всего определять в мас. % по отношению к известково-песчаной массе. Для интенсивных тонов достаточно 1–2%. Для получения пастельных тонов и оттенков средней интенсивности необходимо уменьшить количество вводимого пигмента.

Необходимо отметить, что рост интенсивности окрашивания уменьшается с увеличением доли пигментов, т. е. существует так называемый предел насыщения.

На рис. 2 на примере желтого пигмента Bayferrox 920 показан рост интенсивности окрашивания в зависимости от вводимого количества пигмента. Наибольший прирост интенсивности окраски наблюдается в пределах 0–1%, в диапазоне 1–2% интенсивность окрашивания ниже.

На цвет силикатного кирпича также влияет цвет применяемого песка. Согласно данным микроскопических исследований пигмент закреплен в вяжущем, которое не полностью обволакивает зерна песка. Поэтому с увеличением интенсивности собственного цвета песка оттенок смещается в сторону более темного, более грязного оттенка, что особенно заметно с желтым пигментом. Поэтому очень важно применять песок с одного карьера, чтобы исключить большие колебания оттенков.

В ходе испытаний также было установлено, что с ростом содержания извести оттенок становится более светлым. Но значительные расхождения оттенка наблюдаются при относительно больших колебаниях содержания извести. Расхождения порядка  $\pm 1\%$  не оказывают влияния на результирующий оттенок. Существенно большее влияние оказывают условия затвердевания. В производстве наиболее часто встречаемые условия затвердевания составляют 8 ч при 0,8 МПа или 4 ч при 1,6 МПа. Опытным путем было установлено, что оттенки кирпича, пропариваемого при 1,6 МПа, являются менее интенсивными.

Для производителя силикатного кирпича важно знать, как прочность кирпича изменяется в зависимости от добавления пигментов. Для выяснения этого вопроса были изготовлены образцы, доля пигментов в которых возрастала до 4% по отношению к общей массе. Призмы пропаривались 8 ч при 0,8 МПа, и через 24 ч испытывалась их прочность при сжатии и растяжении.

На рис. 3 представлены результаты испытаний, проведенные с пигментами Bayferrox 110, Bayferrox 920 и хромоксидный зеленый. Результаты показывают, что прочность не снижается даже при экстремально высоких добавках пигментов.

В заключение необходимо отметить, что окрашенный силикатный кирпич, как с гладкой так и с поверхностью под природный камень, отличается особым архитектурным эффектом и нашел широкое применение в строительстве.

## **Транспортное оборудование для производства силикатного кирпича**

В процессе производства силикатного кирпича для передачи материалов на расстояние чаще всего применяются различные типы механических и пневматических транспортных систем.

Проведем сравнительный анализ наиболее часто применяемых в промышленности и особенно в производстве строительных материалов типов механического и пневматического транспорта. Рассмотрим некоторые особенности различных типов оборудования. Наиболее часто встречающимися условиями при решении транспортных задач в производстве являются перемещение материала на расстояние 50 м (передача по горизонтали) с последующим вертикальным подъемом на 30 м при производительности 30 м<sup>3</sup>/ч (20–60 т/ч в зависимости от плотности материала).

*Ленточные конвейеры* применяют для перемещения крупно- и мелкокускового известняка, мела и каменного угля. Угол наклона для большинства применяемых материалов составляет 18–23°.

*Пластинчатые конвейеры* применяются для перемещения горячей 80–160°С комовой извести от выгрузочных устройств печей до приемных воронок дробилок или бункеров. По сравнению с ленточным конвейером позволяют подавать материал под большим углом.

*Ковшовые конвейеры (элеваторы)* предназначены для перемещения мелкокусковых и порошкообразных материалов. Возможна как вертикальная транспортировка, так и перемещение под большим углом к горизонту. Тяговым органом элеватора служит бесконечная лента или цепь с жестко закрепленными на ней ковшами.

*Винтовые конвейеры (шнеки)* предназначены для транспортирования сухих мелкозернистых и пылевидных материалов, таких как известь, известняковая мука или пыль. Транспортировка осуществляется по горизонтали или под небольшим углом, однако следует учитывать, что при увеличении угла наклона производительность шнека снижается. Длина винтового конвейера, как правило, достигает не более 15 м.

*Пневмотранспорт* применяется для перемещения мелких фракций, таких как молотая известь и известняковая мука. Материал транспортируется под давлением воздуха, подаваемого механическим нагнетателем. Производительность составляет 9,5–110 т/ч. Расстояние, на которое перемещается материал, достигает 200 м. Давление воздуха в трубопроводе при этом должно составлять 2–3 атм. Их применение требует установки аспирационных установок, фильтров.

*Трубчатые цепные конвейеры* предназначены для транспортирования различных сыпучих пылевидных,

порошкообразных, зернистых материалов в технологических линиях различных производств. Применяются в условиях высокой температуры до 400°С. Конструкция предусматривает возможность изгибать ветви конвейера как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскости без потери производительности. Трубчатые цепные конвейеры имеют закрытую герметичную конструкцию, позволяют нагревать или охлаждать материал в процессе транспортировки, могут быть оснащены системами дозирования и распределения. Предназначены для транспортирования таких материалов, как негашеная молотая известь, гидратная известь, известковое тесто и др.

Для определения наиболее эффективного и рационального способа транспортирования различных фракций строительных материалов и их компонентов в качестве оценочных критериев использовались самые важные технические и эксплуатационные качества оборудования.

**Ориентированность в пространстве — ограничения по расположению транспортного оборудования.** В силу конструктивных особенностей большинство конвейеров негибки и предназначены для горизонтального либо вертикального способа транспортирования, что влечет за собой потребность в перегрузочных операциях, требует значительных площадей и ограничивает возможности установки в действующие производства.

**Экологичность.** Требования по охране окружающей среды с каждым годом ужесточаются. Для предприятий, находящихся на территории городов, данная проблема становится особенно актуальной, например закрытие цементного элеватора компании «Евроцемент-груп» в Москве. Нельзя забывать и о социальной ответственности бизнеса, понимание необходимости которой прочно внедряется в сознание не только властных структур, но и самих производителей.

**Энергоэффективность.** Для энергоемких производств применение неэффективных в области энергосбереже-



Трубчатый цепной конвейер ТЕХНОКОН



Конвейер ТЕХНОКОН-159

Наименование транспортера	Ориентированность в пространстве	Экологичность	Энергопотребление при производительности 50 т/ч	Надежность
Ленточный конвейер	Горизонтальное и наклонное направление. Максимальный угол до 25°. Произвольное количество зоны загрузки. Негибкий	Пыление во время работы. Открытая транспортировка	До 15 кВт	Срок службы ленты в зависимости от материала и режима работы 3–6 мес
Пластинчатый конвейер	Горизонтальное и наклонное направление до 45°	Пыление во время работы. Открытая транспортировка	До 20 кВт	Срок службы транспортных элементов несколько лет
Ковшовый конвейер	Вертикальное до 40 м или наклонное (60–82° к горизонтали) перемещение. Ограниченное количество зон загрузки/выгрузки	Пыление во время транспортировки и перегрузочных операций	От 33 кВт	Срок службы тягового органа ремня либо цепи в зависимости от режима эксплуатации от нескольких месяцев до нескольких лет
Винтовой конвейер	Горизонтальное и вертикальное перемещение. Произвольное количество зон загрузки/выгрузки. Негибкий	Пыленепроницаем	22–30 кВт	Срок службы транспортирующего органа винта несколько месяцев. Попадание твердых элементов в материал может привести к выходу конвейера из строя
Пневмотранспорт	Горизонтальное и вертикальное перемещение. Возможность соединения длинных транспортировочных участков в одну транспортировочную систему. Произвольное количество зон выгрузки	Обязательное наличие системы аспирации	Мощность до 55 кВт	При работе с абразивными материалами образуется выработка на радиусных участках трассы
Трубчатый цепной конвейер	Возможна горизонтальная (до 50 м), вертикальная (до 30 м) и комбинированная транспортировка. Возможность соединения длинных транспортировочных участков в одну транспортировочную систему. Произвольное количество зон загрузки/выгрузки	Пыленепроницаем на всех участках	Мощность до 11 кВт	Срок службы тягового органа цепи в зависимости от интенсивности эксплуатации от года до нескольких лет

ния технологий может оказать существенное влияние на стоимость изготовления продукции и, как следствие, на конкурентоспособность.

**Надежность.**

**Уровень затрат на проведение строительных и подготовительных работ перед монтажом транспортного оборудования.**

**Стоимость и удобство обслуживания и ремонта транспортных систем.**

**Габаритные размеры оборудования.** Зачастую большие размеры оборудования являются критическими при его выборе.

**Пригодность транспортного оборудования к автоматизации технологических процессов.**

**Сохранность фракционного состава транспортируемого материала.**

**Унификация транспортного оборудования.** Возможность использования одного вида транспорта для различного фракционного состава транспортируемого материала (размер частиц, вязкость).

**Самонесущая способность.** Максимальная длина элемента транспортной системы без поддерживающих конструкций.

**Дополнительные возможности.** Способность проводить технологические операции в процессе транспортирования материала (нагревание, охлаждение, выпаривание, дозирование, распределение).

В таблице приведено сравнение различных типов механических и пневматических транспортных систем по основным критериям.

Данные, приведенные в таблице, позволяют сделать вывод, что для перемещения порошкообразной, мелкокусковой и пастообразной фракции и различных сухих смесей наиболее эффективным решением будет использование трубчатого цепного конвейера. В результате его применения получается ряд преимуществ:

- широкие мобильные возможности;
- герметичность и экологичность;
- низкое энергопотребление;
- минимальные затраты, связанные с капитальным строительством;
- минимальные затраты, связанные с обслуживанием и ремонтом;
- минимальные габариты;
- широкие возможности по автоматизации;
- сохранность фракционного состава транспортируемого материала;
- максимальная унификация и взаимозаменяемость элементов конструкции;
- возможность размещения транспортного оборудования без дополнительных поддерживающих конструкций;
- возможность работы в условиях высокой температуры;
- возможность одновременно с транспортированием нагрева, охлаждения, дозирования и распределения.

## Техноприбор ОАО

- ◆ работа с сыпучими материалами
- ◆ интралогические решения
- ◆ специальные транспортные решения

**428032, Чебоксары, Российская Федерация,  
ул. Композиторов Воробьевых, 16  
Т/ф: +7-8352-62-24-90; т: +7-8352-62-22-49  
www.texnocon.ru      texnocon@mail.ru**

Д.А. ПОНОМАРЕВ, генеральный директор  
ООО «РУД Руссланд Конвейеры и Системы» (Москва)



## **Конвейерные системы RUD Ketten для транспортировки извести и мела**

Группа RUD (г. Аален, Германия) основана в 1875 г, разившись из простой кузницы на берегу реки Кохер в большую компанию с дочерними предприятиями и представительствами по всему миру. Компания RUD Ketten принадлежит в настоящее время к наиболее передовым производителям цепей и систем для транспортировки сыпучих материалов. Со дня основания она находится в семейной собственности, и сейчас фирмой руководит уже пятое поколение семьи Ригер.

Кроме установок новых транспортеров в стандартном и нестандартном исполнении RUD активно решает задачи по модернизации устаревшего конвейерного оборудования. В последние годы специалисты компании успешно провели ряд таких проектов как в Европе, так и в России.

Цепные системы, предлагаемые группой RUD для модернизации, отличаются простотой монтажа и демонтажа, надежностью в эксплуата-

ции и длительным сроком службы. Все компоненты систем являются запатентованными разработками RUD Ketten и производятся на главном заводе компании, расположенном в г. Аален (Германия).

Для модернизации цепных ковшовых элеваторов компанией предлагается несколько решений.

### **Система «Центральная цепь»**

Компания RUD Ketten разработала систему центральной цепи (разрывное усилие до 2000 кН), которая успешно работает на элеваторах большой производительности в условиях особо больших нагрузок.

Сборка цепи производится из звеньев непосредственно на площадке и не требует никакого специального инструмента (рис. 1).

### **Системы для круглых стальных цепей**

Основной принцип систем RUD Ketten для круглых цепей – это разделение функций тягового (цепи) и несущего элементов (крепление ковша). Высококачественные цепи RUD Ketten изготавливаются из стали по специальной технологии. Цепь собирается в единую ветвь из длинных (до 20 м), тщательно откалиброванных по длине отрезков. Благодаря современным разработкам инженеров RUD Ketten в элеваторах устранено наиболее слабое место

конструкции – соединение цепи (тягового элемента) и ковша (рабочего элемента).

Образуя единую замкнутую ветвь, длинные отрезки цепей соединяются между собой с помощью разработанных и запатентованных компанией RUD Ketten специальных соединительных звеньев (рис. 2), имеющих те же характеристики, что и вся цепь.

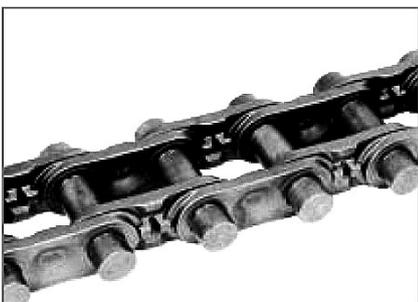
Установка ковшей производится с помощью современных систем.

### **Система «2WIN»**

Система «2WIN» (рис. 3) актуальна для модернизации цепных ковшовых элеваторов, ранее работавших по системе DIN: короткий отрезок цепи + скоба. Слабое место такой системы – это скоба, которая не только держит нагруженный ковш, но и является соединительным звеном в цепи. Обрыв скобы, вызванный концентрацией нагрузок, является частой причиной аварий таких элеваторов.

«2WIN» полностью исключает возникновение подобных аварийных ситуаций.

Монтаж не требует использования дополнительных инструментов, сварки, а также особой подготовки персонала. Применяя систему «2WIN», специалисты-производители выигрывают не только в существенном повышении надежности и увеличении межремонтных сроков, но и в предсказуемости графиков обслуживания, в более долгом сроке использования, в эксплуатационной безопасности и гибкости. При переходе на систему «2WIN» рекомендуется установка новых сегментов на приводных и натяжных колесах (или полная замена колес), для того чтобы обеспечить равномерный износ рабочих поверхностей в процессе эксплуатации. Однако если колеса находятся в хорошем техническом состоянии, то система «2WIN» может работать с уже установленными как гладкими приводными колесами, так и зубчатыми.



**Рис. 1.** Сборка центральной цепи RUD



**Рис. 2.** Соединительное звено RUD



**Рис. 3.** Монтаж ковша элеватора с помощью системы «2WIN»

Ковши обычно не требуют замены, но возможно небольшое согласование отверстий под шпильки крепления. Таким образом, модернизация цепного ковшового элеватора на систему «2WIN» может быть проведена с минимальными расходами для заказчика.

**Система «SWA»**

Система «SWA» (рис. 4) актуальна для модернизации цепных ковшовых элеваторов, ранее работавших с любым типом бокового крепления ковша. Принципиальные решения данной системы аналогичны «2WIN».



Рис. 4. Система RUD «SWA»

Система работает в низкоскоростных элеваторах с зубчатыми приводными колесами. Поскольку во время движения элемент крепления «SWA», как и «2WIN», не подвергается износу, то возможно его повторное использование при следующей замене цепи. При переходе на данную систему могут потребоваться некоторые мероприятия по согласованию отверстий в корпусе ковша для крепления.

**Система «RUD 65»**

Система «RUD 65» актуальна для модернизации цепных ковшовых элеваторов, перемещающих влажные или склонные к налипанию, а также крупнокусковые материалы.

Монтаж ковша осуществляется на два звена цепи с помощью специальных захватов-



Рис. 5. Крепление ковша SD



Рис. 6. Натяжное колесо

вставок (рис. 5). Фиксирующие элементы вынесены из внутренней части ковша, поэтому получается гладкая задняя стенка, что облегчает выгрузку, особенно при перемещении влажного материала.

Натяжные колеса (рис. 6), оснащенные боковыми ребрами, имеют специальную опорную поверхность. При переходе на данную систему необходима полная замена приводных и натяжных колес, а также изготовление новых ковшей.

Компания RUD Ketten осуществляет проекты модернизации любых цепных ковшовых элеваторов, а также переоснащение ленточных элеваторов на цепные и наоборот.

Для модернизации **внутризаводского транспорта** разработаны беспылевой шнековый и скребковый транспортеры для горизонтальной транспортировки сыпучих материалов (рис. 7).

Шнековые транспортеры неприхотливы в обслуживании и долговечны. Шнеки изготавливаются из материалов, имеющих высокую износостойкость, а применяемая система автоматической смазки и дистанционного управления задвижками обеспечивает надежную эксплуатацию и избавляет от необходимости постоянного присутствия персонала.

В различных вариантах исполнения шнеки могут также использоваться для загрузки/вы-



Рис. 7. Шнековый транспортер RUD Ketten

грузки, дозировки, перемешивания. Компания выпускает шнековые транспортеры длиной до 60 м и производительностью до 400 т/ч.

**Система FORKY**

Для беспылевой транспортировки и дозирования, в том числе крупнокусковых, абразивных и высокотемпературных сыпучих материалов, используются скребковые транспортеры. Высокая износ- и жаростойкость элементов конструкции совмещается с возможностью многоточечной загрузки и выгрузки. В качестве тягового элемента могут выступать высокоизносостойчивые цепи из круглой стали или вильчатые цепи FORKY.

Вильчатые цепи FORKY изготавливаются по специальной технологии RUD, обеспечивающей оптимальную структуру во всем изделии. Благодаря этому цепи FORKY имеют большой запас прочности и устойчивости к износу при меньшей собственной массе. Применяя цепь FORKY, можно провести модернизацию любого скребкового транспортера, независимо от того где он был изготовлен.

Оборудование RUD Ketten уже много лет отвечает самым высоким требованиям заказчиков. Компания предлагает также программу по модернизации работающего оборудования, в том числе с использованием уже имеющихся элементов конструкций и с увеличением производительности. Специалисты найдут самое верное решение ваших задач по перемещению сыпучих материалов механическими системами.

Реклама

## Системы РУД Кеттен для модернизации цепных ковшовых элеваторов

**ООО «РУД Русланд Конвейеры и Системы»**  
Россия, 1154326, Москва, пр-т Андропова,  
д. 18, к. 6, оф. 06-04

Тел.: (499) 277-20-80  
Факс: (499) 277-20-90  
М. т.: +7-903-176-29-18

rudrussland@gmail.com  
www.rud.com

## Актуализация нормативной документации как одна из приоритетных задач ассоциации производителей силикатных изделий

*В последние годы силикатная промышленность весьма успешно ведет работу по продвижению своей продукции. Становится все очевиднее, что в связи с совершенствованием технологий, оптимизацией и автоматизацией технологических процессов, установкой нового импортного прессового оборудования качество силикатных изделий выходит на новый уровень.*

Расширение номенклатурного ряда посредством введения новых изделий, таких как облицовочный кирпич евроформата (250×60×65 и 250×85×65 мм), различные варианты лицевой поверхности кирпича и появление на российском рынке принципиально новых изделий — блоков силикатных, способствовало значительному подъему интереса к силикатной продукции со стороны потребителей. Однако в настоящее время силикатная отрасль столкнулась с ситуацией так называемого нормативного вакуума: предприятия расширяют ассортиментный ряд выпускаемых изделий, существенно улучшаются качественные характеристики материалов, в то время как нормативно-техническая база безнадежно устарела.

Аналогичное положение дел с соответствующей документацией и в других секторах строительства, проблема актуальна не только силикатной отрасли. Между тем нормативные акты должны постоянно дорабатываться, дополняться сведениями, видоизменяться в соответствии с развитием производства. В РФ работа с нормативными документами не велась с начала перестройки и до 2004 г. Двадцатилетний перерыв нормотворческой деятельности привел к тому, что производство ушло вперед, а нормативная база осталась на прежнем уровне.

Отметим, что советские СНиПы и стандарты нарабатывались десятилетиями. Страны ЕС с начала 1970-х гг. вложили в создание системы терегулирования строительства около 11 млрд евро, в работе было задействовано 15 тыс. специалистов.

В РФ в настоящее время проводятся попытки изменить сложившуюся ситуацию в короткие сроки и с несоизмеримо меньшим финансированием. Безусловно, ситуация сдвинулась с мертвой точки. В 2009–2010 гг. на актуализацию СНиПов было выделено почти 170 млн р., планировалось выделить еще 150–200 млн р. Производители, а именно на их плечи ложится работа по актуализации нормативной документации, активно включаются в нормотворческую деятельность, объединяют усилия, так как в одиночку эту ношу не осилить.

В 2011 г. объединились и силикатчики. Некоммерческое Партнерство «Ассоциация производителей силикатных изделий» (НП «АПСИ») получило юридический статус. Сегодня это крупнейшее российское профессиональное объединение 16 предприятий силикатной промышленности.

В рамках НП «АПСИ» была создана рабочая группа, приоритетная задача которой участие в процессе обновления нормативной базы отрасли. На момент начала функционирования рабочей группы ассоциации готовился к выпуску СНиП II-22-11 «Каменные и армокаменные конструкции СП 15.13330.2010». Данный нормативный акт не содержал практически никакой информации о силикатных изделиях. В оперативном режиме члены рабочей группы подготовили ряд поправок, которые в дальнейшем были внесены в документ. Например, в п. 1.5 списка строительных материалов, допустимых «для наружных стен помещений с влажным режимом при условии нанесения на их внутреннюю поверхность парозоляционного покрытия», были включены в том числе и **силикатный кирпич, камни и блоки**. Внесена марка прочно-

сти М175 и внесены дополнения — средней прочности — кирпич, керамические, **силикатные**, бетонные и природные камни, а также ряд других поправок.

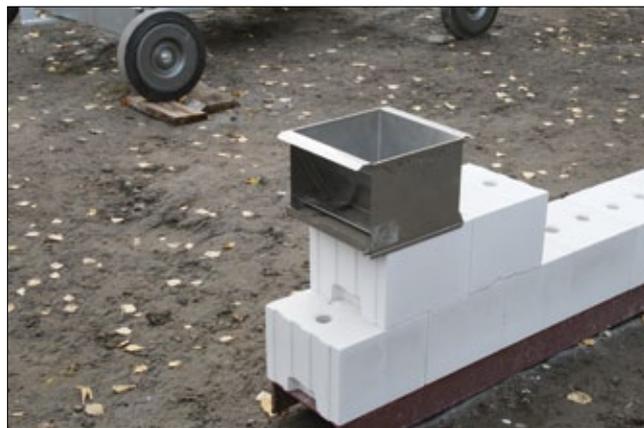
Главной же задачей деятельности рабочей группы является актуализация ГОСТ 379–95 и СТО. СТО «Кладка из силикатных изделий (кирпич, камни, блоки). Правила производства работ и контроля их выполнения» является абсолютно новым нормативным документом и отражает вопросы, которые ранее не затрагивались, среди них: «Особенности производства кладочных работ из силикатных изделий нового поколения», «Методы контроля качества монтажа из силикатных изделий, в том числе нового поколения». Объектами стандартизации и настоящего стандарта являются: технологическая оснастка и инструмент; технологические процессы, а также общие технологические нормы и требования с учетом обеспечения безопасности для жизни и здоровья граждан, окружающей среды и имущества; номенклатура материалов и комплектующих изделий, применяемых согласно стандарту; процессы и технологии выполнения работ и др.; содержит требования к системе качества, необходимые для оценки выполняемых строительно-монтажных работ, которые можно использовать для внешнего обеспечения качества и их оценки внешними сторонами. Разработка этого документа ведется в связи с появлением новых видов продукции.

В настоящее время проект первой редакции СТО разослан всем членам НП «АПСИ» для внесения поправок, замечаний, дополнений. Текст документа также размещен на сайте Ассоциации [www.apsi-ri.ru](http://www.apsi-ri.ru).

И наконец, самой важной, трудоемкой работой является актуализация ГОСТ 379 «Кирпич и камни силикатные. Технические условия», его согласования и корректировки совместно со специалистами ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. Обновление ГОСТ 379–95 в соответствии с текущим уровнем технологии, внесением новых видов продукции, ужесточением физико-механических характеристик изделий — одна из главных задач НП «АПСИ». Сегодняшний ГОСТ 379–95 не отражает изменений, произошедших в силикатной отрасли. Из всей линейки продукции, выпускаемой большинством силикатных предприятий, текущим ГОСТом описывается буквально два-три вида, остальные изделия выпускаются по техническим условиям. Рабочая группа ассоциации разработала серию поправок и изменений, которые необходимо внести в данный стандарт.

Прежде всего внесены и даны определения видам лицевых поверхностей: рустированная (*рустированный кирпич — вид декоративного скола под природный камень, получаемый путем механической обработки*), колотая, офактуренная, поверхность с нанесением полимерного покрытия, гидрофобизированная (*гидрофобизированный кирпич — изделия, обработанные специальным составом для уменьшения водопоглощения*). Следует отметить, что лицевые формы силикатных изделий в настоящее время являются очень перспективным и весьма популярным стройматериалом.

Даны определения и назначение для блоков силикатных различных типоразмеров, кирпича евроформата



(силикатные блоки – изделия крупноформатные полнотелые и пустотелые, предназначенные для возведения несущих и самонесущих стен). Введено определение понятия «брак». Ранее стандарт не содержал подобной информации, например *отбитость – механическое повреждение грани, ребра, угла изделия, выкрошивание – осыпание фрагментов поверхности изделия.*

Добавлены марки по морозостойкости – F75, F100, F120. Разработана таблица, определяющая классы средней плотности изделий, предложены новые условные обозначения силикатных изделий. Внесены изменения в маркировку готовых изделий, отредактированы правила приемки и методы контроля. Предложено в обязательном порядке подвергать определению индекса изоляции воздушного шума, так как блоки силикатные используются в качестве межкомнатных и межквартирных перегородок.

Таким образом, специалистами рабочей группы разработана целая система поправок и доработок к данно-

му документу. В настоящее время проект ГОСТа находится в первом чтении в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии.

Кропотливая и упорная работа по актуализации этого документа продолжается. Однако данный ГОСТ содержит ссылки на нормативные акты не только 90-х, но и 70–80-х гг. прошлого века; безусловно, они устарели, нуждаются в переработке, например ГОСТ 8462–85 «Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе». Таким образом, в сфере нормативно-правовой базы работы очень и очень много, и у Ассоциации в том числе. НП «АПСИ» приглашает к сотрудничеству в нормотворческой деятельности все заинтересованные стороны.



[www.apsi-rf.ru](http://www.apsi-rf.ru)

Частное белорусское предприятие

ПРЕДЛАГАЕТ

ДОЛЕВОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

**ЗАВОДА ПО ВЫПУСКУ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА**

производительностью до 140 тыс. м<sup>3</sup> /г

Строительство завода планируется по адресу: Республика Беларусь, Брестская обл., г. Иваново

**Состояние проекта:**

1. Разработан технологический проект.
2. Разработан бизнес-план.
3. Разработана проектно-сметная документация.
4. Построено
  - административное здание;
  - бытовые помещения;
  - деревообрабатывающий цех;
  - склад хранения сырья;
  - фундаменты под сложное оборудование;
  - наружные сети и коммуникации.
5. Заключен контракт на поставку оборудования.
6. Закуплена грузовая техника.
7. Разработан карьер силикатных песков.
8. Сооружен железнодорожный подъездной путь на территорию.

**Возможна продажа проекта**

**Контактное лицо:**

**Кучер Игорь Анатольевич**

+375-29-654-45-76

+375-1652-2-19-41

+375-1652-2-17-36

Р  
е  
к  
л  
а  
м  
а

14-я специализированная выставка

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



# ОСМ 2013



30 января – 2 февраля  
Москва, ЦВК «Экспоцентр»

[www.osmexpo.ru](http://www.osmexpo.ru)



ОРГАНИЗАТОР:

**ЕВРОЭКСПО**

Тел.: +7 (495) 925 65 61/62  
E-mail: [osm@osmexpo.ru](mailto:osm@osmexpo.ru)

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР:



ОФИЦИАЛЬНЫЙ СПОНСОР:



СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР:



ПАРТНЕРЫ ВЫСТАВКИ:



ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:



**SibBuild**  
СтройСиб

Строительная  
и интерьерная выставка

5–8 февраля 2013

Неделя архитектуры  
и строительства

[www.SibBuild.ru](http://www.SibBuild.ru)

19–22 февраля 2013

Неделя декора  
и инженерных систем

Новосибирск  
Экспоцентр

Более 800 компаний из 16 стран мира  
Посетители: свыше 23 000 специалистов



ITE Сибирская Ярмарка  
ул. Станционная, 104  
тел.: +7 (383) 363 00 63  
[sibbuild@sibfair.ru](mailto:sibbuild@sibfair.ru)  
[www.sibfair.ru](http://www.sibfair.ru)

Генеральный  
информационный  
спонсор



Официальный  
партнер



Генеральный  
интернет-партнер



Информационные  
партнеры





## Подготовительная техника фирмы АЙРИХ со всеми решениями из одних рук



**смешивание – сушка – гранулирование – тонкий помол**

**Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG**  
Postfach 1160, 74732 Hardheim, Germany  
Phone: +49 (0) 6283 51-0, Fax: +49 (0) 6283 51-325  
E-Mail: [eirich@eirich.de](mailto:eirich@eirich.de), Internet: [www.eirich.com](http://www.eirich.com)

**ООО «Айрих Машинентехник»**  
129343 Москва, ул.Уржумская 4, строение 2  
Россия  
тел: + 7 495 771 68 80  
факс: + 7 495 771 68 79  
эл.адрес: [info@eirich.ru](mailto:info@eirich.ru)



# EIRICH

**The Pioneer in Material Processing**

Е.В. ФОМИНА, канд. техн. наук, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, канд. геол.-мин. наук, В.В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Особенности фазообразования силикатных ячеистых изделий автоклавного твердения с алюмосиликатным сырьем

На фоне роста общего выпуска автоклавных изделий наблюдается существенный спрос на ячеистые изделия автоклавного твердения. По данным ФСГС\*, в I квартале 2012 г. по сравнению с соответствующим периодом 2011 г. производство мелких стеновых блоков из ячеистого бетона увеличилось на 46,1%.

Прочностные показатели ячеистых бетонов автоклавного твердения, а также некоторые их эксплуатационные характеристики во многом зависят от фазового состава и морфологии образующихся в гидротермальных условиях цементирующих новообразований. Поэтому разработка способов управления фаз гидросиликатов при производстве автоклавных материалов представляется весьма актуальной.

Известно, что одним из широко применяемых способов модифицирования композиционных известково-кремнезем-цементных вяжущих (ИКЦВ), применяемых при производстве автоклавных ячеистых материалов, является введение активных пуццолановых компонентов. В частности, для этой цели используют скрытокристаллическую вулканогенную алюмосиликатную породу — перлит [1, 2].

Основная задача настоящей работы — установление особенностей фазообразования в ИКЦВ с добавлением перлита при автоклавном производстве газобетона.

Для получения образцов применялись следующие сырьевые компоненты: известь ОАО «Стройматериалы» (Белгород) с активностью 87%; цемент марки ЦЕМ I 42,5 Н производства ОАО «Осколцемент» (г. Старый Оскол, Белгородская обл.), имею-

щий следующие характеристики в соответствии с ГОСТ 31108–2003: истинная плотность 3100 кг/м<sup>3</sup>; насыпная плотность 1300 кг/м<sup>3</sup>; НГ = 27%; начало схватывания 140 мин; конец схватывания 205 мин; песок Нижнеольшанского месторождения Белгородской обл.; алюминиевая паста для бетонов марки ГБ-1; перлит Мухорталинского месторождения (Бурятия). Химический состав песка и перлита приведен в табл. 1.

Помол кварцевого песка и перлита осуществляли сухим способом до достижения удельной поверхности 2500–3000 см<sup>2</sup>/г.

Основные сырьевые компоненты не отличались от традиционно используемых при производстве газобетонов и соответствовали ГОСТ 31359–2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения».

Оценку химической активности алюмосиликатной породы проводили по ее пуццолановой активности по методу Запорожца. Аморфный кремнезем, присутствующий в перлите, обладает высокой пуццолановой активностью, которая составляет 31 мг/г, и способен вступать в химическое взаимодействие с вяжущей системой газобетона на ранних этапах твердения смеси до гидротермального синтеза.

Изучение активности перлитовой компоненты в силикатных смесях проводили отдельно на известково-песчано-перлитовом вяжущем без цемента и газообразователя по наличию свободной извести в сырьевой смеси до автоклавной обработки (табл. 2). Соотношение компонентов выбирали как в составах смеси, характерной для получения газобетонов плотностью 500–600 кг/м<sup>3</sup> и замене 5, 10, 15, 20% кварцевого песка перлитом.

С учетом соотношения компонентов в смеси активность известково-песчаного вяжущего составляла 30,5%. Выдержку образцов выбирали такую же, как и при твердении сырца газобетона до автоклавной обработки, которая составляла 2 ч.

Таблица 1

Наименование объекта	Содержание оксидов, мас. %							
	Si <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	ППП
Песок	92,4	2,36	0,77	1,88	0,2	–	0,05	1,95
Перлит	71–72	13–16	1–2	0,8–2,6	0,2	до 8	–	5–8

Таблица 2

№ состава	Количество свободного СаО в вяжущем	
	Содержание перлита в известково-песчаном вяжущем, %	Содержание свободных оксидов в вяжущем, мас. %
1	0	27,83
2	5	24,78
3	10	21,58
4	15	20,37
5	20	21,56

\* Федеральная служба государственной статистики.

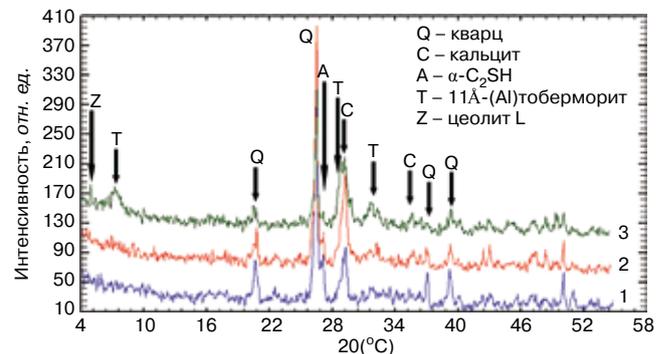


Рис. 1. Рентгенограммы образцов материала газобетона ( $\lambda_{Cu}$ ): 1 – контрольный обр. (состав 1); 2 – состав 3; 3 – состав 4

Таблица 3

Физико-механические характеристики образцов газобетона	Состав				
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	562,7	526,2	473,85	453,3	435,7
Прочность, МПа	2,72	3,14	3,46	3,68	3,57

Таблица 4

Минеральные компоненты	Состав		
	№ 1	№ 3	№ 4
Кварц	43	40	22
Кальцит	17	25	27
$\alpha$ -C <sub>2</sub> SH	26	13	3
11Å-тоберморит	14	22	47
Цеолит L			1

Анализ полученных результатов указывает на повышение активности связывания гидроксида кальция в гидратные новообразования уже на начальных этапах твердения сырьевой смеси. Перлит активно вступает в химические реакции кристаллизации в силикатных смесях, и максимум активности приходится на образцы вяжущего с заменой 15% кварцевого компонента перлитом (табл. 2).

Для изучения фазообразования в присутствии алюмосиликатного компоненты были заформованы образцы-кубики размером 100×100×100 мм. Изотермическую выдержку проводили при температуре 183°C и давлении насыщенного пара 8 атм по режиму: 1,5–6–1,5 ч. Соотношение компонентов в исследуемом газобетоне соответствовало марке бетона по плотности D500 при замене кварцевого песка перлитом. Физико-механические характеристики полученных образцов приведены в табл. 3.

Как следует из полученных данных, относительно небольшие концентрации алюмосиликатной компоненты вяжущего приводят к увеличению прочностных свойств газобетона. Причина этого, вероятно, должна заключаться в особенностях гидратационного фазообразования.

Был проведен РФА с целью количественного определения концентраций гидратных новообразований. Идентификацию минеральных компонентов проводили на основе базы дифракционных данных PDF-2. Сравнительная диаграмма рентгенограмм образцов материала с различными содержаниями перлита представлена на рис. 1.

Для получения информации о количестве кристаллических фаз проводили полнопрофильный количественный РФА материала автоклавированных образцов вяжущих с применением программы DDM v1.9 [3] в варианте ритвельдовского алгоритма.

В качестве структурных моделей минеральных компонентов использовали: кварц (ICSD-93974)\*; кальцит (80869-ICSD);  $\alpha$ -C<sub>2</sub>SH (73404-ICSD); 11Å-(Al)тоберморит (93590-ICSD) и цеолит L (67031-ICSD). Полученные значения содержания кристаллических фаз представлены в табл. 4.

Результаты количественного РФА позволяют сделать вывод, что добавление в состав ИКЦВ небольших количеств нанокристаллического перлита [6] интенсифицирует образование ленточного низкоосновного гидросиликата кальция — 11Å-тоберморита, вносяще-

\* ICSD — Inorganic Crystal Structure Database.

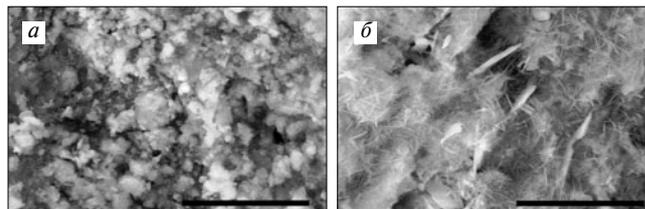


Рис. 2. Микроструктура межпоровой перегородки газобетона автоклавного твердения: а – без добавки перлита; б – с содержанием в газобетонной смеси 3,8% перлита. Масштабные отрезки соответствуют 0,01 мм

го основной вклад в формирование прочностных свойств материала. При этом существенно позитивным моментом является уменьшение концентрации, доминирующей в образце контрольного состава, высокоосновной ортосиликатной фазы  $\alpha$ -C<sub>2</sub>SH. По-видимому, этим объясняется увеличение концентрации кальцита и уменьшение концентрации кварца в образцах с добавкой перлита. Примечательно обнаружение в образце состава 4 алюмосиликатного новообразования, идентифицированного как цеолит L — K<sub>11.7</sub>(A<sub>11.8</sub>Si<sub>34.2</sub>O<sub>72</sub>). Отсутствие на рентгенограммах отражений гидроалюминатов кальция позволяет рассматривать фазообразование в изученных образцах на основе системы CaO–SiO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O [5].

Различия в фазовом составе образцов проявляются в морфоструктурных особенностях гидратных новообразований (рис. 2). Так, если микроструктура контрольного образца представлена микроглобулярными агрегатами кристаллических индивидов изометрического облика, что соответствует морфологии ортосиликата  $\alpha$ -C<sub>2</sub>SH, то добавление перлита приводит к формированию спутанно-волоконистых тоберморитовых агрегатов.

Вопросы, связанные с углубленным анализом причин описанного влияния алюмосиликатной компоненты на фазообразование в силикатных автоклавных системах, представляются темой дальнейших исследований.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках: ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (2009–2013 гг.) по проектам № 14.В37.21.0930; № 16.740.11.0770 и № 14.В37.21.1218; гранта РФФИ № 12-08-87603.

**Ключевые слова:** газобетон, алюмосиликатное сырье, перлит, гидросиликаты кальция.

Список литературы

1. Урханова Л.А., Чимитов А.Ж. Газобетон на основе активированных вяжущих веществ // Бетон и железобетон. 2008. № 2. С. 9–12.
2. Лесовик В.С., Жерновой Ф.Е., Глаголев Е.С. Использование природного перлита в составе смешанных цементов // Строительные материалы. 2009. № 6. С. 84–87.
3. Solovyov L.A. Full-profile refinement by derivative difference minimization // Journal of Applied Crystallography. 2004. 37. Pp. 743–749.
4. Жерновский И.В. и др. Некоторые возможности применения полнопрофильного РФА в задачах строительного материаловедения // Строительные материалы. 2010. № 3. С. 102–105.
5. Meller N., Kyritsis K., Hall Ch. The mineralogy of the CaO–Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–SiO<sub>2</sub>–H<sub>2</sub>O (CASH) hydroceramic system from 200 to 350°C. // Cement and Concrete Research. 2009. Vol. 39, Iss. 1. Pp. 45–53.

## Рынок газообразователей в России. Критерии оценки и тенденции развития

Динамика развития рынка газообразователей прочно связана с производством газобетона и имеет ряд особенностей, которые необходимо учитывать для более точной оценки каждого фактора. Эти особенности в первую очередь обусловлены тем, что пудры алюминиевые пигментные (ПАП) на современном рынке теряют свои позиции. Комплексный анализ основных потребителей ПАП, а это не только газобетонные заводы, указывает на значительное сокращение применения этих продуктов (рис. 1). Прогнозы соответствуют общим тенденциям развития производства газобетона: к 2015 г. средняя плотность выпускаемого газобетона составит D450 и менее, а это значительно повысит требования ко всем сырьевым компонентам, в том числе к газообразователям [1]. Уже сейчас ПАП уступает место **специализированным газообразователям (СГО)**, характеристики которых полностью соответствуют требованиям производителей газобетона. Другие потребители ПАП (производство лакокрасочной продукции, металлургия, производство огнеупоров) еще раньше начали применять специализированные материалы.

В паспортных характеристиках газообразователей должны содержаться отличительные параметры. В первую очередь специализированные газообразователи делятся по **степени связанности** на пасты (крупные гранулы с высокой степенью связанности, практически непылящие) и пудры (средние и мелкие гранулы со слабой связанностью, с остаточным пылением разной степени). Термин «паста» не соответствует консистенции продукта, а указывает на высокую связанность внутри каждой отдельной гранулы. Термин «пудра» исторически оправдан, но также неточен, поэтому предлагается ввести более верное определение – газообразователи с несвязанной структурой.

Для любого из этих продуктов обязательно должны быть определены **кинетика газовыделения** (2–8–16–30 мин), **содержание активного Al (%)**, **гранулометрический состав ( $D_{cp}$ )** и **смачиваемость**. В дополнение к этому в инструкции по применению необходимо указывать

степень пыления, время, в течение которого ГО снижает активность на 10%, живучесть активной суспензии при заданных условиях. Эти параметры измеряются для каждой марки газообразователя один раз в год и указываются справочно.

Следует отметить, что практика применения ПАП в России насчитывает более 40 лет. Анализ **рынка газообразователей показал**, что за 10 лет в России сформировалась основная группа разработчиков и поставщиков СГО: Eckart (Германия), Schlenk (Германия), НСК-ТЕК (Россия). За три последних года к ним присоединился Benda-Lutz (Австрия). Именно эти компании формируют сейчас основные тенденции развития рынка СГО. Условно разделив их на отечественные (НСК-ТЕК) и импортные (Eckart, Schlenk, Benda-Lutz), можно проследить динамику развития НСК-ТЕК и его влияние на российский рынок специализированных газообразователей, в том числе с учетом ПАП.

Предприятие НСК-ТЕК, основанное в 1999 г., изучив рынок отечественных строительных материалов, выбрало для себя приоритетное направление и к 2004 г. подготовило программу «Российские алюминиевые газообразователи», которая уже в 2005 г. на МНПК «Перспективы производства и применения продукции глубокой переработки алюминия» получила высокую оценку крупнейших предприятий – производителей первичного алюминия. По итогам конференции был согласован разработанный НСК-ТЕК мультифункциональный проект производства и продвижения отечественных газообразователей в России и странах СНГ. Соисполнителями в этот проект вошли ведущие предприятия по производству газобетона и Институт органического синтеза УрО РАН. Практика промышленного применения разработанных в рамках этой программы СГО показала их высокую эффективность. Результатом явилось то, что начиная с 2008 г. НСК-ТЕК занимает более 20% российского рынка, а в 2011 г. уже треть всего газобетона выпускается в России с использованием газообразователей марок «Газобето».

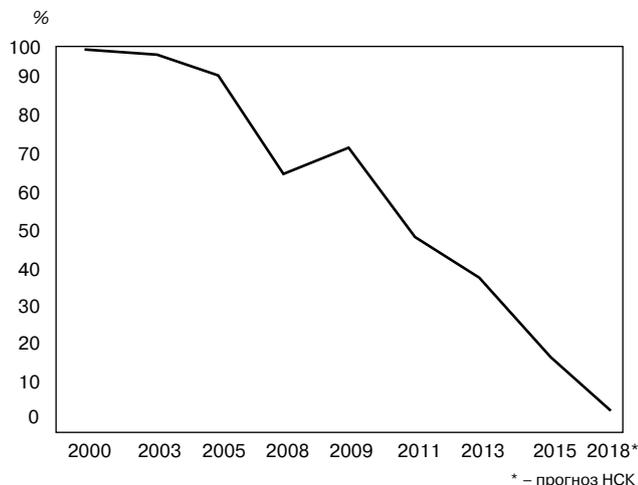


Рис. 1. Присутствие ПАП на рынке ГО

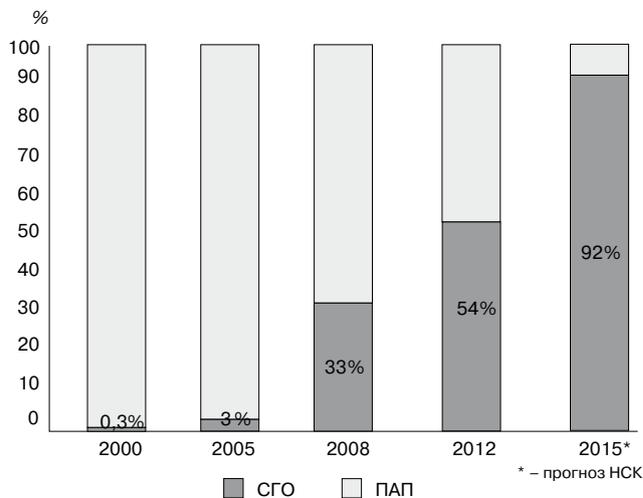


Рис. 2. Применение СГО в производстве газобетона

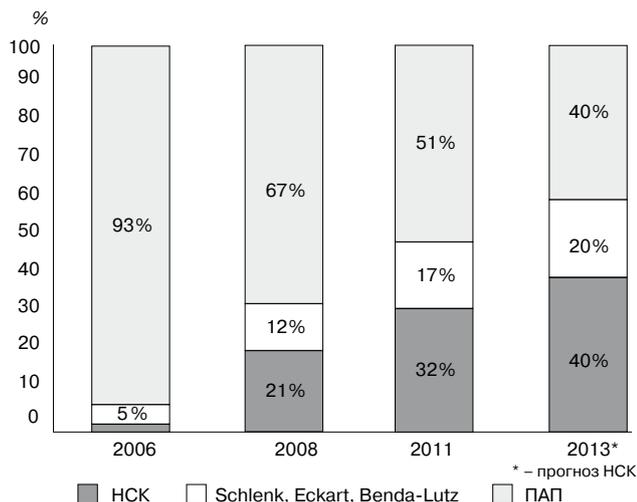


Рис. 3. Изменение структуры российского рынка газообразователей

В целом доля СГО за последние три года значительно увеличилась и составляет более половины (54%) общего объема использования газообразователей (рис. 2). 65% этого объема – торговые марки НСК-ТЕК, остальная часть совокупно поставляется известными европейскими производителями Schlenk, Eckart, Benda-Lutz (рис. 3). Эффективность работы программы становится очевидной, если проанализировать нарастание присутствия СГО. Пик роста пришелся на 2008 г. и составил по отношению к 2005 г. более 1000%, из которых на долю НСК-ТЕК приходится 640% прироста. Программа показала свою эффективность и в 2009 г., хотя общий спад производства газобетона не позволил удержать абсолютные показатели (рис. 1). Устойчивость НСК-ТЕК в кризис была обеспечена за счет спроса именно на отечественные СГО «Газобето», а в сегменте импорта был отмечен явный спад.

Факторы – регуляторы спроса на СГО жестко связаны с общей экономической ситуацией в промышленности, и во время спада производства идет возврат к старым, проверенным на дешевизну пудрам ПАП. Алюминиевые пасты в сравнении с ПАП имеют более высокую стоимость и повышенный расход – это часто является решающим аргументом при выборе газообразователя. Особенно остро вопрос цены проявил себя в период кризиса 2008–2009 гг. Кроме того, есть предприятия, которые не могут использовать пасты по техническим причинам.

В это время НСК-ТЕК активизировало разработку и внедрение в производство специализированных газообразователей с несвязанной структурой под маркой «Газобето+» (СТО 75754739-001–2010), в технико-экономических характеристиках которых удалось сохранить преимущество паст, перейдя при этом в ценовой сегмент пудр. Но если пасты «Газобето» широко применяются в производстве автоклавного газобетона и получили высокую оценку специалистов газобетонных предприятий [2], то СГО с несвязанной структурой «Газобето+» – это сравнительно новый продукт. Несмотря на это, он уже составляет 30% от общего объема поставок НСК-ТЕК в 2012 г. (рис. 4).

Сейчас рынок очень пластичен и находится в фазе роста как за счет появления новых потребителей, так и из-за присутствия ПАП. СГО будут в ближайшие три года прибавлять более 10% ежегодно, и основные поставщики могут, не сталкиваясь, наращивать свое присутствие. Но уже к 2016 г. поставщикам СГО придется удерживать свои позиции, борясь за единицы процентов, а спустя еще два-три года – за доли процента. Все

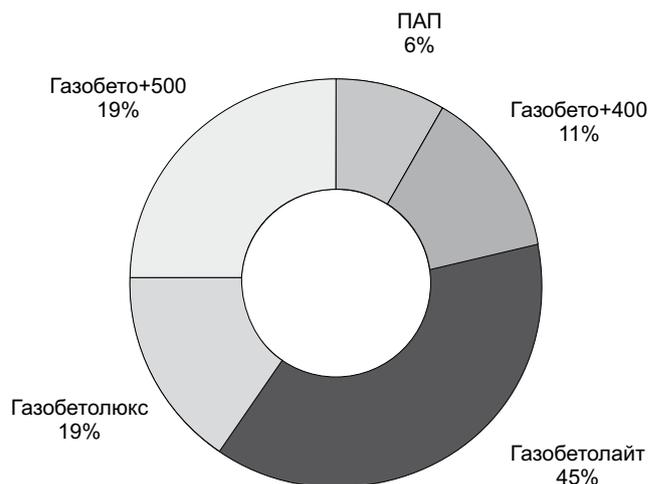


Рис. 4. Распределение поставок газообразователей НСК-ТЕК по торговым маркам. 2012 г.

это определяет ближайшие планы и среднесрочные цели компании НСК-ТЕК, которые направлены на активное вытеснение ПАП. По нашим расчетам именно «Газобето+» успешно завершит этот процесс и займет значительную долю рынка, представленную сейчас пудрами.

Уникальность продуктов «Газобето+» заключается в их специализации. Они дифференцированы по маркам в зависимости от требуемой плотности газобетона и изготовлены с учетом основных требований к газообразователям. Это тонкоизмельченный алюминиевый порошок серебристо-серого цвета, с пониженным пылением при пересыпании. Частицы алюминия после обработки специальными органическими добавками образуют конгломераты, которые имеют незначительную прочность и легко разрушаются (образуя однородную суспензию без добавления ПАВ) при взаимодействии с водой. В то же время этой прочности достаточно, чтобы, скрепив в гранулы единичные частицы, значительно снизить пыление при работе с газообразователем. Пониженная степень пыления улучшает условия труда, исключает вероятность воспламенения или взрыва в зоне приготовления суспензии. Следует отметить высокую активность «Газобето+», что в свою очередь значительно (на 25–35% по сравнению с зарубежными аналогами-пастами) сокращает расход газообразователя. Кроющая способность и показатель всплываемости у газообразователей (в отличие от ПАП) не регламентируются и не определяются. В сертификат качества «Газобето+» включены необходимые для заводских технологов характеристики: кинетика газовыделения, содержание активного алюминия, смачиваемость. Периодически контролируются такие важные показатели, как удельная поверхность и гранулометрический состав газообразователя. На основании этих показателей формируются статистические таблицы, которые используются для оценки стабильности свойств СГО. Срок хранения готовой продукции 1 год, в составе суспензии – 72 ч. Исследование «Газобето+» по истечении гарантийного срока показало, что происходит незначительное (не более 3%) снижение активности. В 2011 г. наши постоянные потребители – производители газобетона, ранее использовавшие ПАП, перешли на использование СГО с несвязанной структурой.

В настоящее время НСК-ТЕК продолжает работу над фракционным составом, улучшением физико-химических свойств и повышением эксплуатационной стабильности продукции. Стратегия развития компании НСК-ТЕК имеет своей задачей качественное изме-

нение рынка газообразователей к 2015 г. Это не желание, а твердое убеждение, основанное на успешной реализации четырех этапов программы, начатой в 2005 г. Пятый этап как этап завершения структурирования рынка будет проходить на фоне повышения требований к качеству, безопасности, экологичности и экономичности используемого сырья, что отражает современную специфику развития производства ячеистых бетонов автоклавного твердения. В недалеком будущем газообразователи будут производиться и подбираться для каждого конкретного потребителя по актуальным для газобетона характеристикам, с учетом особенностей сырьевой базы и реологических характеристик ячеисто-бетонной смеси – это задача шестого, итогового этапа программы, окончание которого намечено на 2018 г.

Являясь центром по разработке и внедрению СГО в России, НСК-ТЕК производит поставку фирменных газообразователей, осуществляет консультационно-информационные услуги, проводит полное предпродажное и послепродажное сопровождение [3].

**Список литературы**

1. Прохоров С.Б., Вишневецкий А.А. Газообразователи для получения ячеистых бетонов пониженной плотности // Материалы VI Международной научно-практической конференции. Минск, 26–28 мая 2010 г. С. 51–53.
2. Сажнев Н.П., Сажнев Н.Н., Сажнева Н.Н., Голубев Н.М. Производство ячеисто-бетонных изделий: теория и практика. Минск: Стринко, 2010, 464 с.
3. Prokhorov S. Specialized aluminum gas-forming agents. Experience of project and prospects for the development // 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete «Securing a sustainable future», Bydgoszcz, Poland, September 14–17, 2011.



**ОСЕННИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ**  
**7-9 ноября 2012**  
 г. СУРГУТ

**ТЕМАТИКА ВЫСТАВКИ - ФОРУМА:**

- Строительство и проектирование
- Строительные и отделочные материалы
- Инструмент и оборудование
- Энергоснабжение. Теплоснабжение. Водоснабжение
- Экологическая безопасность. Защита окружающей среды
- Умный Дом
- Дизайн и оформление интерьера
- Загородное строительство
- Благоустройство территорий, землепользование
- Спецодежда. Средства защиты
- Финансовый сектор. Риэлтэкспо

**ТЕЛ: (3462) 32-34-53; 52-00-40; 32-90-60.**  
**WWW.YUGCONT.RU; EXPO@WSMAIL.RU**

**СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ ГАЗООБРАЗОВАТЕЛИ  
 ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА**

марок

**«ГАЗОБЕТО®»**

- разработаны специально для производства газобетона
- дифференцированы по маркам в зависимости от требуемой плотности  
 Газобетолайт, Газобето+500 – для 500-700 кг/м<sup>3</sup>  
 Газобетолюкс, Газобето+400 – для 350-450 кг/м<sup>3</sup>
- отличаются пониженным пылением
- не требуют обработки ПАВ
- характеризуются высокой степенью стабильности по содержанию активного Al и кинетике газовыделения



Реклама

(343) 373-45-20, 373-45-21, 216-46-48

www.nsktek.ru, nsk@nsktek.ru

# СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО СКБ СТРОЙПРИБОР

ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



тел/факс в Челябинске: (351) 790-16-13, 790-16-85, 796-64-14  
в Москве: (495) 964-95-63, 220-38-58  
e-mail: stroypribor@chel.surnet.ru  
www.stroypribor.ru

Реклама

## ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

**ИПС-МГ4.01 / ИПС-МГ4.03**  
ударно-импульсный

автоматическая обработка  
измерений



диапазон 3...100 МПа

**УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С**  
ультразвуковой

поверхностное и сквозное  
прозвучивание



частота 60...70 кГц  
диапазон 10...2000 мкс

**ПОС-50МГ4 / ПОС-50МГ4 Д /  
ПОС-50МГ4 "Скол"**

отрыв со скалыванием  
и скалывание ребра

предельное  
усилие 60 кН  
диапазон 5...100 МПа



**ПОС-2МГ4 П**

испытание прочности  
ячеистых бетонов



предельное  
усилие вырыва 2,5 кН

**ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ  
ДИНАМИЧЕСКИЕ**

**ПДУ-МГ4 "Удар"**

и **ПДУ-МГ4 "Импульс"**

определение динамического  
модуля упругости грунтов  
и оснований дорог  
методом штампа,  
диапазон: 5...370 МН/м<sup>2</sup> ("Удар")  
5...300 МН/м<sup>2</sup> ("Импульс")



**Прессы испытательные  
малогабаритные**

**ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4  
/ ПГМ-1000МГ4**

с гидравлическим приводом  
для испытания бетона,  
асфальтобетона, кирпича  
■ предельная нагрузка  
100 / 500 / 1000 кН  
■ масса 70 / 120 / 180 кг



**ПМ-1МГ4 / ПМ-2МГ4 / ПМ-3МГ4  
/ ПМ-5МГ4 / ПМ-10МГ4**

с ручным / электрическим приводом  
для испытания утеплителей на изгиб  
и сжатие при 10% линейной деформации  
■ предельная нагрузка 1 / 2 / 3 / 5 / 10 кН  
■ масса 20 / 25 кг

**ПСО-10МГ4 КЛ**

испытание прочности  
сцепления в каменной  
кладке

предельное усилие  
отрыва 15 кН



**АДГЕЗИМЕТРЫ**

**ПСО-МГ4**

испытание прочности  
сцепления покрытия  
с основанием

предельная нагрузка  
1 / 2,5 / 5 / 10 кН



**ИЗМЕРИТЕЛИ  
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**

**ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"**

стационарный  
и зондовый режимы



диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

**АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ**

**ИСП-МГ4 / ИСП-МГ4.01**  
анемометр-термометр

диапазон 0,1...20 (1...30) м/с  
-30...+100 °С



**ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01**  
термогигрометр

диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С

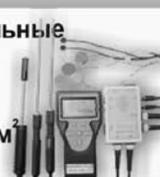


**ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ  
ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ**

**ИТП-МГ4.03 "Поток"**

3...5, 10 и 100-канальные  
регистраторы

диапазон 10...999 Вт/м<sup>2</sup>  
-40...+70 °С



**ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ**

**ВЛАГОМЕР-МГ4**

для измерения влажности  
бетона,  
сыпучих,  
древесины  
диапазон 1...45 %



**ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ  
ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА**

**ИПА-МГ4**

диаметр контролируемой  
арматуры 3...40 мм  
диапазон измерения  
защитного слоя 3...140 мм



**ТЕРМОМЕТРЫ**

**ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01**

модульные регистрирующие  
для зимнего бетонирования  
и пропарочных камер  
(до 20 модулей в комплекте)  
зондовые / контактные  
1...2-канальные  
диапазон -40...+100 / 250 °С



**ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ  
АРМАТУРЫ**

**ДО-40 / 60 / 80МГ4**

метод поперечной оттяжки

диапазон контролируемых  
усилий 2...120 кН

диаметр  
арматуры 3...12 мм



**ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ  
В АРМАТУРЕ**

**ЭИН-МГ4**

частотный метод

диаметр  
арматуры 3...32 мм

диапазон 100...1800 МПа



ПРОИЗВОДИМ: ИЗМЕРИТЕЛИ ВИБРАЦИИ, МОРОЗОСТОЙКОСТИ, ТОЛЩИНОМЕРЫ, ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ ВЕСЫ И ДР.

## **Применение подшипников АФЗ при производстве силикатных изделий**

Одним из основных факторов конкурентоспособности продукции является ее себестоимость. Среди главных факторов, влияющих на себестоимость продукции, — затраты, связанные с издержками на ремонт оборудования, в том числе подшипниковых узлов.

В настоящее время существует множество различных предложений от компаний, поставляющих подшипники качения и уплотнения, смазки и всевозможные технические решения по увеличению долговечности подшипников качения и соответственно подшипниковых узлов. Одним из таких прогрессивных и современных решений являются подшипники с антифрикционным наполнителем (АФЗ). Основной областью применения данных подшипников являются узлы машин с периодическим воздействием температуры до 300°C и частотой вращения до 1500 об/мин. В основном это транспортные системы, конвейерные линии, обжиговые тележки, сушильные и запарочные (автоклавные) вагонетки, работающие в зонах повышенной температуры, высокой запыленности и влажности.

Компания «Реновация» предлагает инновационные подшипники с твердой графитовой смазкой АФЗ типа КОМПАУНД, работающие в экстремальных эксплуатационных условиях при температуре до 300°C.

Отличительной особенностью подшипников с АФЗ по сравнению с подшипниками, работающими в пластичной или жидкой смазке, является возможность их применения в запыленной и загрязненной рабочей среде с рабочей температурой до 300°C. При этом отпадает необходимость разрабатывать, изготавливать и обслуживать системы смазки подшипниковых узлов и самих подшипников.

Благодаря своим инновационным свойствам подшипники с АФЗ стойки к кислотным и щелочным средам, растворителям и др.

Такие подшипники находят применение в оборудовании для производства стали (чугунолитейное, доменное производство); керамики, стекла в сушильных и закалочных печах, системах конвейеров (подвесные, цепные, вагонетки); при производстве цемента, шифера, кирпича, автоклавного газобетона; в пищевой промышленности (мукомольное производство); в оборудовании для окрасочных камер; в горнодобывающей промышленности (агломерационное производство); при производстве удобрений; в вакуумном оборудовании (см. таблицу).

Конструктивной особенностью подшипников с АФЗ является то, что все пространство между кольцами за-

Отрасль применения	Условия работы	Тип стандартного подшипника и его работоспособность	Работоспособность подшипника с АФЗ
<b>Металлургическая промышленность</b>			
Напольно-загрузочная машина	t=900°C, абразивная пыль	312 170–240 ч	312АФЗ 6 мес*
Подвесной наждак		308 300–400 ч	308АФЗ 2500 ч
Абразивные станки		205, 307 308–300 ч	205, 307, 308 АФЗ 2860 ч
Ролики спекательных тележек		315 Зависит от условий эксплуатации	315АФЗ 10 мес
Анодно-отрезной станок		206 700 ч	206АФЗ 2910 ч
<b>Цементная промышленность</b>			
Пластинчатый транспортер	t=280°C, абразивная пыль	213 Зависит от условий эксплуатации	213 АФЗ 6 мес*
<b>Керамическая промышленность</b>			
Сушильные вагонетки	t=290°C, влажность, пыль	207 5–6 мес	207АФЗ 5 лет
<b>Производство силикатного кирпича</b>			
Автоклавные вагонетки	t=200°C, пар, щелочная среда	308 2–3 мес	308АФЗ 1 год*
<b>Горнорудная промышленность</b>			
Ролики ленточных конвейеров	t=56°C, влажность, пыль	206 Зависит от условий эксплуатации	206АФЗ 6000 ч*
<b>Деревообрабатывающая промышленность</b>			
Трековые тележки	высокая запыленность	308 6–8 мес	308АФЗ 14 мес*

\* Подшипники сохранили свою работоспособность.



полнено твердой смазкой, которая базируется на сепараторе и становится внутренней частью конструкции подшипника.

АФЗ представляют собой пастообразные композиции, состоящие из порошкообразных твердых смазок и жидкого связующего. Этими пастами под давлением при высокой температуре заполняется межколечное пространство серийных подшипников, в результате чего отвердевшие наполнители играют роль защитного уплотнения и позволяют внутренним конструктивным деталям (сепаратору, телам качения, дорожкам качения) самосмазываться. Таким образом, АФЗ выполняет роль эффективного защитного уплотнения и смазывающего вещества и может применяться в шариковых подшипниках всех типов, в роликовых сферических подшипниках. В настоящее время ведутся работы по освоению новых типов подшипников с АФЗ.

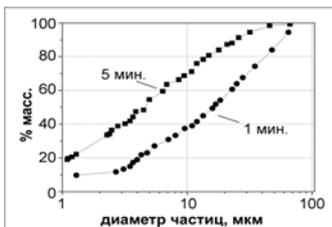
Специалистами были проведены испытания подшипников АФЗ, результаты которых приведены в таблице.



## Лабораторные мельницы "Активатор" для заводских и исследовательских лабораторий.



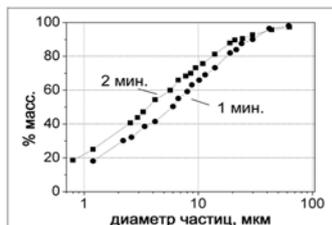
Активатор-2SL



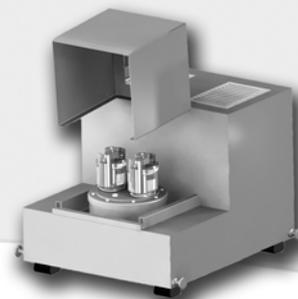
Для пробоподготовки материалов



Активатор-4M



Для наработки небольших партий материалов



Активатор-2S

Для помола материалов в ударном, сдвиговом, вихревом режимах

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

Новосибирск, Софийская 18, оф 107  
630056, Новосибирск 56, а/я 141  
Факс: 8 (383) 325-18-49  
Тел: 8 913 942 94 81  
e-mail: belyaev@activator.ru

Реклама

## Состояние российского рынка мобильных и передвижных дробильно-сортировочных установок

Под мобильными дробильно-сортировочными установками понимаются дробильно-сортировочные комплексы, смонтированные на самоходном шасси, как правило, оборудованные дизельным двигателем и гусеничным шасси, и способные к самостоятельному перемещению в пределах рабочей зоны. Передвижные дробильно-сортировочные комплексы монтируются на несамоходном шасси, что позволяет оперативно перемещать их с одной рабочей площадки на другую.

В России выпуск мобильных и передвижных дробильно-сортировочных установок осуществляло единственное предприятие — ОАО «Дробмаш» (Нижегородская обл.). В 2007–2008 гг. выпуск этого вида технологического оборудования, по данным предприятия, составлял порядка 10 шт. в год, а в 2009 г. сократился в 5 раз из-за отсутствия спроса на эту продукцию. В 2010 г. в связи с банкротством предприятия выпуск мобильных и передвижных ДСУ вообще не осуществлялся. В декабре 2010 г. имущественный комплекс ОАО «Дробмаш» был выкуплен ЗАО «Автокомполит» (Нижний Новгород, аффилировано с ОАО «Русполимет»). В начале 2011 г. производство на предприятии было возобновлено. Также в 2011 г. компания подписала соглашение с Posch Mobile Mining (Германия) о производстве в России мобильных дробильно-сортировочных установок «Дробмаш-Posch», выпуск которых начался в 2012 г.

Однако российская продукция не пользуется спросом за рубежом, что обуславливает низкие объемы экспорта и нерегулярность поставок (за период 2006–2011 гг. было экспортировано всего шесть ДСУ российского производства). В рассматриваемом периоде времени экспортировались, как правило, дробильно-сортировочные установки зарубежных производителей, ранее ввезенные в Россию и проработавшие в стране несколько лет.

В целом же за последние шесть лет объем экспорта МДСУ не превышал 5 шт. в год. При этом ценовой разброс на эту продукцию был очень значительным, так как экспортировались преимущественно бывшие в употреблении установки.

В 2006–2008 гг. импорт мобильных и передвижных ДСУ увеличился в 2,6 раза и превысил 240 единиц. Это связано прежде всего с тем, что в России существенно возрос спрос на щебень за счет роста объемов строительства и, с появлением ряда новых производственных предприятий и модернизацией существующих. Однако в 2009 г. объемы ввоза в страну дробильно-сортировочных установок сократились в 3,5 раза по сравнению с 2008 г., что было обусловлено негативным влиянием финансово-экономического кризиса на российскую экономику: существенным сокращением объемов строительных работ, отсутствием у предприятий источников средств для закупки нового оборудования и т. д. В 2010 г. рост объемов импортных поставок возобновился. По итогам 2011 г. в страну было ввезено 126 единиц мобильных и передвижных дробильно-сортировочных установок, что на 18% больше, чем в предыдущем году (рис. 1). В денежном выражении объем импорта увеличился на 26,2%.

В 2006–2011 гг. поставки мобильных дробильно-сортировочных установок на российский рынок осуществлялись более чем из 20 стран мира, однако на про-

тяжении всего рассматриваемого периода времени можно выделить экспортеров-лидеров: Австрия, Великобритания, Германия, Ирландия, Финляндия и Швеция. На долю этих стран приходилось до 87% общего объема импорта исследуемого технологического оборудования. Однако в 2010 г. региональная структура импорта существенно изменилась за счет роста объемов поставок из Китая и Японии.

Основной объем мобильных дробильно-сортировочных установок ввозится в Россию официальными представительскими фирм-производителей и дистрибьюторами, а также различными трейдерами. В 2008 г. (год максимальных объемов импорта) МДСУ импортировали свыше 90 компаний и физических лиц. Из них только 13 компаний самостоятельно импортировали эту продукцию для собственных нужд (суммарный объем импорта МДСУ этими компаниями в 2008 г. составил 15 шт.). В 2010–2011 гг. наблюдался существенный рост объемов импорта мобильных ДСУ в регионах Дальневосточного федерального округа, при этом оборудование ввозилось как компаниями, так и индивидуальными предпринимателями. В 2011 г. импорт мобильных и передвижных ДСУ осуществляли 65 юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, но только 7 из них осуществляли импорт в объеме свыше 5 единиц техники в год.

По итогам 2011 г. существенно увеличилось поставки в Россию таких европейских производителей МДСУ, как Sandvik (включая ROM1), Terex, Metso Minerals, Resta. Начались поставки в страну МДСУ и ПДСУ производства McCloskey International (включая ROM), SBM Mineral Processing, TelSmith. Спрос на продукцию Atlas Copco Powercrusher (Hartl), Kleemann, Zhengzhou Yifan Machinery существенно снизился по сравнению с 2010 г. Следует также отметить, что все импортированное оборудование Komatsu, как и в предыдущие годы, было представлено исключительно МДСУ, бывшими в употреблении (1999–2010 гг. выпуска).

В связи с активным развитием строительной отрасли и дорожного строительства объемы ежегодного потребления мобильного оборудования до 2008 г. динамично росли. В 2006–2008 гг. спрос на мобильное дробильно-сортировочное оборудование в России увеличился более чем в 2,5 раза: российскими потребителями было

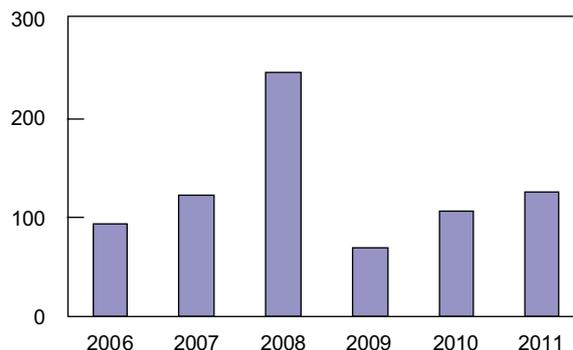
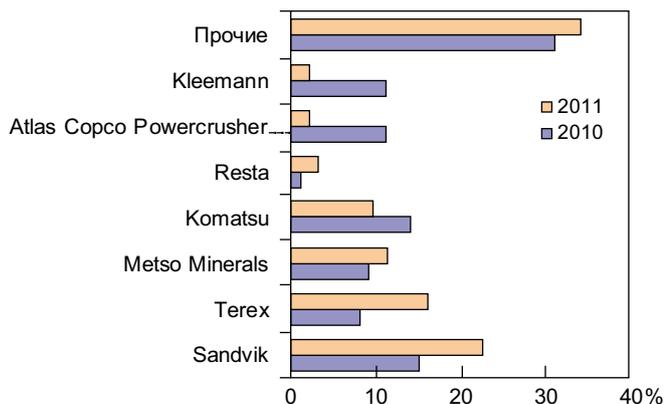


Рис. 1. Динамика импорта мобильных и передвижных ДСУ в натуральном выражении в 2006–2011 гг. по оценке «ГС-Эксперт» на основе данных ФТС РФ



**Рис. 2.** Доли основных игроков в структуре поставок мобильных и передвижных ДСУ на российский рынок в 2010–2011 гг. по оценке «ГС-Эксперт», %

приобретено свыше 250 мобильных и передвижных дробильно-сортировочных установок. Однако по итогам 2009 г. потребление данного вида технологического оборудования сократилось в 3,8 раза по сравнению с предыдущим годом, что было обусловлено негативным влиянием кризиса на российскую экономику. В частности, существенно сократились объемы строительства, а следовательно, и спрос на щебень; многие горнодобывающие предприятия испытывали дефицит оборотных средств и были вынуждены отказаться от планов по закупке новой техники. В 2010 г. спрос на дробильно-сортировочные установки начал постепенно восстанавливаться. Причем стоит отметить, что наибольшей популярностью пользовалось относительно дешевое оборудование китайского производства и бывшие в употреблении установки японского производства, поставляемые в регионы Сибири и Дальнего Востока. В 2011 г. также существенно возрос спрос и на новое оборудование европейского производства.

ROM1 – торговая марка Группы компаний «Рецикл материалов» (Москва), под которой в РФ поставляются МДСУ нескольких зарубежных производителей.

Безусловным лидером в поставках мобильных и передвижных ДСУ на российский рынок является компания Sandvik, на долю которой в 2011 г. пришлось до 22%. Второе место по объемам поставок мобильных и передвижных ДСУ заняла компания Terex, на долю которой пришлось около 16% российского рынка. Доля единственного российского производителя мобильных и передвижных ДСУ ЗАО «Автокомполит» составила около 1% (рис. 2).

В 2012–2013 гг. в России планируется возобновление производства мобильных ДСУ ЗАО «Автокомполит» (Дробмаш) благодаря освоению выпуска данного вида техники совместно с Posch Mobile Mining и созданию нового производственного комплекса УК «Вега Про» в Новгородской области. При условии реализации данных проектов российские заводы смогут ежегодно производить до 100 единиц мобильных ДСУ, что составляет около 80% от уровня спроса на эту технику в 2011 г. Однако стоит отметить, что успех реализации данных проектов во многом будет определяться ценовой политикой российских производителей и уровнем сервисной поддержки клиентов. По оценкам «ГС-Эксперт», в первые годы выпуска отечественных МДСУ объем их реализации в России не превысит 10–20 единиц в год.

В сегменте импортных мобильных и передвижных ДСУ существенно усилилась конкуренция, в том числе за счет выхода на российский рынок новых игроков, прежде всего компаний из Китая, Японии и Кореи, продукция которых существенно дешевле европейских аналогов.

По оценкам «ГС-Эксперт», уровень спроса на мобильные и передвижные ДСУ в 2012 г. увеличится не менее чем на 20–25% в связи с планируемым ростом объемов дорожного строительства и роста спроса на щебень. При этом в последующие годы темпы роста потребления рассматриваемого технологического оборудования будут варьироваться в диапазоне 20–30% в год.

**Ключевые слова:** мобильные дробильно-сортировочные установки, щебень, экспорт оборудования.

<b>ООО «ГС-Эксперт» - одна из ведущих аналитических компаний отрасли - предлагает</b>			
<b>Готовые информационно-аналитические отчеты</b>		<b>Отчеты, планируемые к выходу в 2013 г.</b>	
<b>Наименование отчета</b>	<b>Цена, тыс. р</b>	<b>Наименование отчета</b>	<b>+/-</b>
Рынок цемента в России в 2012 г. (ежеквартальный)	25	Рынок цемента в России (январь-февраль 2013)	
Рынок белого цемента в России (2005-2011)	35	Рынок извести в России и европейской части страны (январь-февраль 2013)	
Рынок белого цемента в России, Украине, Белоруссии и Казахстане (2007-2011)	45	Рынок щебня и гравия в России (февраль-март 2013)	
Рынок глиноземистого цемента в России и Украине (2007-1 кв. 2012)	45	Рынок строительного песка в России	
Рынок извести в России и европейской части страны: итоги 2011	50	Рынок листового стекла в России	
Рынок щебня и гравия в России (2006-2011)	50	Рынок силикатного кирпича в России	
Рынок щебня Украины (2009-2011)	29,5	Рынок керамического кирпича в России	
Рынок листового термополированного (флоат) стекла в России (2007-2011)	50	Рынок керамической плитки в России	
Рынок блоков из ячеистого бетона в России (2007-6 мес. 2012)	45	Рынок санитарных керамических изделий в России	
Рынок стекольных кварцевых песков в России (2005-2011)	50	Рынок теплоизоляционных материалов в России	
Рынок гипсового камня в России (2002-2011)	45	Рынок гипсового камня и гипсовых вяжущих в России	
Рынок мобильных и передвижных дробильно-сортировочных установок в России (2006-2011)	40	Рынок дробильно-сортировочного оборудования в России	
Рынок станков для бурения взрывных скважин в России (2006-2011)	45	Рынок полевшпатового сырья в России	
Анализ импорта дорожно-строительной техники в Россию в 2010-2011 гг.	14	Рынок дорожно-строительной техники в России	

**Подписчикам журнала «Строительные материалы» предоставляется скидка 20% на любой готовый отчет**

Всероссийская конференция: Ярославль, 1 - 2 ноября 2012

## **ЖКХ: развитие инфраструктуры для экологически безопасного и комфортного проживания**

**Государственная политика РФ и комплексные подходы к решению задач жилищно-коммунальной сферы.**

- Нормативно-правовое регулирование деятельности водоснабжения и водоотведения.
- Опыт регионов по реализации Федеральной целевой программы «Чистая вода».
- Опыт разработки, внедрения инновационных технологий водоподготовки, водоотведения, утилизации, обезвреживания осадков.
- Оценка качества и эффективности работы технологий водоподготовки (региональный опыт внедрения).
- Основные направления совершенствования законодательства в части регулирования деятельности управляющих организаций (в т.ч. о внесении изменений в Жилищный Кодекс).
- Критерии оценки деятельности структур ЖКХ и качества услуг для сохранения здоровья и комфортных условий проживания.
- Новые подходы и критерии оценки эффективности и качества работы управляющих компаний. Ответственность УК.
- Об утверждении стандартов и правил деятельности по управлению многоквартирными домами (МКД). Внедрение проектов по переходу к стандартам управления МКД (пилотные регионы, проекты).

**Государственная политика в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами.**

- Состояние обращения отходов как показатель эффективности государственного, муниципального и корпоративного управления.

- Нормативная правовая основа управления обращением отходов: проблемы и решения.
- Выбор оптимальной концепции обращения с твердыми бытовыми отходами: региональные и муниципальные системы управления.
- Политика Ярославской области в сфере обращения с твердыми бытовыми отходами.
- Формирование привлекательности отходо-перерабатывающей отрасли в России.
- Передовой опыт внедрения инновационных технологий в рециклинг отходов.

**Реализация программ энергоресурсосбережения в ЖКХ. Формирование инфраструктуры для привлечения инвестиций.**



**Жилищный Кодекс противоречит Конституции, - Хованская Г.П., депутат ГД РФ на конференции-2011 в Ярославле**

В рамках конференции пройдет 18-я выставка энергоэффективных технологий для строительства и ЖКХ "Ваше жилище".

**РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:**

- Строительные материалы и конструкции
- Средства теплозащиты зданий и сооружений
- Отопление. Вентиляция. Кондиционирование
- Инженерное оборудование и системы
- Альтернативные источники энергии
- Оборудование для сбора и сортировки отходов
- Комплексные системы очистки
- Водоподготовка, водоснабжение, водоотведение
- Оборудование для рециклинга отходов производства и потребления
- Услуги по управлению МКД
- Дорожные, строительные, коммунальные машины и техника

**УЧАСТНИКАМ ВЫСТАВКИ:**

- Используйте возможность общения с участниками конференции. Ваша аудитория – более **300 специалистов** и 250 организаций
- В 2011 году большинство экспонентов получили крупные заказы именно от участников конференции.

Подробная программа по (4852) 73-28-87 и на сайте [www.energo-resurs.ru](http://www.energo-resurs.ru)



### **Уважаемые коллеги!**

Если Вас заинтересовали готовые информационно-аналитические отчеты или Вы хотите заказать исследования будущего года, заполните, пожалуйста, приведенную форму и направьте ее: по электронной почте **info@gs-expert.ru** по факсу **+7 (499) 250-48-74**

На основании Ваших ответов будет сформирован график подготовки информационных материалов в 2013 г.

Наименование компании	
Контактное лицо	
Телефон	
Адрес электронной почты	
Интересуемые тематики исследований в 2013 г. и удобный для Вас период их подготовки	

И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ, канд. техн. наук, ООО «ИНТА-Строй» (Омск)

## Пятый мелющий элемент

В современной промышленности большое внимание уделяется крупности применяемых материалов и их эффективному измельчению как средству оптимизации технологических процессов. Если до недавнего времени говорили о суперизмельчении, коллоидах, активации [1, 2], высококонцентрированных вяжущих суспензиях (ВКВС) [3], то появление термина «нанотехнологии» и соответствующего министерства свело эти технологии под единую «крышу».

Наличие финансирования и большое количество грантов привели к бурному росту этого научного направления. Нанотехнологии находят широкое практическое применение в различных отраслях химического производства, изготовлении строительных материалов, обогащении руд, добыче золота.

Нанотехнологии предполагают работу с материалами, частицы которых имеют размеры меньше микрона и обладают иными свойствами, чем исходные материалы. Однако исходя из некоторых современных публикаций можно сказать, что всякое измельчение — это нанотехнология, так как при любом разделении материала появляется определенный процент (или доли процента) наноразмерных частиц. Глина тоже наноматериал, так как содержит порой до 10% наночастиц, ну а технология керамики — это сплошное нано. Но не все то нано и золото, что блестит или тонко помолото!

Такая подгонка под «крышу» нанотехнологий процессов измельчения с научной точки зрения не всегда правомерна, однако способствует финансированию и продвижению новых разработок в производство.

Доктор Г. Эрлих [4] пишет: «Это сейчас отечественные ученые вставляют «нано» куда ни попадая, зачастую из конъюнктурных соображений — под нее дают гранты, за границей же мода на приставку «нано» в заголовке статьи идет на спад».

Не претендуя на гранты по нанотехнологиям, поговорим о тонком измельчении материалов и разработанных в Институте новых технологий и автоматизации промышленности строительных материалов мельницах, не касаясь в рамках данной статьи технологических аспектов применения таких машин.

Что же заставило нас 15 лет назад взяться за разработку мельниц?

Во-первых, отсутствие высокопроизводительных и эффективных мельниц тонкого помола для непрерывных технологических процессов.

Во-вторых, ситуация, когда в производстве применяется техника, разработанная не менее 100 лет назад и ее технические характеристики весьма далеки от оптимальных показателей.

В-третьих, это опять же несоответствие лабораторных результатов и результатов, полученных в реальной технологии. То есть в лабораторных экспериментах получают отличные образцы и по прочности и по внешнему виду, а в промышленном производстве получаемые изделия гораздо хуже по качеству.

Широко используемые в различных отраслях шаровые мельницы не позволяют быстро получать особо тонкий помол и имеют высокое энергопотребление на тонну продукции.

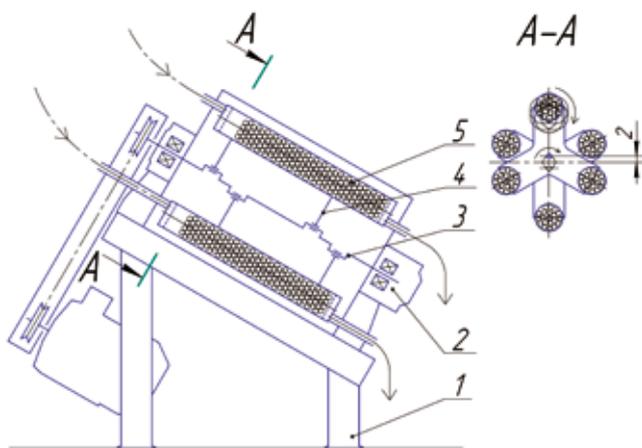
В последнее время для непрерывных технологических процессов получили распространение виброцентробежные мельницы разных изготовителей, мало чем отличающиеся друг от друга. Эти мельницы позволяют получить более тонкий помол. Так, марка цемента после шаровой мельницы может быть до Д 500, а домол на виброцентробежной мельнице повышает марку до 700 [5]. Как сообщает автор в своих статьях, «особое внимание следует уделить вопросу правильной установки мельницы с гашением высокочастотных и низкочастотных вибраций. Она должна быть установлена на собственном фундаменте, превышающем по массе ее металлическую часть в 2,5 раза». Также должны быть применены специальные виброгасители.

Наш опыт по разработке мельниц начался с экспериментов на планетарной мельнице проходного типа [6]. Толчком к этой разработке послужил удачный опыт работы планетарных стационарных мельниц. Однако планетарная мельница проходного типа имела низкую надежность, связанную с невозможностью уплотнения подшипниковых опор барабанов, движущихся по планетарной траектории.

Полученный практический опыт лег в основу разработанной вибропланетарной мельницы «Пурга» (рис. 1), движение шаров в которой аналогично их траектории в планетарной мельнице, при этом барабаны не вращаются, а приводятся в движение эксцентриковым валом.



Рис. 1. Вибропланетарная мельница «Пурга»



**Рис. 2.** Кинематическая схема вибропланетарной мельницы «Пурга»

Мельница «Пурга» (рис. 2) состоит из рамы 1, двух подшипниковых опор 2, эксцентрикового вала 3, двух пар водил 4, представляющих собой трехлучевую звезду с расположенными на концах лучей ложементами для крепления шести помольных барабанов. Барабаны 5 одной группы находятся в просвете барабанов другой — оппозитной группы барабанов, взаимно уравновешивая друг друга. Загрузочные и отводящие патрубки играют роль гибких связей, не позволяющих барабанам закрутиться вместе с валом, а заставляют их совершать движения по траектории, близкой к круговой, и с амплитудой, равной удвоенному эксцентриситету вала. Мелющие тела, движущиеся внутри барабана, осуществляют измельчение. Установка корпуса мельницы под наклоном к горизонту способствует лучшему прохождению измельчаемого материала через барабаны.

Проведенные испытания подтвердили правильность выбранной схемы. Мельница работает мягко, не требует прецизионной балансировки, массивного фундамента. Конструктивные особенности мельницы «Пурга» обеспечивают движение мелющих тел в барабанах по различным траекториям в зависимости от частоты вращения эксцентрикового вала. При движении шаров по окружности измельчение происходит в результате истирания, что наиболее выгодно для проведения сверхтонкого (меньше 40 мкм) помола. При движении шаров в барабанах по эллиптическим орбитам будет реализовываться концепция измельчения с использованием в основном стесненного удара, что энергетически выгоднее при проведении среднего (500–100 мкм) и тонкого (100–40 мкм) помола. Таким образом, на мельнице «Пурга», изменяя частоту вращения эксцентрикового



**Рис. 3.** Мельница «Выюга»

вала, можно реализовать различные схемы измельчения для широкого круга задач, что делает ее более универсальной. Вторым способом варьирования дисперсности продукта является подбор оптимального диаметра мелющих шаров.

С учетом опыта, полученного при испытании мельницы «Пурга», спроектирована мельница такой же производительности «Пурга-3» и лабораторная мельница «Пурга-1». На очереди линейка мельниц повышенной производительности. Технические характеристики мельницы «Пурга-1» и «Пурга-3» приведены в табл. 1.

Мельница «Пурга» по качеству помола сопоставима с виброцентробежными мельницами различных конструкций, однако по производительности превосходит их в три раза, так как имеет шесть мелющих барабанов вместо двух. Но самое главное преимущество мельницы «Пурга» в том, что она является самобалансированной машиной, не требующей фундамента. В испытательном цехе она установлена на бетонном полу без фиксации фундаментными болтами. Эксперименты по загрузке даже одного из шести барабанов не приводили к сколько-нибудь заметным вибрациям.

Этот эффект полной самобалансировки мельницы позволяет наращивать мощность и производительность «Пурги» практически безгранично, так как нет ограничений по фундаментам, как например, в виброцентробежных мельницах.

**Таблица 1**

Характеристика	«Пурга-1»	«Пурга-3»
Производительность (песок), кг/ч	20	150
Тонина помола, менее 10 мкм, %	60	60
Тонина помола менее 1 мкм, %	11	12
Диаметр барабана внутренний, мм	25	80
Длина рабочей части барабана, мм	290	700
Частота вращения вала мельницы, об/мин	2800	1865
Мощность электродвигателя, кВт	1,1	11
Габаритные размеры с питателем Д×Ш×В, мм	730×300×670	1517×700×1750
Масса с питателем, кг	37	440

**Таблица 2**

Характеристика	«Выюга-1»	«Выюга-5»
Производительность тах (песок), кг/ч	50	1000
Максимальный размер частиц на входе (песок), мм	3	5
Тонина помола, менее 10 мкм, (песок), %	40	40
Количество мелющих тел, шт.	4	6
Диаметр корпуса внутренний, мм	92	210
Частота вращения вала мельницы, об/мин	1410	970
Мощность электродвигателя, кВт	1,5	18,5
Габаритные размеры Д×Ш×В, мм	1720×595×1280	1720×595×1280
Масса, кг	49	430

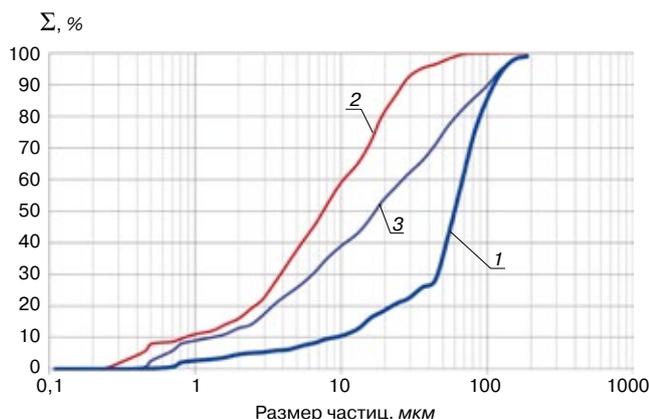


Рис. 4. Результаты анализа дисперсности песка (1) после помола на мельнице «Пурга» (2) и «Вьюга» (3)

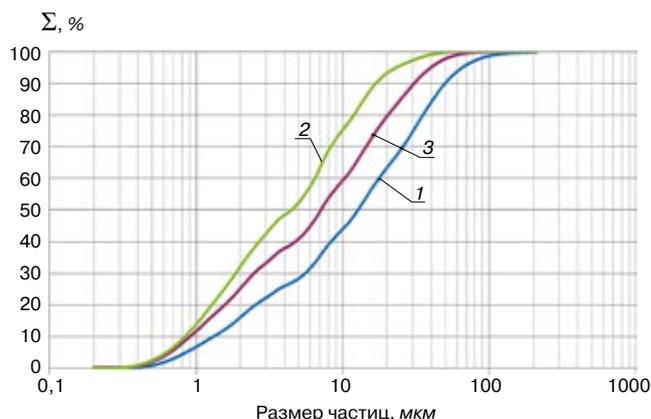


Рис. 5. Результаты анализа дисперсности глиняного шликера (1) после размола на мельнице «Пурга» (2) и «Вьюга» (3)

Единственным недостатком мельницы «Пурга» является некоторая сложность конструкции. В целях дальнейшей оптимизации мельниц был опробован ряд вариантов и проведены эксперименты с четырьмя различными мелющими элементами: шарами, дисками, цельбепами, стержнями.

В результате за основу следующей мельницы был выбран пятый мелющий элемент — пружина. Несмотря на то что неизвестно о применении пружин в реальных конструкциях мельниц, выбор основывался на том, что при прижатии пружины за счет центробежных сил к цилиндрической обечайке возникают *вибрации витков вдоль оси*, что должно способствовать помолу и перетиранию материала. *Вибрации витков на скручивание* находятся в ультразвуковом диапазоне, что также будет влиять на диспергирование материала.

На основании исследований была сконструирована и изготовлена мельница «Вьюга» (рис. 3).

Мельница весьма проста по конструкции и состоит из горизонтально расположенного цилиндрического корпуса, в котором смонтирован ротор с мелющими пружинами. Привод ротора осуществляется электродвигателем.

При вращении вала мельницы пружины, увлекаемые во вращение ведущими осями, обкатываются по внутренней поверхности корпуса, измельчая и одновременно продвигая материал от загрузки к выгрузке. Надежды на эффективность мельницы с пружинами в качестве мелющих тел оправдались. Генерация мощных колебаний широкого спектра, в частности в ультразвуковом диапазоне, способствует хорошему помолу материала.

На рис. 4 представлены результаты анализа фракционного состава кварцевого песка после помола. Анализ проводился на приборе «Микросайзер-201А».

Использование «Вьюги» при подготовке минеральных добавок, вводимых в состав шихты при производстве кирпича, позволило применять гранулированный доменный шлак не только в качестве отошающей добавки, но и получить керамические изделия светлых тонов.

Значительным преимуществом данных мельниц является возможность их использования не только для помола сухих материалов, но и для активации суспензий, например глиняного шликера (рис. 5).

Данный факт делает мельницы серии «Вьюга» незаменимыми при механической активации смесей, что в значительной степени ускоряет химические реакции в материале. Примером применения мельницы как активатора может служить ее использование при подготовке зольно-известковой массы для производства золосили-

катного кирпича [6]. Результатом механической активации является значительное сокращение времени «созревания» шихты, повышение физико-механических показателей изделий.

Существенным недостатком мельницы является повышенная шумность, выходящая за допустимые нормы, поэтому рекомендуется устанавливать ее в отдельной шумоизолированной кабине.

Спроектирована лабораторная пружинная мельница «Вьюга-1» и промышленные установки «Вьюга-3» и «Вьюга-5», технические характеристики которых представлены в табл. 2. Перед коллективом разработчиков стоит задача расширения типоряда мельниц «Вьюга» более производительными машинами.

Сравнение двух мельниц «Пурга» и «Вьюга» (рис. 4, 5) показывает, что мельница «Пурга» обладает более высоким качеством помола, однако «Вьюга» более проста по конструкции, а в некоторых случаях, где требуется УЗВ-диспергирование, просто незаменима, например при роспуске глиняных суспензий.

Таким образом, институтом разработаны и поставлены на серийное производство два типоразмерных ряда мельниц, каждая из которых займет свое место в непрерывных технологических процессах.

**Ключевые слова:** тонкое измельчение, вибропланетарная мельница, мелющие тела, механоактивация.

#### Список литературы

1. *Аввакумов Е.Г.* Механические методы активации химических процессов. Новосибирск: Наука, 1986. 306 с.
2. *Молчанов В.И., Селезнев О.Г., Журнов Е.Н.* Активация минералов при измельчении. М.: Недра, 1998. 208 с.
3. *Ливинский Ю.Е.* ВКВС и керамобетоны в XXI веке — проблемы и перспективы применения технологий в области силикатного материаловедения // Новые огнеупоры. 2011. № 3. С. 120–130.
4. *Эрлих Г.* Нанонауки: итоги пятилетки // Химия и жизнь. 2012. № 3. С. 2–8.
5. *Кузьмина В.П.* Механоактивация материалов для строительства. Цемент // Строительные материалы. 2007. № 6. С. 74–75.
6. *Шлегель И.Ф., Гришин П.Г.* Мельница планетарная ШЛ-312 // Строительные материалы. 2002. № 5. С. 14–15.
7. *Шлегель И.Ф., Носков А.В., Слемнев Д.А., Вишневский А.В.* Повышение качества силикатных материалов с использованием активатора «Вьюга» // Строительные материалы. 2011. № 9. С. 12–13.

В.В. ОДАБАИ-ФАРД, инженер, И.В. ПЕТРОВ, д-р эконом. наук,  
Московский государственный горный университет

## **Решение вопросов экологии в Германии при разработке месторождений нерудного сырья**

Одной из главных задач стран Европейского союза является сохранение окружающей среды и восстановление нарушенной природы. Некоторые вопросы, связанные с охраной природной среды, успешно решаются. Одной из самых продвинутых стран в этой области является Федеративная Республика Германия.

Интересна процедура оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) (нем.: Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP)) в горнодобывающей промышленности. Эта процедура является важной составляющей системы охраны природной среды и регулируется законом как в России, так и в Германии. В России действует Федеральный закон от 23 ноября 1995 г. № 174-ФЗ «Об экологической экспертизе». В Германии аналогичный закон в переводе называется также (Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung (UVPG)), однако выпущен на пять лет раньше — 12 февраля 1990 г. [1].

В Германии оценка техногенного воздействия на окружающую среду основывается на трех основных принципах:

- 1) предотвратить нанесение вреда природе, а не устранять последствия;
- 2) учитывать интересы как человека, так и животных и растений при утверждении проектов;
- 3) описывать наносимый ущерб природе по восьми факторам.

Эти факторы охватывают воздействие на почву, воду, воздух и климат, ландшафт, культурные объекты и прочие материальные ценности, в частности учитывается жизнь, здоровье и комфорт людей, животных, растений, а также взаимодействие этих факторов.

В результате такой оценки заблаговременно выявляются необходимые меры по охране окружающей среды. Стремление к улучшению природных условий — это прежде всего вклад в качество жизни, здоровье людей, сохранение биологического разнообразия и воспроизводимости экосистем.

В Германии в процессе оценки активно участвуют не только органы власти, но и общественность. Благодаря этому своевременно выявляются недостатки. Предприниматель в таком случае должен либо отказать от проекта, либо разработать дополнительные природоохранные мероприятия, которые будут компенсировать ущерб окружающей среде.

Если по решению соответствующих органов власти предприятие относится к особо опасным для экологии, то работа по оценке начинается с процедуры стратегической оценки (Strategische Umweltprüfung (SUP)), которая дополняет UVP.

В то время как классическая оценка воздействия на окружающую среду проводится на стадии подготовки документации для получения допуска на проведение хозяйственной деятельности, стратегическая оценка проводится на более ранней стадии создания предприятия — планирования. На предприятиях, которые могут нанести значительный ущерб природе, необходимо уже на начальной стадии иметь представление о масштабах этого ущерба и мер по его предотвращению или сокращению. За счет данной процедуры несовместимые с окружающей средой проекты могут быть исключены уже на стадии планирования.

Оценка проходит в три этапа. Сначала определяются экологические аспекты проекта, далее они описываются по упомянутым выше восьми факторам, на послед-

нем этапе взвешивается заключительный ущерб, который может быть причинен природе, и на основании этого принимается решение о возможности принятия проекта при условии, что экономические преимущества по сравнению с экологическим ущербом действительно являются толерантными. В сложных ситуациях проводится оценка альтернативных вариантов. Особо отметим, что ответственность за состояние окружающей среды лежит на органах власти, которые принимают решение об утверждении проекта [2].

Особенности экологического надзора в Германии заключаются в том, что в каждой федеральной земле имеются местные органы власти, ответственные за окружающую среду, куда направляются документы для принятия решения. Если работа предприятия не затрагивает территорию, граничащую с соседним городом или федеральной землей, решение принимают местные органы власти. Если работа предприятия затрагивает соседние федеральные земли или соседние страны, то документы направляются в главный орган власти Германии по защите окружающей среды или в организации Европейского сообщества соответственно.

Помимо общественности, предпринимателя и местных органов власти в системе оценки воздействия на окружающую среду работают еще два участника: отраслевые органы власти (ведомства, ответственные за состояние земельных угодий, воды, леса, ландшафта и т. д.) и организации по защите окружающей среды. Организации по защите окружающей среды выполняют весьма важную функцию. Если общественность не всегда может объективно оценить экологический ущерб от того или иного проекта, то представители данных организаций специализируются конкретно в области защиты природы и могут наиболее точно оценить сложившуюся ситуацию и предложить самые современные решения по природоохранным мероприятиям.

Оценка возможных воздействий объекта на окружающую среду осуществляется экспертами, назначенными органами власти. Порядок прохождения данной процедуры представлен в табл. 1. Наглядный и структурированный процесс проведения оценки позволяет сократить срок от подачи прошения до получения разрешения на разработку месторождения.

Особый интерес представляет Приложение № 1 к немецкому закону «Объекты, обязательные к проведению оценки» (UVP-Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung bergbaulicher Vorhaben). Выдержка из данного приложения приведена в табл. 2. В ней приводится перечень положений, которые должны быть отражены при составлении проекта горного предприятия, учитываемая один из двух критериев — площадь месторождения или производственную мощность установки. Все критерии касаются добычи основных полезных ископаемых. Здесь приводятся характеристики и параметры, при которых проведение оценки обязательно.

В качестве примера приведена цементная индустрия. Внимание в законе ей уделяется не столько в связи с ее значительным отрицательным воздействием на окружающую среду, сколько в связи с тем, что соответствующие организации Zementwerke e.V. (VDZ) и индустриальное объединение «Нерудные строительные материалы»

Таблица 1

Порядок прохождения оценки воздействия на окружающую среду

№	Действие (этап)	Кто выполняет	Кому предназначается
1	Сообщение о намерении разрабатывать месторождение	Предприниматель	Органы власти
2	Установление необходимости проведения оценки, сообщение о решении	Органы власти	Предприниматель
3	Разработка и представление предварительного плана проведения оценки	Предприниматель	Органы власти
4	Отправление плана проведения оценки и приглашения на обсуждение	Органы власти	Предприниматель, соответствующие отраслевые органы власти, организации по защите окружающей среды
5	Встреча и обсуждение плана проведения оценки (Scopingtermin)	Предприниматель, органы власти, организации по защите окружающей среды	
6	Утверждение окончательного плана проведения оценки и осведомление	Органы власти	Предприниматель
7	Предоставление необходимой документации для принятия решения о допуске	Предприниматель	Органы власти
8	Решение о целостности комплекта документов	Органы власти	Предприниматель
9	Участие соответствующих отраслевых органов власти	Органы власти	Соответствующие отраслевые органы власти, организации по защите окружающей среды
10	Встреча всех участников и обсуждение предоставленного комплекта документации	Предприниматель, органы власти, соответствующие отраслевые органы власти, организации по защите окружающей среды, общественность	
11	Просмотр документов и комментариев участников. Оценка общего воздействия на окружающую среду. Принятие решения о допустимости осуществления проекта	Органы власти	
12	Оповещение участников об окончательном решении допустимости или недопустимости осуществления проекта	Органы власти	Предприниматель, соответствующие отраслевые органы власти, организации по защите окружающей среды, общественность

(Industieverband Steine und Erden e.V.) по своей инициативе предлагают законодательные проекты, которые упрощают проведение ОВОС в их отрасли.

Представляет интерес постановление к немецкому закону «Об ОВОС в сфере горной промышленности» (UVP-Verordnung über die Umweltverträglichkeitsprüfung bergbaulicher Vorhaben (UVP-V-Bergbau)). Здесь в более подробной форме рассматривается горнодобывающая индустрия и особенности, которые требуют проведения специфической оценки воздействия на окружающую среду.

В соответствии с данным постановлением обязательную экспертизу должны проходить объекты:

- находящиеся в заповедных зонах;
- при функционировании которых происходит ликвидация или даже незначительное преобразование водоема или его побережья;
- при функционировании которых может произойти изменение водного режима с системой годового забора или искусственного пополнения подземных вод от 5 млн м<sup>3</sup>/год и более.

Важным фактором на пути к получению допуска является необходимость оповещения общественности. Оно заключается в том, что специалист по рекламе передает правительству соответствующей федеральной земли разъяснительное заключение об экологической

приемлемости (Umweltverträglichkeitsprüfung (UVE)). После чего принимаются меры, чтобы оно стало достоянием гласности и было опубликовано. В некоторых случаях заключение публикуется на сайте Федерального ведомства по охране окружающей среды.

Итоговое заключение всей информации должно быть изложено в форме, доступной для понимания людям без специальных знаний с целью их информирования о предстоящем мероприятии и его последствиях для окружающей среды. В частности, заключение служит для того, чтобы люди, которые живут в непосредственной близости от места, затрагиваемого внедрением проекта, могли бы получить необходимую информацию о том, учитываются ли их интересы при воплощении проекта. Точка зрения населения должна быть своевременно изучена, с тем чтобы ее можно было учесть.

Заключение должно содержать информацию:

- об общем воздействии на окружающую среду (по структуре восьми принципов, приведенных выше) в соответствии с ПДВ;
- о мероприятиях по предотвращению или сокращению негативных воздействий проекта на природу;
- о дорожно-транспортной ситуации и организации новой дорожной сети для подъезда к предприятию;
- о наличии особо охраняемых объектов вблизи, например заповедников.

**Положения, при которых экспертиза обязательна**

Продукция	Критерий	Значение критерия	Обязательность оценки
Нерудные строительные материалы, стекло, керамика и др.	Площадь горного отвода	25 га и более	Обязательна
		от 10 до 25 га	Проводится в отдельных случаях *
		Менее 10 га, если проводятся взрывные работы	Проводится в редких случаях**
Цемент	Производственная мощность установки	1000 т/день и более	Обязательна
		Менее 1000 т/ день	Проводится в отдельных случаях*

\* Решение принимают органы власти в зависимости от типа, величины и расположения возможных воздействий на окружающую природу от проекта.  
 \*\* Решение принимают органы власти на основании предоставленных документов в зависимости от местных условий, законов Европейского сообщества и Европейского союза.

По завершении строительства органами власти проводится контроль выполнения предписаний. Проекты, для которых была произведена ОВОС, предусматривают дополнительный контроль ситуации через 3–5 лет. [2].

Одним из важнейших пунктов заключения является описание природоохранных мероприятий. К ним относятся как мероприятия для предотвращения или сокращения отрицательных воздействий на природу во время разведки и разработки месторождения, так и мероприятия по рекультивации территории после завершения горнодобывающей деятельности. В проектах горнодобывающей индустрии особенно важны мероприятия по подготовке территории для дальнейшего использования, устройства озер, насаждения лесов и др.

Например, в Баварии выделяется около 600 га земли под песчано-гравийные карьеры ежегодно. Проектное решение по разработке песчано-гравийных карьеров и рекультивация территории после завершения работ зависит прежде всего от того, как данная территория будет использоваться в будущем. Здесь есть различные возможности: охрана природных ресурсов и реставрация ландшафта, оборудование мест для отдыха, рыбалки, организация лесного хозяйства, жилищного строительства и т. д. Охрана природы и окружающей среды имеет первостепенное значение в баварской индустрии нерудных строительных материалов. Большая часть территорий, на которых производилась добыча полезных ископаемых, предназначена для посадки лесов. В Баварии образуется огромное количество водоемов на месте бывших карьеров [4]. Следует отметить, что в Германии все места для купания и рыбалки являются платными, а для рыбалки, кроме того, необходимо получение специальной лицензии.

Интересно отметить, что информация о геологии всех федеральных земель страны находится в открытом доступе на сайте Государственной геологической службы Германии Die Staatlichen Geologischen Dienste (SGD). Данная служба собирает и обрабатывает информацию о свойствах и состоянии подстилающих горных пород. К основным материалам относятся геологические карты, специальные публикации и буровые журналы. Также на картах обозначено местоположение региональных земельных органов власти в области геологии [5].

В отличие от российского закона «Об экологической экспертизе» порядок оценки воздействия горных работ, перерабатывающего комплекса и хвостового хозяйства на окружающую среду в Германии детально и структурировано разработано. В России предприниматели несут административную и уголовную ответственность в случае нарушения законодательства, в немецком же законе нарушение инструкции карается денежным штрафом. Размер штрафа варьируется от 15 до 20 тыс. евро. И несмотря на то что штраф является более мягким наказанием, чем уголовная ответственность, в Германии дисциплина в области экологии существенно выше. В

России частенько не соблюдаются экологические законы даже под страхом уголовной ответственности. По нашему мнению, отечественная политика в области экологии должна быть не столько более жесткой, сколько более рациональной, понятной людям и обоснованной.

Одной из острых проблем для отечественных сырьевых карьеров являются недостатки Закона «Об экологической экспертизе». Необходимо дополнить закон приложением, в котором будут учтены отраслевые особенности разработки общих распространенных полезных ископаемых.

В РФ оценка воздействия на окружающую среду проводится по общему закону для всех отраслей промышленности, в результате чего приходится выполнять дополнительные работы. Например, для предприятия с низкой экологической опасностью должна проводиться оценка в таком же объеме, как и для предприятия с высокой экологической опасностью. В то время как в Германии утверждены характеристики, при которых необходима оценка воздействия на окружающую среду. Такие оценки различаются в зависимости от отрасли.

В немецкой системе участвует пять участников: предприниматель, органы власти, соответствующие отраслевые органы власти, организации по защите окружающей среды и общественность. В соответствии с российским законодательством в процессе принимают участие только три участника: предприниматель, органы власти и общественность. На практике в оценке проектов общественность участия, как правило, не принимает. Необходимо достигать более высокого уровня общественного сознания. Граждане страны на самом деле должны быть проинформированы о предстоящих проектах, которые планируется осуществить в их местности, и должны иметь возможность принимать участие в дискуссиях о получении разрешения на строительство.

**Ключевые слова:** оценка воздействия промышленных предприятий на окружающую среду, нерудное сырье, экологическая экспертиза, экологическое законодательство.

**Список литературы**

1. Heinz-Joachim Peters, Stefan Balla. UVPG – Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung: Handkommentar. Т. 3. Nomos Verlagsges.MBH + Co, 2006. 533 s.
2. Erich Gassner, Gesetz über die Umweltverträglichkeitsprüfung: Kommentar. Hühig Jehle Rehm, 2006. 484 s.
3. Susanna Eberhartinger-Tafill, Astrid Merl. Leitfaden UVP für Bergbauvorhaben. Umweltverträglichkeitserklärung. Einzelfallprüfung. Aktualisierte Fassung 2011. BMLFUW, 2011. 88 s.
4. Интернет-источник: [http://www.sand-kies-bayern.de/content.php?abt\\_ID=1&site\\_ID=395](http://www.sand-kies-bayern.de/content.php?abt_ID=1&site_ID=395).
5. Интернет-источник: [http://www.infogeo.de/home/index\\_html](http://www.infogeo.de/home/index_html).

А.С. ЧИРКОВ, д-р техн. наук,  
Московский государственный горный университет (МГГУ)

## Расчет выхода продуктов дробления при эксплуатации щековых и роторных дробилок

Под дроблением понимается процесс уменьшения размеров кусков (зерен) горных пород путем разрушения их действием внешних сил, преодолевающих внутренние силы сцепления, связывающие между собой частицы твердого вещества. Это же понятие относится и к измельчению горных пород, поскольку условно считается, что при дроблении получают продукты крупнее 5 мм, а при измельчении – мельче 5 мм.

Дробление и измельчение на обогатительных фабриках являются подготовительными операциями перед обогащением, а на дробильно-сортировочных фабриках (заводах) при производстве щебня из строительных горных пород это основная операция.

Существующая методика расчета технологических схем дробильно-сортировочных фабрик (ДСФ) [1] основана на выполнении условий материального баланса каждой операции производства дробленого продукта с учетом суммарной эффективности всех технологических операций. В методике не используются граничные крупности разделения для операций грохочения с дополнительным определением коэффициента, учитывающего характеристику крупности продукта, который поступает на грохочение, и фракционную эффективность последней операции. Данная методика исключает возможность определения количественного выхода продуктов дробления по крупности после операций дробления в щековых и роторных дробилках.

В предлагаемой методике расчета выхода продуктов дробления при эксплуатации щековых и роторных дробилок исходными данными являются гранулометрический состав исходного материала, поступающего из карьера на фабрику, и типовые характеристики продуктов дробления по группам пород для различных типоразмеров дробилок, определяемые экспериментально или по результатам технологических исследований сырья [2].

Рассмотрим расчет технологической схемы ДСФ, графическая интерпретация которой представлена на рис. 1. Согласно этой схеме на первой стадии дробления установлена щековая дробилка со сложным движением щеки ЩДС, на второй стадии – роторная дробилка среднего дробления ДРС, работающая в замкнутом цикле.

Исходная горная порода (известняк), поступающая из карьера на фабрику (данные по Восточно-Пятовскому карьеру, Калужская обл.), имеет гранулометрический состав, приведенный в табл. 1.

В соответствии с технологической схемой исходный материал  $Q_{исх}$ , поступающий из карьера, представляется как совокупность шести отдельных потоков, объемы которых по классам крупности равны:

$$\begin{aligned} Q_1 &= \gamma_1 \cdot Q_{исх} = 0,149 Q_{исх}; & Q_4 &= \gamma_4 \cdot Q_{исх} = 0,149 Q_{исх}; \\ Q_2 &= \gamma_2 \cdot Q_{исх} = 0,149 Q_{исх}; & Q_5 &= \gamma_5 \cdot Q_{исх} = 0,149 Q_{исх}; \\ Q_3 &= \gamma_3 \cdot Q_{исх} = 0,149 Q_{исх}; & Q_6 &= \gamma_6 \cdot Q_{исх} = 0,149 Q_{исх}; \end{aligned}$$

где  $\gamma$  – содержание фракций в исходной горной породе (табл. 1), доли единицы.

При разработке месторождений неоднородных карбонатных пород фракции 0–40 мм отделяются перед первичным дроблением как отходы.

На первую стадию дробления поступает материал +100 мм (до 500), на вторую +40 мм; готовой продукцией является щебень трех классов крупности: 5–10 мм; 10–20 мм; 20–40 мм и отходы дробления 0–5 мм.

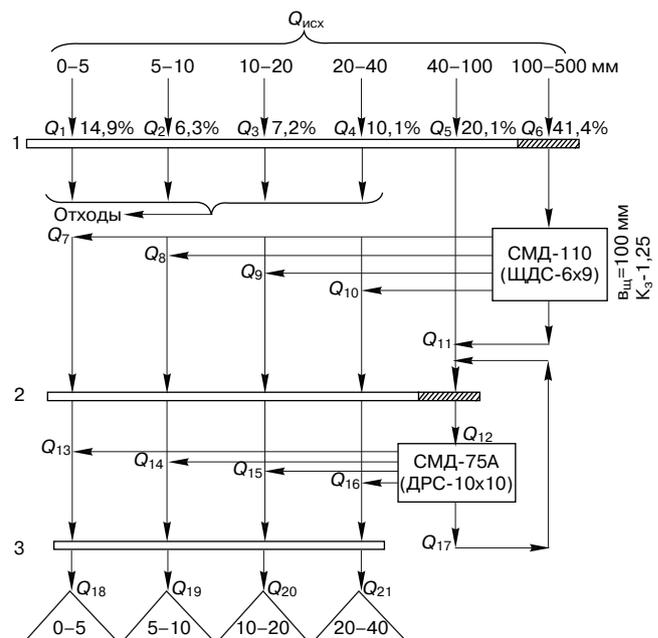


Рис. 1. Графическая интерпретация расчета технологической схемы дробильно-сортировочной фабрики: 1, 2, 3 – стадии грохочения

Распределение потоков материала по крупности

Таблица 1

Размер фракции, мм	0–5	5–10	10–20	20–40	40–100	100 и более (до 500)
Содержание фракции, %	14,9	6,3	7,2	10,1	20,1	41,4
Обозначение потока	$Q_1$	$Q_2$	$Q_3$	$Q_4$	$Q_5$	$Q_6$

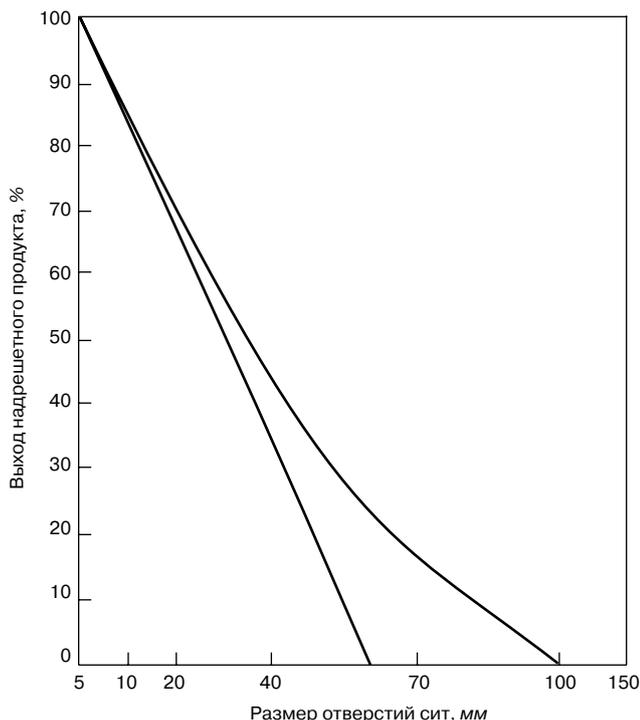


Рис. 2. Гранулометрический состав продукта дробления роторной дробилки СМ-624С

Надрешетный материал крупностью +100 мм с неподвижного колосникового грохота (операция грохочения 1 на рис. 1) поступает в щековую дробилку первой стадии дробления.

Результат первичного дробления можно представить как сумму потоков дробленого материала  $Q_7-Q_{11}$ , численное значение каждого из которых определяется величиной потока  $Q_6$  и соответствующей типовой характеристикой крупности продуктов дробления в щековых дробилках со сложным качанием щеки, для которых коэффициент закругления  $K_3=1,25$  [2, 4].

Приняв размер выпускной щели дробилки на первой стадии дробления  $b_{щ}=100$  мм, определим численные значения потоков  $Q_7-Q_{11}$ , которые равны:

– фракция 0–5 мм:

$$Q_7 = Q_6 \cdot \frac{d_5 - d_0}{b_{щ} \cdot K_3} = 0,414 Q_{исх} \cdot \frac{5 - 0}{100 \cdot 1,25} = 0,017 \cdot Q_{исх};$$

– фракция 5–10 мм:

$$Q_8 = 0,414 Q_{исх} \cdot \frac{10 - 5}{100 \cdot 1,25} = 0,017 Q_{исх};$$

– фракция 10–20 мм:

$$Q_9 = 0,414 Q_{исх} \cdot \frac{20 - 10}{100 \cdot 1,25} = 0,033 Q_{исх};$$

– фракция 20–40 мм:

$$Q_{10} = 0,414 Q_{исх} \cdot \frac{40 - 20}{100 \cdot 1,25} = 0,066 Q_{исх};$$

– фракция 40–100 мм:

$$Q_{11} = 0,414 Q_{исх} - (Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10}) = 0,414 Q_{исх} - (0,017 + 0,017 + 0,033 + 0,066) Q_{исх} = 0,281 Q_{исх},$$

где  $d$  – размер фракций, получаемых после операции первичного дробления в щековой дробилке;  $b_{щ}$  – размер выпускной щели щековой дробилки, мм;  $K_3$  – ко-

эффициент закругления, равный для щековой дробилки с простым и сложным качанием щеки соответственно 1,6 и 1,25.

После первичного дробления и операции грохочения 2 надрешетный продукт +40 мм поступает в роторную дробилку среднего дробления, создавая поток материала  $Q_{12}$  плюс циркуляционная нагрузка  $Q_{17}$ .

Исследованиями д-ра техн. наук Р.А. Родина [3] установлен гранулометрический состав продукта дробления роторной дробилки СМ-624С (рис. 2). Если проведем прямую, касательную к кривой на рис. 2, то эта прямая отсекает на оси ординат отрезок  $b=1$  (или 100%), а на оси абсцисс – отрезок  $a=60$ .

Уравнение прямой в отрезках выражается как

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1 \text{ или } \frac{x}{60} + \frac{y}{1} = 1, \text{ откуда } y = 1 - \frac{x}{60}.$$

Если на оси абсцисс примем значение  $x_1=5$  мм, то  $y = 1 - \frac{5}{60}$ ; если  $x_2=20$  мм, то  $y_2 = 1 - \frac{20}{60}$ .

Для определения содержания фракции 5–20 мм необходимо найти разность  $(y_1 - y_2)$ , которая равна:

$$\Delta y = (y_1 - y_2) = 1 - \frac{5}{60} - 1 + \frac{20}{60} = \frac{20 - 5}{60}.$$

Следовательно, выход фракции 5–20 мм после дробления породы в роторной дробилке можно определить как:

$$\gamma_{5-20} = \frac{20 - 5}{60} = 0,25.$$

Согласно рис. 2 и уравнению прямой  $y = 1 - \frac{x}{60}$  определим относительное содержание фракций потоков материала  $Q_{13}-Q_{16}$ :

$$\gamma_{13} = \frac{5 - 0}{60} = 0,083; \quad \gamma_{14} = \frac{10 - 5}{60} = 0,083;$$

$$\gamma_{15} = \frac{20 - 10}{60} = 0,17; \quad \gamma_{16} = \frac{40 - 20}{60} = 0,33.$$

На роторную дробилку среднего дробления, работающую в замкнутом цикле, поступает поток материала:

$$Q_{12} + Q_{17} = Q_5 + Q_{11} + Q_{17} = 0,201 Q_{исх} + 0,281 Q_{исх} + Q_{17} = 0,482 Q_{исх} + Q_{17}.$$

После второй стадии дробления имеем:

$$Q_{12} + Q_{17} = Q_{13} + Q_{14} + Q_{15} + Q_{16} + Q_{17};$$

$$0,482 Q_{исх} + Q_{17} = \gamma_{13}(0,482 Q_{исх} + Q_{17}) + \gamma_{14}(0,482 Q_{исх} + Q_{17}) + \gamma_{15}(0,482 Q_{исх} + Q_{17}) + \gamma_{16}(0,482 Q_{исх} + Q_{17}) + Q_{17};$$

$$0,482 Q_{исх} = 0,083(0,482 Q_{исх} + Q_{17}) + 0,083(0,482 Q_{исх} + Q_{17}) + 0,17(0,482 Q_{исх} + Q_{17}) + 0,33(0,482 Q_{исх} + Q_{17}),$$

откуда  $Q_{17} = 0,243 Q_{исх}$ .

Следовательно, на роторную дробилку, работающую в замкнутом цикле, поступает поток материала  $Q_{12} = Q_5 + Q_{11} + Q_{17} = 0,201 Q_{исх} + 0,281 Q_{исх} + 0,243 Q_{исх} = 0,725 Q_{исх}$ . Поэтому после второй стадии дробления можно определить выходы продуктов  $Q_{13}-Q_{17}$ , которые равны:

– фракция 0–5 мм:

$$Q_{13} = \gamma_{13} \cdot Q_{12} = 0,083 \cdot 0,725 Q_{исх} = 0,06 Q_{исх};$$

– фракция 5–10 мм:

$$Q_{14} = \gamma_{14} \cdot Q_{12} = 0,083 \cdot 0,725 Q_{исх} = 0,06 Q_{исх};$$

– фракция 10–20 мм:

$$Q_{15} = \gamma_{15} \cdot Q_{12} = 0,17 \cdot 0,725 Q_{исх} = 0,123 Q_{исх};$$

– фракция 20–40 мм:

$$Q_{16} = \gamma_{16} \cdot Q_{12} = 0,33 \cdot 0,725 Q_{исх} = 0,239 Q_{исх};$$

$$Q_{17} = 0,243 Q_{исх}.$$

Таким образом, в результате расчета технологической схемы дробильно-сортировочной фабрики имеем:

– отходы (слабые разности известняков, прослойки глинистых пород, породы карстов):

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = (0,149 + 0,063 + 0,072 + 0,101) Q_{исх} = 0,385 Q_{исх};$$

– отсев дробления фракции 0–5 мм:

$$Q_{18} = Q_7 + Q_{13} = 0,017 Q_{исх} + 0,06 Q_{исх} = 0,077 Q_{исх};$$

– щебень фракции 5–10 мм:

$$Q_{19} = Q_8 + Q_{14} = 0,017 Q_{исх} + 0,06 Q_{исх} = 0,077 Q_{исх};$$

– щебень фракции 10–20 мм:

$$Q_{20} = Q_9 + Q_{15} = 0,033 Q_{исх} + 0,123 Q_{исх} = 0,156 Q_{исх};$$

– щебень фракции 20–40 мм:

$$Q_{21} = Q_{10} + Q_{16} = 0,066 Q_{исх} + 0,239 Q_{исх} = 0,305 Q_{исх};$$

$$\Sigma = 1,000 Q_{исх}.$$

Допустим, что на фабрику поступает горная порода (известняк) в объеме 1 млн м<sup>3</sup> гранулометрического состава, представленного в табл. 1; в результате переработки известняка на щебень получим: отходы – 385 тыс. м<sup>3</sup>; отсев фракции 0–5 мм – 77 тыс. м<sup>3</sup>; щебень фракции 5–10 мм – 77 тыс. м<sup>3</sup>; щебень фракции 10–20 мм – 156 тыс. м<sup>3</sup>; щебень фракции 20–40 мм – 305 тыс. м<sup>3</sup>.

Предлагаемая методика дает возможность определить не только количественный выход продуктов дробления, но и установить нагрузку на дробилки и грохота как исходным, так и дробленным материалом.

Методика прошла проверку на дробильно-сортировочной установке Восточно-Пятовского карьера.

**Ключевые слова:** технологическая схема, дробильно-сортировочная фабрика, щебень, гранулометрический состав.

#### Список литературы

1. Нормы технологического проектирования предприятий промышленности нерудных строительных материалов. Л.: Стройиздат, 1977. С. 297–309.
2. Чирков А.С. Расчет выхода продуктов дробления при эксплуатации щековых и конусных дробилок // Горный журнал. 1994. № 3. С. 39–41.
3. Аверченков А.П. и др. Добыча и переработка камня на щебень. М.: Издательство литературы по строительству, 1964. С. 172–179.
4. Чирков А.С. Добыча и переработка строительных горных пород. М.: МГГУ, 2009. С. 393–402.

## ИНФОРМАЦИЯ

# Первый в мире карьер, использующий солнечные батареи

Компания «БоДин» (США) первой в мире обеспечила себя электроэнергией за счет использования солнечных батарей. Комплект солнечных панелей установлен на карьере «Марк Вест», разрабатывающем нагорное месторождение в Калифорнии. Они обеспечивают электроэнергией ДЭС и отделение промывки.

Компания, основанная в 1989 г. супругами Сойленд, включающая два карьера и асфальтовый завод, на которых занято 38 работников, гордится достижениями в культуре производства, участием в «зеленых» программах. Компания занимается также переработкой строительного лома. В 2006 г. было потрачено более 3 млн дол. на создание системы оборотного водоснабжения, благодаря которой отпала необходимость в пруде-отстойнике, а 99% воды возвращается в производство.

На установку солнечных панелей стоимостью более 3,7 млн дол. владельцы получили грант в размере 1 млн дол., целевые налоговые льготы в размере 30%, а также скидку на оплату коммунальных услуг на 5 лет. Благодаря этому собственные единовременные затраты снизились до 2 млн дол. По расчету, эта сумма будет погашена через 10 лет, после чего компания станет получать доход, равный ежемесячным платежам за коммунальные услуги.

Комплекс из 3444 панелей вырабатывает 1,12 млн кВт·ч электроэнергии в год. Панели установлены на 144 подставках. При строительстве, продолжавшемся 10 месяцев, решили две проблемы: укрепление конструкции на наклон-



ном борту карьера и очистка панелей от пыли, сопутствующей горным работам. Первая проблема была решена за счет использования якорей спиральной формы длиной 1,5 м, которые должны сохранить систему при скорости ветра до 27 м/с. Вторая потребовала создания автоматизированной системы управления. Система обеспечивает очистку поверхности панелей ежедневным ополаскиванием водой и еженедельным мытьем. Система очистки выключается в период дождей и при скорости ветра более 1,3 м/с. Эта же система передает с интервалом в 15 мин сведения о генерации энергии, скорости ветра, температуре панели и величине солнечной радиации.

По материалам Pit & Quarry, February 2012, P. 28–36.

Д.В. ОРЕШКИН, д-р техн. наук, В.С. СЕМЕНОВ, канд. техн. наук, П.В. КАПЦОВ, инженер, Московский государственный строительный университет

## Свойства кладочных растворов на основе экструдированных растворяемых смесей

С целью повышения теплотехнической однородности стен из штучных материалов кладочный раствор должен иметь среднюю плотность сопоставимую с плотностью материала стен. Ранее было доказано, что повысить теплотехническую эффективность кладочных растворов можно путем введения в их состав полых стеклянных микросфер (ПСМС) [1, 2]. Установлено, что для таких кладочных растворов требуется снижение количества воды затворения при сохранении той же подвижности [1]. Этого можно добиться путем экструдирования раствора [3, 4], а не традиционного смешивания. Экструдер может быть одно или двухшнековым, одно или двухкамерным с разноразмерными решетками мундштуков. За счет давления при прохождении раствора через отверстия мундштука, отжимается часть воды и происходит максимальное сближение цементного теста с поверхностью ПСМС, вытесняется адсорбированный воздух, улучшается смачивание частиц, ускоряется гидратация. Раствор приобретает повышенную пластичность, однородность и подвижность.

В работе были исследованы кладочные растворы с ПСМС с суперпластификатором С-3, имеющие погружение конуса 8-10 см. Были определены свойства неэкструдированного и экструдированного кладочного раствора и камня, проведены микроструктурный, рентгенофазовый и химический анализы. Результаты исследований приводятся в табл. 1-4, рис. 1, 2. Результаты исследований показывают, что облегченные кладочные растворы удовлетворяют требованиям ГОСТ.

После экструдирования были определены свойства облегченного кладочного раствора по показателям: расхода воды; средней плотности и прочности при изгибе и сжатии. Анализ результатов позволил заключить, что расход воды затворения снижается на 10-15%, при этом прочность при сжатии и изгибе также возрастает на 10-15%.

Известно, что при модификации цементных материалов при одинаковой подвижности исходных смесей происходит уплотнение структуры. Для подтверждения процесса уплотнения структуры цементного камня с ПСМС была определена его пористость. Введение С-3 в цементный раствор с микросферами улучшает структу-

ру материала, делает ее более однородной, с более мелкой пористостью. Это подтверждают также и микроструктурные исследования. Наличие большого количества гелевой пористости от объема пор цементной матрицы является хорошей предпосылкой для разработки цементных материалов, работающих в условиях знакопеременной температуры.

Введение ПСМС создает равномерно распределенную в цементной матрице ячеистую структуру, где ПСМС окаймляют поры, являются центрами кристаллизации, оказывают пуццоланический, структурирующий эффекты [1]. Для расхода ПСМС 50% общая пористость составит 78,3 и 83,1% с СП и без СП соответственно. Была определена общая пористость кладочного раствора с ПСМС после экструдирования. Результаты представлены в табл. 3. Для расхода ПСМС 50% общая пористость составила 83,2; 85,4% с СП и без СП соответственно. При сравнении пористости камня с ПСМС на основе экструдированного и обычного раствора было установлено, что пористость цементной матрицы у первого существенно ниже. Это связано с уменьшением расхода воды затворения. Однако общая пористость системы увеличивается за счет увеличения объема микросфер в растворе, где ПСМС занимают место воды.

Структура кладочного раствора с ПСМС была исследована с помощью микроструктурного, рентгенофазового и химического анализов. На рис. 1 приводится микроструктура цементного камня из экструдированного кладочного раствора без добавок с хорошо распределенными по объему ПСМС и цементной матрицей из гидросиликатов кальция. Контактная зона цементный камень-микросфера состоит из хорошо закристаллизованного портландита -  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в виде пирамид и гидросиликатов кальция. Гидросиликаты кальция представлены в виде аморфизированного сростка контактной зоны с иглообразными новообразованиями.

На рис. 2, б точкой 1 отмечена стенка микросферы, точками 2, 3 обозначены контактные зоны на поверхности ПСМС, которые представлены низкоосновными гидросиликатами кальция плотной структуры. В состав контактной зоны входят алюминаты и ферриты, обнаружен натрий, ионы которого перешли из стенки ми-

Таблица 1

Свойства экструдированного раствора с ПСМС

Состав, мас. %	В/Ц	Средняя плотность раствора, г/см <sup>3</sup>	Прочность, МПа	
			при изгибе	при сжатии
10 ПСМС+С-3	0,38	1,452	6,9	20,4
30 ПСМС+ С-3	0,62	0,776	3,6	8,7
50 ПСМС+ С-3	1,18	0,652	1,85	4,54

Таблица 2

Коэффициент паропроницаемости экструдированного раствора с ПСМС

Состав, мас. %	Средняя плотность камня, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент паропроницаемости $\mu$ , мг/м.ч.Па	Сопrotивление паропроницанию $R_{\mu}$ , м <sup>2</sup> .ч.Па/мг
10 ПСМС+С-3	1100	0,007	1,265
30 ПСМС+ С-3	540	0,028	0,218
50 ПСМС+ С-3	403	0,047	0,15

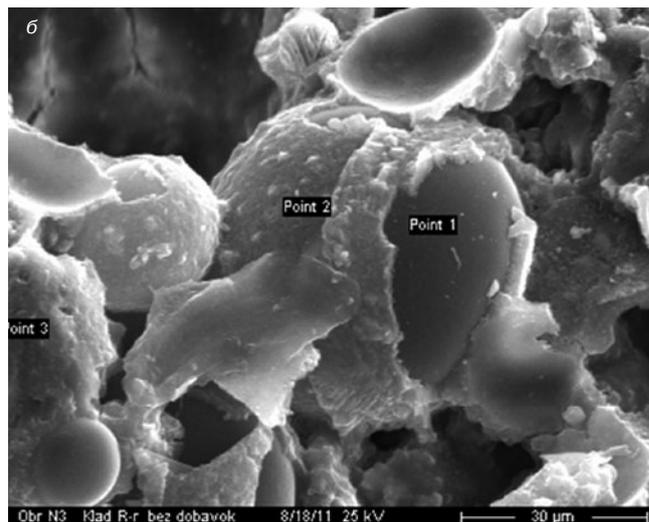
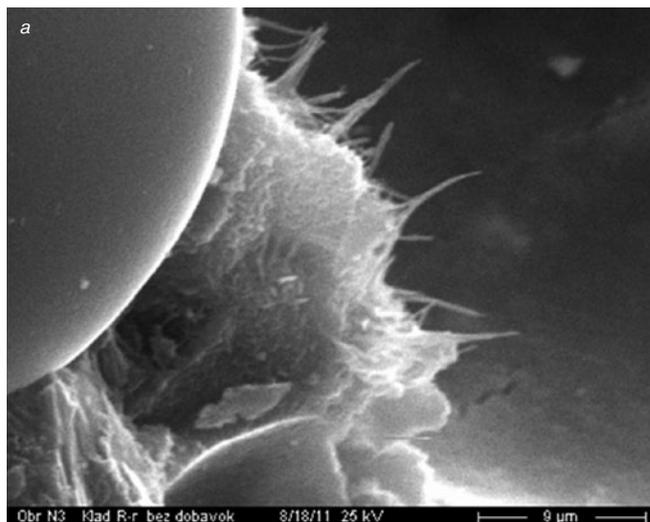


Рис. 1. Микроструктура цементного камня с ПСМС из экструдированного раствора

кросферы. В контактных зонах соотношение ионов кальция и кремнезема варьируется от 1,46 : 1 до 2,7 : 1. Участок 2 имеет более плотную структуру, чем участок 3. Размеры игольчатых кристаллов (рис. 1, а) составляют от 1–1,5 до 3–5 мкм. Состав иголок представлен примерно такими же гидросиликатами по основности как и в точках 2 и 3 (рис. 1). Химический анализ участков 1, 2, 3 (рис. 1, б) приводится в табл. 4.

Был произведен рентгенофазовый анализ образцов. Идентификация рентгенограмм проводилась по фундаментальному труду [5]. Степень гидратации оценивалась на основании общепринятой методики по пику алита с  $d = 1,76 \cdot 10^{-10}$  м. В контактной зоне растворов из экструдированных смесей наблюдается повышенное присутствие в цементном камне портландита, этtringита, моносульфата кальция, гидроалюминатов, пониженное содержание алита и др. Установлено, что ПСМС состоят из натрийборосиликатов с  $d=(3,52; 3,22; 4,04) \cdot 10^{-10}$  м, бороалюминатов с  $d=(2,81; 4,29; 3,80) \cdot 10^{-10}$  м, а также  $Na_2Al_2B_2O_7$  с  $d=(7,15; 4,10; 3,19) \cdot 10^{-10}$  м. После водозатворения в цементной системе образуются: портландит, данбурит –  $CaO \cdot B_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ; CSH-I; CSH-II; этtringит;  $3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$ ;  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ ;  $3CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot 6H_2O$ ;  $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ;  $CaO \cdot B_2O_3 \cdot SiO_2$  и др. соединения. Степень гидратации составляет 70%. Степень кристаллизации 35–40%.

После затворения портландцемента с ПСМС водой происходит смачивание частиц, образуются в основном те же продукты гидратации, что и в цементной системе без микросфер. Экструдирование усиливает этот процесс. Формируются новообразования в результате взаимодействия диссоциированных ионов и твердофазных реакций минералов клинкера и активных микросфер с

водой. Вновь образованные поверхности требуют смачивания, коллоидная смесь постепенно загустевает, а затем схватывается и твердеет в течение времени. Микроструктурный и рентгенофазовый анализы подтверждают образование традиционных и присущих только цементным системам с ПСМС фаз (рис. 1, 2). После экструдирования смеси облегченные кладочные растворы имеют более совершенную структуру, и соответственно, более высокую прочность при изгибе и сжатии в возрасте 28 суток. Это объясняется повышенной активностью микросфер. Анализ рентгенограмм позволил определить, что степень гидратации раствора из традиционно приготовленной смеси существенно ниже, чем у образца из экструдированной смеси, и составляет 62%, степень кристаллизации около 35%.

На основании исследований было обосновано и подтверждено повышение свойств облегченных растворов за счет усиления адгезионного взаимодействия цементирующей связки с поверхностью микросфер при экструдировании исходной смеси через отверстия мундштука. Это обеспечивает удаление газовой фазы и примесей с поверхности зерен цемента и микросфер, обнажение их активных центров, гидрофилизацию и смачивание, а также ускоряет образование гидратных соединений, прочных химических контактов между цементирующей связкой и поверхностью ПСМС. В растворах из экструдированных смесей нет расслоения.

Были проведены натурные испытания фрагмента стены из пенокерамогранитных блоков с маркой по

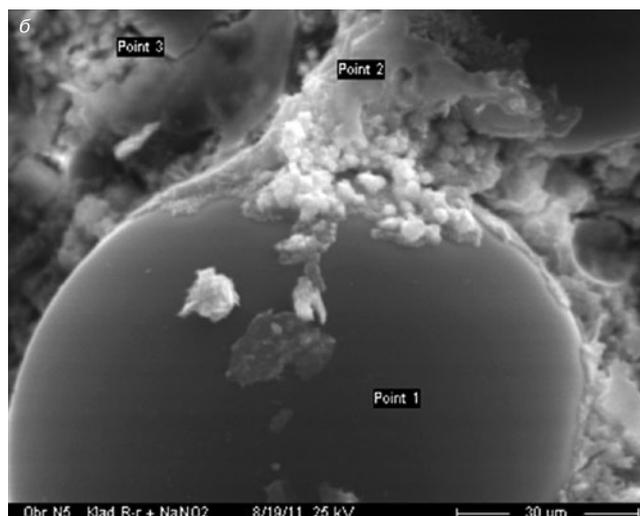
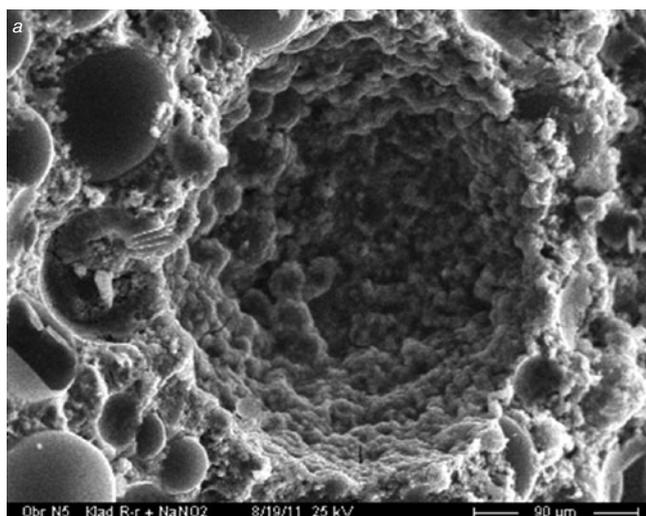
Таблица 4  
Химический анализ участков по рис. 1, б

Оксид	Содержание оксида, %		
	Точка 1	Точка 2	Точка 3
CaO	45,65	54,24	69,3
SiO <sub>2</sub>	42,58	37,01	25,79
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,42	1,09	3,58
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,59	0,82	3,49
MgO	0,33	–	0,38
SO	2,22	1,06	2,83
K <sub>2</sub> O	0,75	1	0,69
Na <sub>2</sub> O	2,06	2,22	0,29
B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,4	2,56	0,62

Таблица 3

Общая пористость камня с ПСМС из экструдированного раствора

Состав, мас. %: 100ПЦ +	Пористость цементного камня, %:		
	матрицы	ПСМС	общая
10 ПСМС	21	22	43
30 ПСМС	32	32	64
50 ПСМС	47	38,4	85,4
10 ПСМС+С-3	9	26,8	35,8
30 ПСМС+ С-3	26	37	63
50 ПСМС+ С-3	40,2	43	83,2



**Рис. 2.** Микрофотографии раствора с ПСМС.

средней плотности D400 на экструдированном растворе с суперпластификатором С-3 на основе ПСМС. Средняя плотность свежеприготовленного раствора была 682 кг/м<sup>3</sup>; высушенного камня – 401 кг/м<sup>3</sup>; прочность при сжатии – 4,54 МПа; прочность при изгибе – 1,85 МПа в возрасте 28 суток; сопротивление паропроницанию – 0,15 м<sup>2</sup>·ч·Па/мг; теплопроводность в сухом состоянии 0,082 Вт/(м·°С), погружение стандартного конуса 8–10 см, водоудерживающая способность 95%.

Научные исследования проводились в рамках государственного контракта ГК № 16.552.11.7025 от 29.04.2011 г.

**Ключевые слова:** цементный кладочный раствор с пыльными стеклянными микросферами, метод экструдирования, рентгенофазовый, химический, микроструктурный анализы.

**Список литературы**

1. *Орешкин Д.В.* Облегченные и сверхлегкие цементные растворы для строительства // Строительные материалы. 2010. № 6. С. 34–37.
2. *Орешкин Д.В., Капцов П.В.* Научно-технические предпосылки получения экструдированных облегченных цементных систем // Вестник МГСУ. 2012. № 3. С. 115–119.
3. *Сахаров Г.П., Чан Минь Дык.* Повышение свойств мелкозернистого бетона экструдированием исходных смесей // Бетон и железобетон. 2009. № 1. С. 6–8.
4. *Сахаров Г.П.* Экструдированный мелкозернистый бетон с повышенными качественными показателями // Бетон и железобетон. 2010. № 4. С. 2–7.
5. Рентгенометрический определитель PDF (Powder Diffraction File, inorganic phases). – International center for diffraction data. – USA: JCPDS, 2008.



**Ю.З. Балакшин, В.А. Терехов**  
**Технология производства стеновых цементно-песчаных изделий**  
 Справочное пособие для производственного обучения  
 М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2012. 276 с.

Авторы многие годы отдали работе в промышленности строительных материалов и накопили значительный объем знаний и технических документов производстве стеновых материалов не только из опыта работы промышленности в СССР и России, но и многих предприятий Европы, Америки и Азии, в том числе и по производству широкой номенклатуры цементно-песчаных изделий методом вибропрессования.

В книге описано производство и применение стеновых материалов методом вибропрессования из цементно-песчаных бетонов. Рассмотрена существующая и перспективная номенклатура изделий и их свойства. Описаны сырьевые материалы для производства цементно-песчаных изделий: песок, щебень, вяжущие и химические добавки. Сформулированы специфические требования к сырьевым материалам, а также рекомендации по подбору состава бетонной смеси. Подробно представлена технология производства цементно-песчаных вибропрессованных стеновых изделий. Особое внимание уделено технологическому контролю на производстве и техническому контролю и обслуживанию оборудования.

Книга предназначена для организации производственнотехнического обучения на предприятии, будет полезна инженерно-техническому персоналу и широкому кругу специалистов.

По вопросам приобретения книги обращаться по тел./ факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: mail@rifsm.ru



**В.И. Корнеев, П.В. Зозуля**  
**СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ СОСТАВ, СВОЙСТВА**  
 М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2010. – 320 с.

Изложены основы современных представлений о сухих строительных смесях и растворах.

Приведены основные определения и классификации сухих смесей. Охарактеризованы составляющие: вяжущие, заполнители, наполнители, функциональные добавки. Показана методика проектирования составов. Описаны основные группы ССС, их состав и свойства. В приложении даны основные применяемые термины и определения, наиболее употребляемые единицы измерения, перечень российских и зарубежных стандартов и др.

Допущено учебно-методическим объединением в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

**Стоимость одного экземпляра 900 р. без учета доставки**

По вопросам приобретения книги обращаться по тел./факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: mail@rifsm.ru

И.И. ОВЧИННИКОВ, канд. техн. наук,  
Саратовский государственный технический университет;  
В.Н. МИГУНОВ, канд. техн. наук,  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

## Долговечность железобетонной балки в условиях хлоридной агрессии

Хлоридсодержащие среды являются часто встречающейся агрессивной средой, в которой эксплуатируются железобетонные конструкции. В эту категорию попадают практически все конструкции объектов Сочинской олимпиады. Поэтому представляет интерес не только экспериментальное [1], но и теоретическое моделирование поведения железобетонных конструкций при совместном действии нагрузки и хлоридсодержащей среды. В [2] рассмотрено поведение железобетонной трубы при действии карбонизации и хлоридной агрессии, но при этом использовались упрощенные фронтальные модели проникания агрессивных сред в конструкцию. В данной работе используется более корректная диффузионная модель проникания агрессивной хлоридсодержащей среды в конструкцию, позволяющая проанализировать влияние арматуры на распределение концентрационных полей, чего нельзя было сделать при использовании упрощенных моделей проникания.

Рассмотрим расчет железобетонной балки прямоугольного поперечного сечения, нагруженной изгибающим моментом и подвергающейся воздействию агрессивной хлоридсодержащей среды. Геометрические характеристики балки: высота  $h=0,25$  м; ширина  $b=0,15$  м; толщина защитного слоя (поверху и понизу)  $a_s=0,03$  м; диаметр арматурных стержней (верхних и нижних)  $d=0,010$  м.

При моделировании применялась диффузионная модель проникания хлоридов в объем балки:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \text{div}(D \text{grad} C) - g(C), \quad (1)$$

где  $D=1,162 \cdot 10^{-12}$  м<sup>2</sup>/с – эффективный коэффициент диффузии хлоридов в бетоне, идентифицированный по экспериментальным данным по прониканию хлоридов из 1% раствора соляной кислоты в тяжелый бетон с  $V/C=0,4$ ;  $C$  – концентрация хлоридсодержащей среды в точке сечения балки;  $t$  – время;  $g(C)$  – функция связывания.

Ввиду того что коэффициент диффузии хлоридов в металле намного меньше, чем в бетоне, при расчете предполагалось, что арматура непроницаема для хлоридов. Принималось, что в начальный момент времени хлориды в материале балки отсутствуют, а характер воздействия хлоридсодержащей среды соответствует граничному условию первого рода с концентрацией ионов хлора на поверхности конструктивного элемента  $10 \text{ кг/м}^3$  ( $\approx 0,42\%$  по массе бетона), что соответствует средним значениям поверхностной концентрации хлоридов на берегу моря.

Деформирование бетона описывается нелинейной зависимостью:

$$\sigma = \varphi(\varepsilon) \cdot \eta(C), \quad (2)$$

где  $\sigma$  – напряжение;  $\varepsilon$  – деформация;  $\varphi(\varepsilon)$  – модель деформирования непораженного бетона, принятая в виде:

$$\varphi(\varepsilon) = \begin{cases} A_p \varepsilon - B_p \varepsilon^3, & \sigma > 0 \\ A_c \varepsilon - B_c \varepsilon^3, & \sigma < 0 \end{cases} \quad (3)$$

с параметрами при сжатии:  $A_c=4,181 \cdot 10^4$  МПа,  $B_c=3,484 \cdot 10^9$  МПа; при растяжении:  $A_p=8,1 \cdot 10^3$  МПа,  $B_p=1,08 \cdot 10^{10}$  МПа, соответствующими диаграмме деформирования тяжелого бетона, и функцией  $\eta(C)=1-a \cdot C^b$  ( $a=0,11$ ;  $b=0,447$ ), отражающей степень деградации механических свойств бетона при насыщении его хлоридами. Деформирование арматуры моделируется зависимостью  $\sigma=\alpha \varepsilon^\beta$  с параметрами ( $\alpha=890$  МПа;  $\beta=0,127$ ), соответствующими деформированию арматуры класса АIII. Коррозионное поражение армирующих элементов моделируется диффузионной моделью коррозионного разрыхления материала:

$$\partial \psi / \partial t = \text{div}(B \text{grad} \psi)$$

с коэффициентом коррозионной податливости материала  $B=4,601 \cdot 10^{-15}$  м<sup>2</sup>/с, идентифицированным по экспериментальным данным по кинетике коррозионных по-

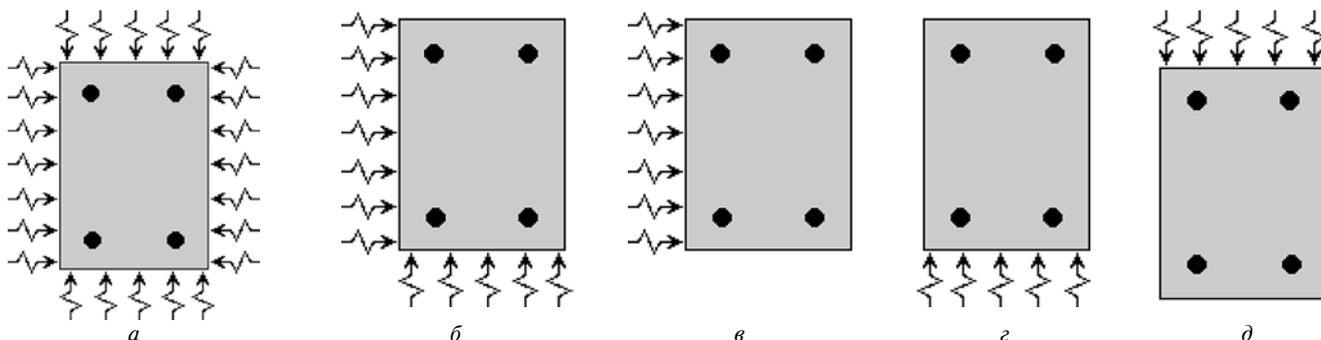


Рис. 1. Схемы воздействия агрессивной среды на конструктивный элемент

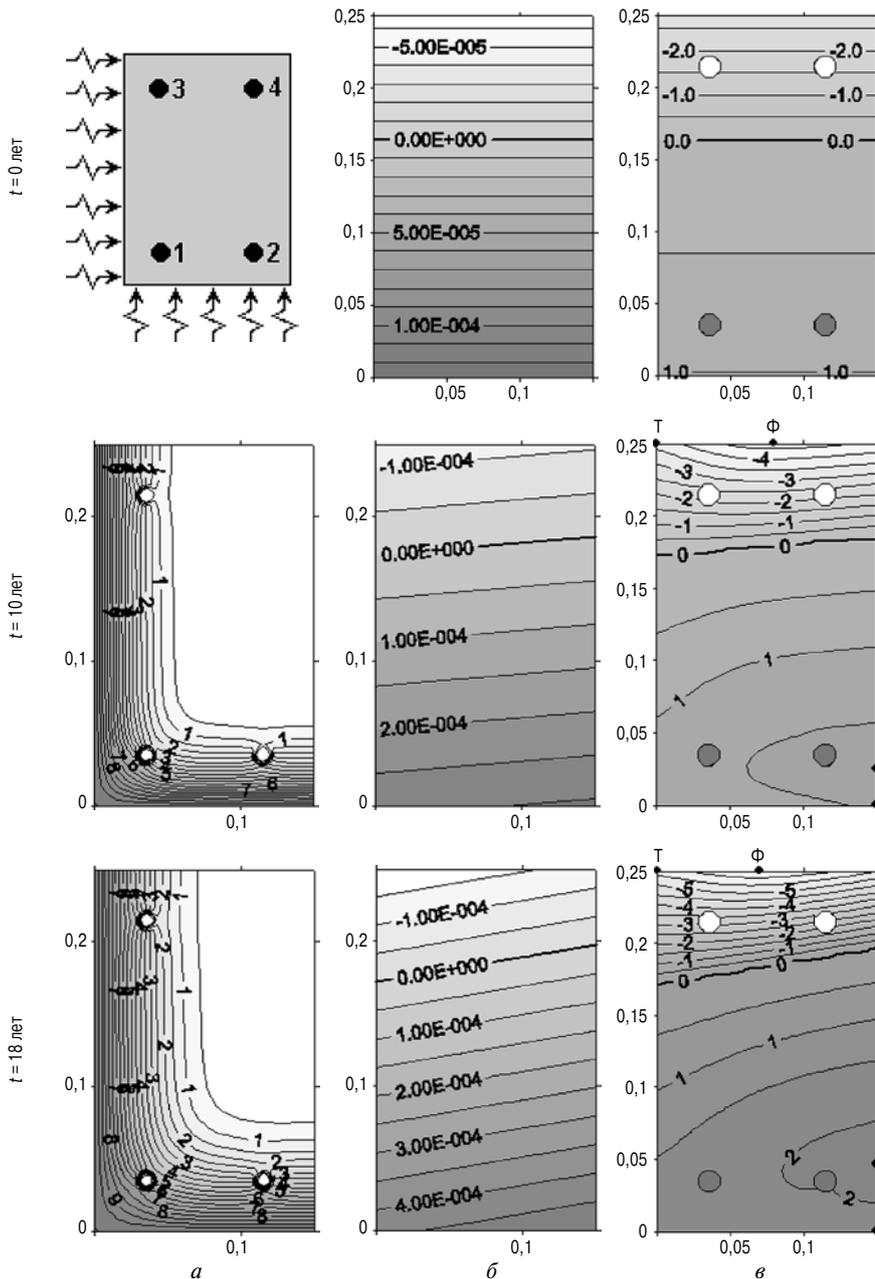


Рис. 2. Поля концентрации: а – ионов хлора,  $\text{кг/м}^3$ ; б – деформации; в – напряжений, МПа

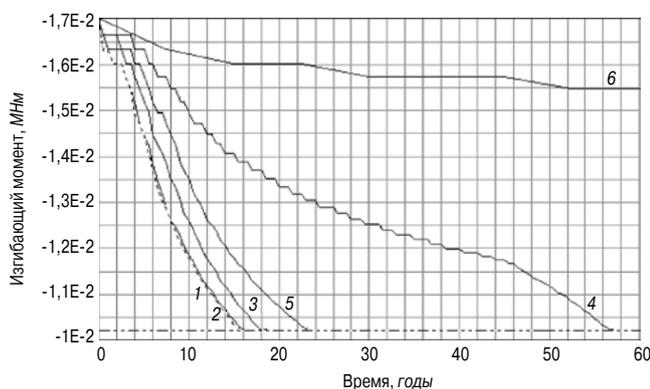


Рис. 3. Кинетика несущей способности изгибаемой балки при действии среды: 1 – со всех сторон  $D=\text{const}$ ; 2 – со всех сторон  $D=D(\epsilon, \sigma)$ ; 3 – по боковой и нижней поверхностям; 4 – по боковой поверхности; 5 – по нижней грани; 6 – по верхней грани

терь арматуры в 1% растворе соляной кислоты. Процесс коррозионного поражения арматуры инициируется при достижении концентрации хлоридов на поверхности арматуры некоторого порогового значения: в работе принималось  $C_{\text{кр}}=0,83 \text{ кг/м}^3$ .

В соответствии с принятыми моделями материалов и их параметрами максимальный изгибающий момент относительно оси  $X$ , соответствующий предельным напряжениям в бетоне, для сечения балки, не пораженного хлоридами, составляет  $M_{\text{max}}=0,017 \text{ МНм}$ . Методика и алгоритм расчета приведены в [3].

При проведении расчетов принималось, что балка нагружена изгибающим моментом относительно оси  $X$ , равным  $M=0,0102 \text{ МНм}=0,6 M_{\text{max}}$ . Расчет проводился в декартовой системе координат на неравномерной сетке, учитывающей нерегулярность геометрии расчетной области, размерностью  $44 \times 64$  с временным шагом  $10^{-2}$  года. На рис. 1 приведены схемы воздействия агрессивной среды на конструктивный элемент.

Все расчеты проводились для случая, когда коэффициент диффузии являлся функцией напряженно-деформированного состояния.

На рис. 2 приведены результаты расчета изгибаемой в вертикальной плоскости балки для случая, когда хлоридсодержащая среда действует через боковую и нижнюю (растянутую) грани балки. Анализ полей напряжений и деформаций показывает, что под влиянием среды, несимметрично действующей на конструкцию, прямой поперечный изгиб переходит в косой изгиб, что хорошо иллюстрируется поворотом нулевой линии на рисунках, отражающих распределение напряжений.

Анализ напряженного состояния изгибаемой балки в условиях несимметричного воздействия хлоридсодержащей среды позволяет отметить интересный факт. Наиболее напряженной точкой сечения в сжатой зоне является не наиболее удаленная от нейтральной оси угловая точка  $T$ , как было бы при обычном косом изгибе, а точка  $\Phi$  в середине верхней стороны балки (рис. 2 в). В растянутой зоне сечения балки наиболее напряженной оказывается не угловая точка, наиболее удаленная от нулевой линии, а точка на боковой грани сечения. Такое расположение наиболее напряженных точек сечения объясняется характером наведенной неоднородности, вызванной несимметричным воздействием агрессивной среды только на две смежные грани сечения (боковую и нижнюю).

Однако наиболее опасной точкой сечения, в которой происходит разрушение, является угловая точка, напряжение в которой меньше, чем в точке на боковой грани. Разрушение в угловой точке происходит потому, что предельное напряжение в этой точке под влиянием агрессивной среды снижается больше, чем в точке на боковой грани, концентрация агрессивной среды в которой ниже, чем в угловой точке.

На рис. 3 приведены кривые изменения предельной несущей способности сечения изгибаемой балки с течением времени для рассмотренных шести случаев воздействия агрессивной среды. Пунктир показывает уровень действующего изгибающего момента. Сравнение показывает, что наименьшую долговечность имеет балка, подвергающаяся воздействию агрессивной среды по всему периметру. Несколько дольше работает балка, на которую агрессивная среда действует через две грани — нижнюю и боковую. Интересно, что долговечность балки, на которую агрессивная среда действует через одну грань, гораздо меньше, если эта грань нижняя (растянутая), и более чем в два раза больше, если эта грань боковая.

**Ключевые слова:** железобетонная балка, хлориды, диффузия, долговечность.

Список литературы

1. Мигунов В.Н., Овчинников И.Г. Моделирование работы изгибаемых железобетонных элементов при действии переменной эксплуатационной нагрузки и хлоридсодержащей среды // Жилищное строительство. 2011. № 1. С. 27–29.
2. Калиновский М.И., Овчинников И.И. Напряженно-деформированное состояние и долговечность прямоугольной железобетонной трубы при действии карбонизации и хлоридсодержащей среды // Строительные материалы. 2010. № 10. С. 15–17.
3. Овчинников И.И., Наумова Г.А. Накопление повреждений в стержневых и пластинчатых армированных конструкциях, взаимодействующих с агрессивными средами. Изд-во ВолгГАСУ. 2007. 272 с.



# К 100-летию Рафаила Яковлевича ПОПИЛЬСКОГО

19 октября 2012 г. исполняется 100 лет со дня рождения известного ученого в области огнеупорного производства, доктора технических наук, профессора Московского химико-технологического института им. Д.И. Менделеева (в настоящее время Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева) **Рафаила Яковлевича Попильского**.

Р.Я. Попильский родился в Смоленске в купеческой семье. В конце 1918 г. семья переехала в Москву, где в 1928 г. Р.Я. Попильский окончил среднюю школу-девятилетку с химическим уклоном и далее всю жизнь был связан с химией. Свою трудовую деятельность он начал в 1930 г. в качестве preparatora Всесоюзного института строительных материалов (ВИСМ). В дальнейшем ВИСМ был разделен на несколько институтов. Рафаил Яковлевич перешел во вновь организованный Институт огнеупоров, вместе с которым в 1934 г. переехал в Ленинград. В 1940 г. Р.Я. Попильский с отличием окончил кафедру керамики силикатного факультета МХТИ и был распределен на Московский стекольный завод Наркомата электронной промышленности (в дальнейшем Опытный завод НИИ Электротехнического стекла), где работал начальником смены, а затем заместителем начальника цеха.

С мая 1942 г. и до демобилизации в октябре 1945 г. Рафаил Яковлевич командовал различными подразделениями химической службы.

После окончания Великой Отечественной войны Р.Я. Попильский вернулся на кафедру химической технологии керамики и огнеупоров МХТИ, где под руководством Д.Н. Полуобяринова успешно вел научную работу, результатом которой в 1947 г. стала кандидатская диссертация на тему «Высокоглиноземистые многослабые огнеупоры с применением технической окиси алюминия».

С 1959 г. Р.Я. Попильский успешно совмещал работу НИИ Электротехнического стекла (НИИЭС) Госкомитета радиоэлектроники и преподавательскую и научную работу в МХТИ. В июне 1966 г. он защитил докторскую диссертацию на тему «Исследование процессов прессования порошкообразных масс в технологии керамики и огнеупоров», а в 1968 г. выпустил по ее материалам в соавторстве с Ф.В. Кондрашовым знаменитую книгу «Прессование керамических порошков», которая стала классической и не потеряла своей актуальности. В 1969 г. Р.Я. Попильскому было присвоено звание профессора кафедры химической технологии керамики и огнеупоров, и он работал в этой должности до своей смерти 3 марта 1984 г.

Р.Я. Попильский является автором около 200 научных публикаций, в том числе двух монографий по высокоглиноземистой керамике и оксидным материалам (в соавторстве), основного учебника по курсу «Химическая технология керамики и огнеупоров» (в соавторстве) и лабораторного практикума, научным редактором которых он был. На кафедре все сотрудники и особенно аспиранты считали Р.Я. Попильского самым эрудированным ученым, способным предложить пути решения любой актуальной задачи или проблемы. Он никогда никому не отказывал в помощи и консультации. Под его руководством подготовлено 18 кандидатов технических наук. Р.Я. Попильский пользовался заслуженным авторитетом среди работников научно-исследовательских институтов и предприятий огнеупорной промышленности.

Круг научных интересов Р.Я. Попильского в области технологии керамики был весьма обширен, а темы востребованы промышленностью и большинство разработок быстро внедрялось в производство. Он занимался изучением технологий прессования, литья керамических шликеров, деформации под нагрузкой, электропроводности; повышением термостойкости за счет эффекта Киркендалла–Френкеля в огнеупорах из  $\text{SrZrO}_3$  и  $\text{MgCr}_2\text{O}_4$ , получением кристобаллита из кварцевого песка, технологиями получения высокоплотной керамики. С интересом изучал кислотоупоры из глин различного минерального состава, глиноземистые, муллитовые и корундовые огнеупоры, огнеупоры из многослабых масс, совершенствовал технологии изделий из ВКВС совместно с их создателем Ю.Е. Пивинским, занимался повышением диэлектрической проницаемости кварцевого стекла введением добавок  $\text{TiO}_2$ .

Р.Я. Попильский был активным членом редакционной коллегии журнала «Огнеупоры». Он вел большую общественную и научную работу, являлся членом ученого совета в ГИСе, НИИСтройкерамике, был членом секции строительной керамики технического совета Минстройматериалов СССР.

Его достижения в науке и написанные им статьи и книги — яркий пример эффективных решений, тщательного и ответственного отношения к эксперименту и интерпретации результатов. Работы Р.Я. Попильского вошли в анналы отраслевой науки, их продолжают и развивают новые поколения российских огнеупорщиков.

**А.В. Беляков, д-р техн. наук, зав. кафедрой химической технологии керамики и огнеупоров РХТУ им. Д.И. Менделеева**

Е.В. КАЛИНИНА, канд. техн. наук (kalininaelena1@rambler.ru), Я.И. ВАЙСМАН, д-р мед. наук, Пермский национальный исследовательский политехнический университет

## Обоснование возможности выпуска строительных материалов на основе отходов производства кальцинированной соды

В настоящее время актуальным является использование отходов производства в качестве сырья для строительной отрасли в силу следующих причин:

- необходимость обеспечения сырьем развивающейся строительной индустрии, потребляющей до 50% общего объема добываемых природных ресурсов [1];
- снижение себестоимости строительных изделий за счет снижения стоимости исходных компонентов [2];
- необходимость утилизации промышленных отходов;
- внедрение в практику принципов рационального природопользования и устойчивого развития.

Наиболее изученными являются варианты использования в строительной индустрии следующих видов отходов: золы, шлаки и золошлаковые смеси ТЭС (дорожное строительство, производство вяжущих, тяжелых и ячеистых бетонов, легких заполнителей, стеновых материалов и др.); металлургические шлаки (производство портландцемента, легких бетонов и др.); отходы угледобычи и углеобогащения (пористый заполнитель, кирпич и др.) [3].

Одним из перспективных материалов являются многотоннажные отходы производства кальцинированной соды. С целью определения возможных направлений использования этих отходов проведены экспериментальные исследования их физико-химических, физико-механических и токсикологических свойств. Исследования были проведены на примере одного из предприятий Пермского края, типичного представителя производства кальцинированной соды по аммиачному способу. На основании полученных результатов предложены варианты использования отходов в строительной отрасли.

Наиболее крупнотоннажным отходом производства кальцинированной соды по аммиачному способу является шлам карбоната кальция ( $\text{CaCO}_3$ ), образующийся после отстаивания дистиллерной жидкости в отстойниках-шламонакопителях, или так называемых «белых морях». После отстаивания жидкая фаза дистиллерной жидкости сбрасывается в водный объект, а твер-

дая фаза в виде шлама карбоната кальция накапливается в «белом море». Шлам карбоната кальция образуется в количестве 1,6–3 т на 1 т продукции; при мощности производства кальцинированной соды 628 тыс. т в год объем образующихся шламов карбоната кальция составит более 1 млн т. Шлам карбоната кальция в сухом виде представляет собой светло-серую массу плотностью около 970 кг/м<sup>3</sup>, на 70–80% состоящую из частиц размером 0,1–0,2 мм, и характеризуется следующим составом (при влажности около 60%), %:  $\text{CaCO}_3$  – 50–65;  $\text{MgCO}_3$  – 20–25;  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  – 4–10;  $\text{CaCl}_2$  – 5–10;  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$  – 5–10;  $\text{CaSO}_4$  – 3–9,5;  $\text{SiO}_2$  – 0–4,9. Наличие в составе шлама карбоната кальция оксидов  $\text{SiO}_2$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  обуславливает вяжущие свойства шлама по В.Ф. Журавлеву [3].

На обследуемом предприятии существуют две карты отстойника-шламонакопителя: старая № 1 и действующая № 2. Определение химического состава водной вытяжки шламов карбоната кальция (100 г отходов на 500 мл дистиллированной воды) с поверхности из карт № 1 [4] и № 2 отстойника-шламонакопителя показало наличие существенной разницы (табл. 1). При длительном складировании шламов происходит вымывание значительного количества растворенных ионов за счет инфильтрации атмосферных осадков и отсутствия свежих поступлений. Как видно из представленных данных, шлам представляет собой смесь карбонатов магния и кальция, а также сульфата кальция, что свидетельствует о высоком ресурсном потенциале отхода.

Анализ условий складирования шлама карбоната кальция в действующем отстойнике-шламонакопителе показал, что площадь сооружений можно разделить на несколько участков: карту обезвоженного шлама (надводный пляж), карту с зеркалом воды (прудок-отстойник) и карту, находящуюся на границе зеркала воды. Для определения условий формирования шлама в процессе складирования отобраны пробы образцов на участке обезвоженного шлама (надводный пляж) с поверхности (образец № 1) и глубины 1,5–2 м (образец № 2). Третий, усредненный образец (образец № 3) шла-

Таблица 1

Место отбора	Влажность, %	Хим. состав водной вытяжки шламов карбоната кальция, мг/кг								Сумма солей, мг/кг	pH
		$\text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{Cl}^-$	$\text{NO}_3^-$	$\text{NO}_2^-$	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	$\text{NH}_4^+$		
Старая карта (№ 1) [5]	69,9	30,5	305	322,6	24,5	2,9	300,6	78,2	5,4	1069,7	10,4
Действующая карта (№ 2)	82,9	488,1	12348,7	11912,2	90	10,5	10822,1	4184,1	13	39868,7	11,8

Таблица 2

Показатель	Образец-1	Образец-2	Образец-3
Влажность, %	28,6	66,5	75
Внешний вид	Сыпучий образец серо-белого цвета	Пастообразный пластичный образец серо-белого цвета	Трудноразделимая суспензия белого цвета

Таблица 3  
Физико-механические свойства шлама карбоната кальция

Измеряемый показатель	Ед. изм.	Требования	Результаты испытаний
Зерновой состав:	мас. %		
мельче 1,25 мм		Не менее 100	100
мельче 0,315 мм		Не менее 90	96,7
мельче 0,071 мм		От 70 до 80	79,7
Пористость	объемн. %, не более	35	33,8
Набухание образцов из смеси порошка с битумом	объемн. %, не более	2,5	1,05
Средняя плотность	кг/м <sup>3</sup>	–	1800
Истинная плотность	кг/м <sup>3</sup>	–	2720

ма был отобран на границе зеркала воды с глубины 0,3, 0,5 и 0,8 м и представлял собой водную суспензию. Характеристики исследуемых образцов шлама карбоната кальция в действующем отстойнике-шламонакопителе № 2 представлены в табл. 2.

Для образцов шлама карбоната кальция, обезвоженных в естественных условиях (отобранных с обезвоженного надводного пляжа), исследовали физико-механические свойства (табл. 3). Определено, что физико-механические свойства шлама соответствуют требованиям, предъявляемым ГОСТ Р 52129–2003 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей» для порошка марки МП-1 и шлам может быть использован в качестве замены минерального порошка в составе асфальтобетонных смесей.

Представленный шлам карбоната кальция использовали для изготовления асфальтобетонной смеси на основе техногенных материалов (щебень из шлаков и песок из отсева дробления шлаков металлургического завода и шлам карбоната кальция). Были изготовлены образцы асфальтобетонных смесей различного состава (табл. 4).

Для асфальтобетонных смесей представленного состава исследовали физико-механические свойства (табл. 5).

По результатам проведенных экспериментальных исследований определено, что прочностные характеристики смесей с различным содержанием компонентов техногенного происхождения (щебень из металлургических шлаков, песок из отсева дробления металлургических шлаков и шлам карбоната кальция) соответствуют норме, что позволяет использовать их в качестве компонентов асфальтобетонной смеси [5]. Результаты экспериментальных исследований показывают целесообразность проведения дальнейших работ по подбору оптимального состава смеси для изготовления асфальтобетонных дорожных покрытий с использованием шлама карбоната кальция.

Исследования свойств образцов шлама карбоната кальция, отобранных на разных участках отстойника-шламонакопителя (табл. 2) по экстракции водорастворимых элементов из отобранных образцов (табл. 6), показали, что состав фильтратов, полученных при обработке исследуемых образцов, различен.

Наибольшая экстракция водорастворимых элементов зафиксирована для образца № 2, отобранного с глубины 1,5–2 м, что можно объяснить процессами уплотнения шлама в теле отстойника – шламонакопителя № 2 и постепенным насыщением раствора, находящегося в поровом слое шлама, выделяющимися водорастворимыми компонентами. При влажности образца 66,5% в процессе высушивания водорастворимые соли накапливаются в поровом пространстве слоя осадка и при контакте с водой подвергаются выщелачиванию.

Образец № 3, отобранный на границе зеркала воды, в значительно меньшей степени подвергается выщелачиванию. В его поровом пространстве содержится раствор, по составу аналогичный осветленной воде.

Для использования ресурсного потенциала высоковлажного шлама карбоната кальция (образец № 3) в строительной отрасли одной из подготовительных стадий должна быть стадия обезвоживания материала ме-

Таблица 4

Компонент	Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4
Щебень фракции 5–20 мм, %	40	40	40	40
Песок из отсева дробления фракции 0–5 мм, %	55	55	55	55
Минеральный порошок (неактивированный, марки МП-1), %	5	2	1	–
Шлам карбоната кальция, %	–	3	4	5
Битум марки БНД 60/90 (сверх 100%), %	5,3	5,3	5,3	5,3

Таблица 5

Наименование показателя	Требования	Состав 1	Состав 2	Состав 3	Состав 4
Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	–	2,64	2,63	2,61	2,6
Водонасыщение, %	1,5–4	3,61	3,98	4	4,32
Предел прочности при сжатии при 20°, МПа	Не менее 2,2	3,85	4,71	4,1	3,59
Предел прочности при сжатии при 50°, МПа	Не менее 1	1,79	1,35	1,4	1,45
Предел прочности при сжатии при 0°, МПа	Не более 12	9,02	10,1	8,4	7,66
Водостойкость	Не менее 0,85	0,85	0,76	0,85	0,92

Таблица 6

Образец	Сухой остаток, мг/л	Ca <sup>2+</sup> , мг/л	Mg <sup>2+</sup> , мг/л	Ж, мг-экв/л	Cl <sup>-</sup>	pH водной вытяжки
1	5071	986	36,2	52,3	1632,3	10,5
2	15958	2322	35,6	119	4276,3	11,9
3	2214	448	9,5	232	1173,6	8,8
Фильтрат образца 3	2430	266	27,5	15,5	1605,4	11

ханическими методами. Были выполнены исследования по определению химического состава обезвоженного образца шлама карбоната кальция и раствора, образующегося при механическом обезвоживании исходного образца с помощью центрифугирования (использовалась лабораторная центрифуга ОПН-3, скорость вращения 3 тыс. об/мин, время центрифугирования 15 мин). Исходный образец шлама имел следующие показатели: влажность (при высушивании до постоянного веса при температуре 105°C) – 75%; pH водной вытяжки (1:10) – 12,2; содержание маточника в шламе (по результатам его удаления на центрифуге) – 9%.

Компонентный состав обезвоженного шлама карбоната кальция при влажности 60,2% следующий, мас. %:  $\text{Ca}^{2+}$  – 13,7;  $\text{Mg}^{2+}$  – 0,2;  $\text{Na}^+$  – 0,1;  $\text{K}^+$  – 0,1;  $\text{HCO}_3^-$  – 20,5;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 0,7;  $\text{Cl}^-$  – 0,3;  $\text{Si}^+$  – 3,8.

Обезвоженный механическими методами шлам карбоната кальция может быть использован в качестве изолирующего материала на полигонах твердых бытовых отходов (ТБО). Требования по устройству и эксплуатации полигонов ТБО определяют необходимость изоляции твердых бытовых отходов при их складировании. Изоляция ТБО засыпным материалом проводится по мере отработки частей рабочих карт до проектной высоты. В качестве изолирующего материала принято использовать грунты из местных карьеров, что является примером нерационального использования природных ресурсов и противоречит принципам устойчивого развития. Так же для формирования изолирующего слоя допускается использование заменяющих грунты материалов: дробленые строительные материалы, близкие к ним по свойствам и составу промышленные отходы, шлаки ТЭЦ. Изоляционные материалы по своим свойствам должны соответствовать требованиям, предъявляемым грунтам – иметь влажность не более 85%, не быть взрывоопасными, самовоспламеняющимися, самовозгорающимися. Основным санитарным условием для использования отходов в качестве изоляционного материала является требование не превышения токсичности смеси промышленных отходов с бытовыми по сравнению с токсичностью бытовых отходов по данным анализа водной вытяжки.

Анализ токсических свойств шлама карбоната кальция методом биотестирования позволил определить возможность снижения класса опасности шлама в соответствии с критериями отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды с 4-го до 5-го при механическом обезвоживании обводненных образцов шламов текущего выхода. Механически обезвоженные шламы карбоната кальция текущего выхода и шламы длительного хранения (более 30 лет) удовлетворяют требованиям, предъявляемым к отходам производства, используемым в качестве изоляционного материала, и могут быть использованы для пересыпки отходов на полигонах ТБО.

Для определения возможных направлений использования рассола (маточника), полученного при механическом обезвоживании исходного образца № 3 обводненного шлама карбоната кальция, провели исследование его химического состава. Содержание основных компонентов рассола, мг/дм<sup>3</sup>:  $\text{Cl}^-$  – 1130;  $\text{Na}^+$  – 450;  $\text{Ca}^{2+}$  – 300;  $\text{SO}_4^{2-}$  – 150;  $\text{K}^+$  – 180;  $\text{Mg}^{2+}$  – 30;  $\text{HCO}_3^-$  – 5. Анализ химического состава позволил определить, что основным компонентом рассола является хлорид-ион, что обуславливает возможность использования рассола (маточника), полученного при механическом обезвоживании обводненного шлама карбоната кальция текущего выхода, для изготовления противогололедного материала на основе хлоридов [6].

Известно, что наличие хлорид-ионов в слоях конструкции автомобильной дороги повышает прочность

покрытия и увеличивает срок службы автодороги [6]. Это позволяет рекомендовать использование шлама карбоната кальция текущего выхода, обезвоженного в отстойнике-шламонакопителе и содержащего после испарения воды в поровом пространстве хлорид-ионы в качестве минерального заполнителя, повышающего прочность покрытия и увеличивающего срок службы автодороги в производстве асфальтобетонных смесей для строительства автомобильных дорог.

Экспериментальные исследования по определению физико-химических, физико-механических свойств и токсикологических свойств шламов карбоната кальция с различными условиями хранения позволили определить возможные направления использования отходов производства кальцинированной соды в строительной отрасли:

- шламы текущего выхода, обезвоженные в естественных условиях, – в качестве минеральных заполнителей в производстве асфальтобетонных смесей для дорожного строительства;
- шламы текущего выхода после механического обезвоживания – в качестве изолирующего материала на полигонах ТБО;
- рассол (маточник) от механического обезвоживания обводненного шлама карбоната кальция текущего выхода – для производства противогололедного материала;
- шламы длительного хранения, обезвоженные и обессоленные в естественных условиях, – в качестве изолирующего материала на полигонах ТБО.

Проведенные исследования показали принципиальную возможность использования отходов производства кальцинированной соды в строительной отрасли. Замена природных материалов на техногенные образования позволяет снизить: энерго- и ресурсоемкость отрасли и затраты на производство строительных изделий за счет снижения себестоимости компонентов.

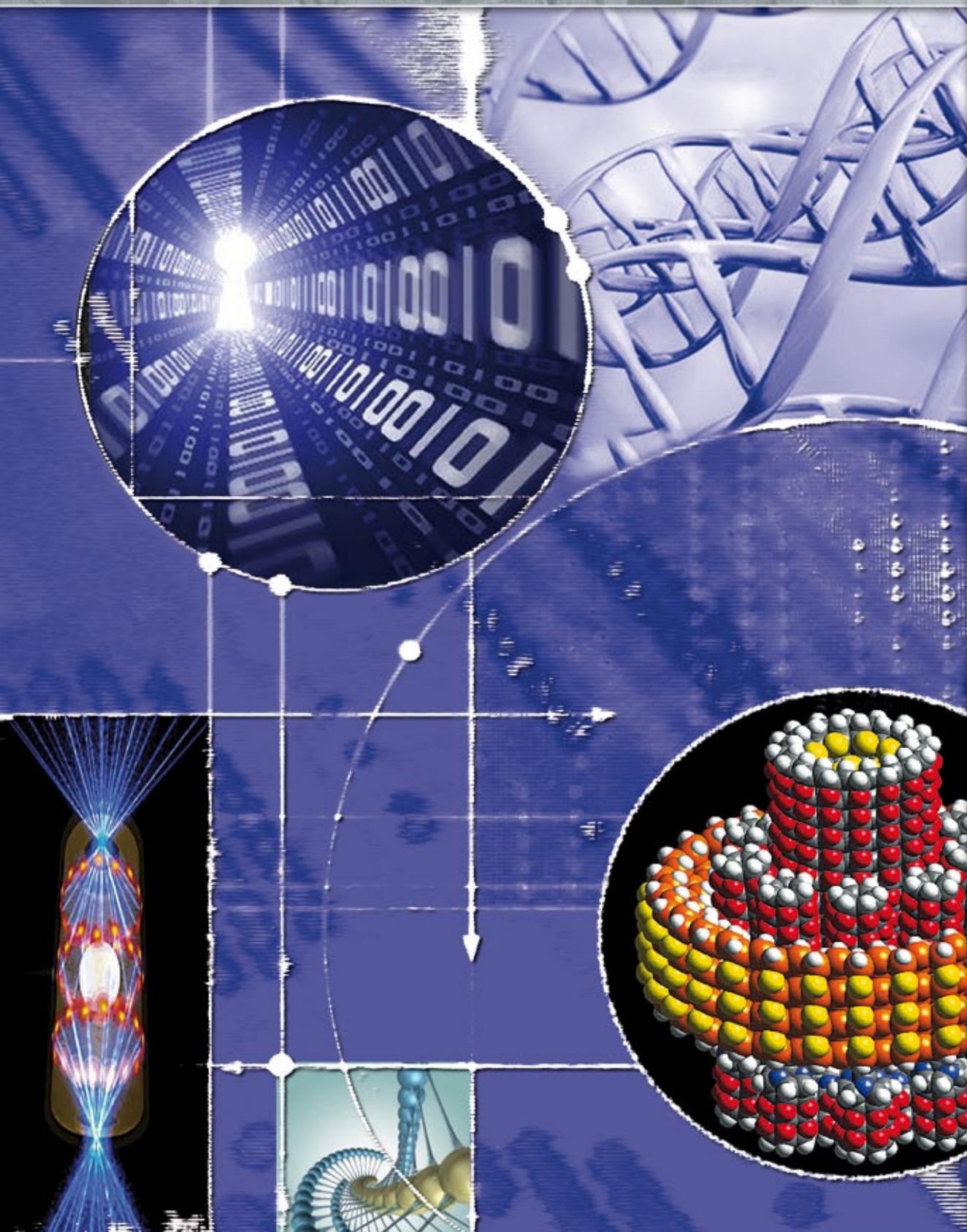
**Ключевые слова:** минеральный заполнитель, асфальтобетонные смеси, изолирующий материал, противогололедный материал, шлам карбоната кальция.

#### Список литературы

1. Рахимов Р.З., Магдеев У.Х., Ярмаковский В.Н. Экология, научные достижения и инновации в производстве строительных материалов на основе и с применением техногенного сырья // Строительные материалы. 2009. № 11. С. 8–11.
2. Силкин А.В., Лупанов А.П., Суханов А.С. Анализ себестоимости асфальтобетонных смесей и динамика цен на материалы и энергоресурсы для их производства // Строительные материалы. 2009. № 11. С. 6–7.
3. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные минеральные вяжущие материалы. М.: Инфра-Инженерия, 2011. 541 с.
4. Блинов С.М., Потапов С.С., Найданова Н.Ф. Формирование техногенного месторождения тонкодисперсного карбоната кальция в пределах шламонакопителя Березниковского содового завода // Доклады IV семинара «Минералогия техногенеза». Миасс, 2004. С. 80–92.
5. Калинина Е.В., Пугин К.Г. Использование отходов предприятий химической и металлургической отраслей для изготовления асфальтобетонных дорожных покрытий // Экология и промышленность России. 2011. № 10. С. 28–30.
6. Аржанухина С.П. Отраслевые особенности применения хлорида кальция // Строительные материалы. 2010. № 10. С. 60–61.

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

тематический раздел журнала «Строительные Материалы» №9-2012 г.



ЖУРНАЛ



М.С. ЛЕБЕДЕВ, инженер (lebedevms@mail.ru), В.В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, канд. геол.-мин. наук, И.Ю. ПОТАПОВА, инженер, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Изменение свойств минеральных порошков из алюмосиликатного сырья под влиянием термической модификации

При строительстве асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог в Российской Федерации находит применение ограниченный круг минеральных материалов – горных пород и отходов промышленности [1, 2], имеющих локальное распространение и ограниченные запасы и, кроме того, находящихся широкое применение для производства других видов строительных материалов и в других отраслях промышленности в целом. Ввиду постепенного истощения традиционного сырья является актуальным поиск альтернативных сырьевых материалов, способных в перспективе расширить ресурсный потенциал базы дорожно-строительных материалов.

Значительное расширение сырьевой базы дорожно-строительных материалов за счет крупнотоннажных пород осадочной толщи. Денудационный<sup>1</sup> и седиментационный<sup>2</sup> механизм образования этих отложений делает их одной из наиболее сложных полиминеральных систем, значительную долю в которых составляют кварц и слоистые алюмосиликаты. Учитывая условия образования, данный вид материалов является самым непостоянным по составу и свойствам, что делает затруднительным его широкомасштабное применение при производстве строительных материалов. С учетом структурно-генетических особенностей и возможных методов модификации сырья подобного состава породы осадочной

толщи являются перспективными с точки зрения использования их в качестве компонентов композиционных материалов, и в частности минеральных порошков для асфальтовяжущих и асфальтобетонов.

Возможность получения наполнителей битумо-минеральных композиций изучали на примере алюмосиликатных пород палеозойских, нижнемезозойских, верхнемеловых и кайнозойских отложений Южного Урала, приуроченных к угленосным пластам, как наиболее типичных представителей пород осадочной толщи, распространенных на территории нашей страны, сконцентрированных в одном месте. Сырьевые материалы отбирали в разрабатываемом в настоящее время Коркинском угольном разрезе.

Взятые образцы представляют собой преимущественно глинистые образования (табл. 1), в них присутствуют включения кремнистых органогенных остатков и углистого вещества. Наличие последних является причиной потери пластических свойств, присущих глинам.

Согласно данным рентгенофазового анализа отобранные пробы имеют схожий минеральный состав, в котором присутствуют кварц, глинистые минералы (каолинит, Са-монтмориллонит, гидрослюдастые образования), слюды (биотит) и полевые шпаты (альбит, анортит). Часть минералов имеет кристаллическое строение, однако присутствует значительный процент рент-

Таблица 1

Наименование пробы по акту отбора проб	Песчаник, алевролит, аргиллит, уголь	Породы угленосной толщи: песчаник, алевролит, аргиллит, уголь	Глина опоковидная	Опока
Показатель				
Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	1900	2580	2320	2380
Марка по дробимости	–	–	–	–
Гигроскопическая влажность, %	4,91	1,89	3,72	0,97
Число пластичности	–	9,4	25	7
pH водной вытяжки	2,92	8,12	7,81	3,79
Наименование пробы по СНиП 2.05.02–85	Песок очень мелкий	Суглинок легкий пылеватый	Глина пылеватая	Суглинок легкий пылеватый
Численное отношение Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub>	С высоким отношением		С низким отношением	
	0,36	0,25	0,14	0,1
Отличительные особенности	Примеси углистого вещества	Преимущественно глинистое вещество		Высокое содержание опала

<sup>1</sup> Денудация – совокупность процессов, посредством которых осуществляется удаление продуктов выветривания с последующей их аккумуляцией.

<sup>2</sup> Седиментация – образование всех видов осадков в природных условиях путем перехода осадочного материала из подвижного или взвешенного состояния (в водной или воздушной среде) в неподвижное (осадок).

Таблица 2

Наименование пробы	Показатели свойств								
	Зерновой состав, % по массе: — мельче 1,25 мм; — мельче 0,315 мм; — мельче 0,071 мм	Удельная поверхность по ПСХ, м <sup>2</sup> /кг	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>	Истинная плотность, г/см <sup>3</sup>	Пористость, %	Влажность, % по массе	Показатель битумоемкости, г/100 см <sup>3</sup>	Оптимальное содержание битума в смеси с порошком, %	
Требования ГОСТ Р 52129–2003 на минеральный порошок марки МП-2	не менее 95 от 80 до 95 не менее 60	не норм.	не норм.	не норм.	не более 40	не более 2,5	не более 80	не норм.	
Проба с высоким Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> углесодержащая	исх.	100; 99; 65,9	450	1,29	1,9	32	4,91	74	25,5
	после 400°С	100; 99,2; 72,1	850	1,59	2,61	39	2,42	108	32
	после 500°С	100; 99,5; 80,7	1000	1,58	2,64	40	0,53	100	34
	после 600°С	100; 99,5; 82,1	1050	1,64	2,74	40	0,5	104	34
Проба с высоким Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> преимущественно глинистого состава	исх.	100; 99,8; 93,7	430	1,8	2,58	30	1,89	90	23,5
	после 400°С	100; 100; 96,2	570	1,69	2,68	37	1,69	92	25
	после 500°С	100; 99,4; 79	600	1,55	2,56	39	0,89	95	26
	после 600°С	100; 99,3; 77,1	610	1,56	2,72	43	0,65	96	26
Проба с низким Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> преимущественно глинистого состава	исх.	100; 99,5; 84	570	1,32	2,32	43	3,72	147	48
	после 400°С	100; 99,7; 87,5	850	1,28	2,42	47	2,69	153	45
	после 500°С	100; 99,1; 70,2	1020	1,21	2,38	49	1,87	170	45
	после 600°С	100; 99; 66,4	1015	1,15	2,44	53	1,51	165	44
Проба с низким Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> /SiO <sub>2</sub> опалсодержащая	исх.	100; 99,1; 75	870	1,5	2,38	37	2,84	126	36
	после 400°С	100; 99,2; 77,9	950	1,36	2,5	46	1,6	130	37,5
	после 500°С	100; 99; 69,5	875	1,31	2,38	45	1,51	128	35,5
	после 600°С	100; 99,2; 73,3	920	1,26	2,38	47	1,36	127	37

геноаморфных и псевдокристаллических фаз, к которым следует отнести углеродистый аморфный материал и кристаболит-тридимитовые опалы.

По минеральному и химическому составу все пробы можно условно разделить на две группы, отличающиеся численным соотношением Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> (табл. 1). Учитывая состав и особенности исследуемых пород, можно выделить четыре подгруппы (табл. 1): с высоким соотношением Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> и примесями углистого вещества; с высоким Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> преимущественно глинистого состава; с низким Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> преимущественно глинистого состава; с низким Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> и высоким содержанием опала.

В силу минерального состава и особенностей структуры алюмосиликатное сырье представляет собой агрегаты из высокодисперсного вещества и имеет высокую размолоспособность, способствующую применению его как минеральных порошков. Свойства полученных наполнителей представлены в табл. 2.

Особенности минерального состава пород осадочной толщи, заключающиеся в значительном содержании слоистых алюмосиликатов, отрицательным образом влияют на физико-механические характеристики асфальтовых вяжущих, наполненных исходными минеральными порошками. В частности прочность при насыщении водой снижается на 39–55%. Наличие гидрофильной глинистой составляющей также объясняют высокое значение набухания образцов (от 9,3 до 19,4%).

Изменению кристаллохимических особенностей глинистых пород, в результате которых улучшаются физико-механические характеристики, будет способ-

ствовать применение различных методов модифицирования, активации или гидрофобизации, которые были апробированы на другом кремнеземсодержащем сырье [3]. На основании анализа состава и свойств алюмосиликатных пород осадочной толщи, а также имеющихся литературных данных об опыте применения подобных материалов в качестве наиболее целесообразного способа была предложена термическая модификация для перевода слоистых алюмосиликатов, преимущественно каолинита, в каркасные структуры минералов группы цеолитов, в частности фюзита, формирующихся при определенных условиях термической обработки. В результате модификации образуются гомогенизированные по составу и строению сырьевые материалы, обладающие структурной стабильностью в присутствии воды.

Согласно имеющимся литературным данным [4, 5] после термического воздействия улучшаются пуццолановые свойства, характеризующиеся поглощением извести, повышается адсорбционная активность и адгезия к высокомолекулярным соединениям полимеров и битумов. Благодаря описанным особенностям полученные материалы можно использовать как добавки в неорганические вяжущие [6].

Ранее проведенными исследованиями адсорбции на гидравлически активных естественно обожженных глинистых породах Кузбасса и модельных системах установлено, что наибольшая величина адсорбции наблюдается у глинистых материалов, обработанных при температуре 500°С; при повышении температуры обжига с 500 до 1000°С она снижается [5]. В связи с вышеизложенным был выбран интервал обработки 400–600°С

с шагом 100°C и были изучены свойства наполнителей после воздействия каждой из температур.

Согласно полученным данным термическая обработка сырьевых материалов вызывает изменение минерального состава и, как следствие, характера поверхности и распределения центров адсорбции. В качестве оптимальной был выбран интервал обработки 500–600°C, который является наиболее подходящим для синтеза подобных каркасных новообразований из алюмосиликатного сырья схожего состава [7–9]. Результаты рентгенофазового и ИК-спектроскопического анализов подтверждают эти данные.

Суть происходящих в системе процессов можно свести к следующему: постепенная дегидратация глинистых минералов и перестройка их структуры приводят к повышению пористости и появлению высокодисперсных новообразований. При этом изменяется характер дисперсности, что выражается в укрупнении частиц при термическом воздействии. Такой эффект объясняется агрегированием частиц, которое становится возможным из-за избытка внутренней энергии в системе, возникающего в результате дегидратации слоистых алюмосиликатов.

Ококсовывание и выгорание органических примесей в алюмосиликатном сырье способствуют разрушению агрегатов и обеспечивают значительный прирост удельной поверхности без механической обработки. Происходящие процессы обеспечивают значительный прирост удельной поверхности без диспергирования.

Содержание органогенных продуктов в опоке (остатков диатомовых водорослей) обуславливает ее высокую дисперсность. Необходимо отметить, что эти структуры являются стабильными при воздействии температуры и определяют наименьшие изменения в структуре и дисперсности наполнителей.

Перестройка структуры слоистых алюмосиликатов приводит к положительному сдвигу в показателях физико-механических свойств асфальтовых вяжущих. Максимальный эффект от обработки наблюдается на показателях водостойкости и набухания образцов. Коэффициент водостойкости на образцах глинистых материалов возрастает в 1,5–2 раза, а набухание снижается в 3,9–8,8 раза. Это становится возможным за счет, во-первых, трансформации глинистых минералов, во-вторых, более высокого сцепления битума с минеральной подложкой, достигаемого благодаря наличию на поверхности модифицированных наполнителей активных центров Льюиса. Описанные характеристики асфальтовяжущего при этом удовлетворяют требованиям ГОСТа.

При этом прочность образцов в водонасыщенном состоянии значительно повышается (на 33–69%) уже после 400°C обработки. Учитывая тот факт, что структура материала не претерпевает коренных изменений, такое количественное увеличение характеристики можно объяснить активностью поверхности периферийных и внутренних частей алюмосиликатных пакетов глинистых минералов после полного удаления адсорбированной воды. Повышение водостойкости в этом случае может являться доказательством хорошей адгезии битума к глинистым пакетам алюмосиликатного сырья.

Таким образом, в результате термической обработки из различного по минеральному и химическому составу сырья в выбранном интервале температур 500–600°C формируются продукты с близкими свойствами, на поверхности которых имеется значительное количество высокореактивных центров. Данное положение подтверждается полученными данными определения физико-механических свойств асфальтовяжущих

с применением минеральных порошков из алюмосиликатного сырья, согласно которым водостойкость для всех термически модифицированных наполнителей находится в интервале 0,9–1, а набухание – в интервале 2–3% (требования ГОСТа не менее 0,7 и не более 3% соответственно).

С увеличением температуры обработки наряду с удельной поверхностью растут пористость, битумоемкость и соответственно расход битума для получения оптимальной структуры. Однако высокая дисперсность и развитая морфология поверхности частиц минерального порошка из алюмосиликатного сырья способствуют высокой структурообразующей способности полученных наполнителей, что позволяет уменьшить содержание минерального порошка в составе асфальтобетонной смеси без снижения физико-механических характеристик дорожных композитов.

Таким образом, экспериментально установлена возможность применения для получения наполнителей асфальтобетонных смесей крупнотоннажных алюмосиликатных пород осадочной толщи, что может способствовать расширению сырьевой базы дорожно-строительных материалов. Предложенная модификация позволяет получить минеральные порошки, удовлетворяющие требованиям ГОСТа.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова; гранта РФФИ «Разработка новых подходов к созданию нано- и микроструктурированных строительных композитов на основе природных и техногенных полифункциональных прото- и сингенетических наносистем».

**Ключевые слова:** алюмосиликатное сырье, термическая модификация, минеральный порошок, асфальтовяжущее.

#### Список литературы

1. Дорожный асфальтобетон / Под ред. Л.Б. Гезенцева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Транспорт, 1985. 350 с.
2. *Строкова В.В. и др.* Анализ органо-минеральных композитов с учетом генезиса и размерных уровней минерального сырья // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. № 4. С. 28–32.
3. *Ядыкина В.В. и др.* Органо-минеральные композиты для дорожного строительства на основе модифицированных наполнителей // Строительные материалы. 2009. № 11. С. 46–48.
4. *Дворкин Л.И. и др.* Строительные материалы из отходов промышленности. Ростов н/Д: Феникс, 2007. 368 с.
5. *Книгина Г.И.* Строительные материалы из горелых пород. М.: Стройиздат, 1966. 208 с.
6. *Строкова В.В. и др.* Прессованные силикатные материалы автоклавного твердения с использованием отходов производства керамзита // Строительные материалы. 2012. № 3. С. 14–15.
7. *Georgiev D., Bogdanov B., Angelova K., Markovska I., Hristov Y.* Synthetic zeolites – structure, classification, current trends in zeolite synthesis. Review: «Economics and Society development on the Base of Knowledge»: International Science conference, Stara Zagora, Bulgaria. Vol. VII: Technical studies. 4–5 June 2009.
8. *Reyes C.A.R., Williams C.D., Alarcon O.M.C.* Synthesis of zeolite LTA from thermally treated kaolinite // Rev. Fac. Ing. Univ. Antioquia. 2010. №. 53. Pp. 30–41.
9. *Rayalu S.S., Udhoji J.S., Meshram S.U., Naidu R.R., Devotta S.* Estimation of crystallinity in flyash-based zeolite-A using XRD and IR spectroscopy // Current Science. 2005. Vol. 89. № 12. Pp. 2147–2151.

Международная  
специализированная выставка

# Керамика

**31 октября – 3 ноября 2012 года**

**МВЦ «Крокус Экспо», II павильон**

**[www.keramikaexpo.ru](http://www.keramikaexpo.ru)**



## Тематические разделы:

- строительная керамика
- техническая керамика
- оборудование для изготовления керамики, инструмент
- сырьевые материалы
- художественная керамика

**Телефон:** +7 (495) 983-0651, +7 (916) 970-2191

**E-mail:** [tolstikova@crocus-off.ru](mailto:tolstikova@crocus-off.ru)



# Кириак Самсонович ЗАВРИЕВ

(1891–1978)

Кириак Самсонович Завриев – выдающийся ученый, создатель научной школы в области динамической теории сейсмостойкости, научных направлений в области проектирования оптимальных составов бетона по минимальному расходу цемента и максимальной плотности бетона, в области предварительно напряженного железобетона.

Родился 28 января 1891 г. в Тифлисе (Тбилиси) в дворянской семье. Отец – Самсон Сергеевич Завриев был военным топографом и работал в штабе в чине полковника, владел восточными языками (турецким, персидским), некоторое время служил в посольстве в Константинополе. Мать – Мария Давидовна занималась воспитанием детей, владела французским языком и была хорошей пианисткой. Дома у них был семейный квартет. Мать играла на рояле, Кириак – на скрипке, брат Сергей (будущий военный артиллерист) – на флейте, другой брат Давид (будущий ученый-историк) – на виолончели. Самозабвенная любовь к музыке останется у Кириака Самсоновича на всю жизнь. Студентом он будет простаивать в очередях, чтобы попасть на концерты Ф.И. Шаляпина, С.В. Рахманинова и др. На протяжении всей жизни сохранит любовь к театру и литературе, будет следить за новинками, много читать [1].

Закончив в 1908 г. 3-ю Тифлисскую мужскую гимназию с золотой медалью, он едет учиться в Петербургский институт инженеров путей сообщений, который с отличием окончил в 1914 г. Его дипломная работа была удостоена золотой медали [1].

Еще студентом Кириак Завриев работал помощником прораба по постройке Дворцового моста в Санкт-Петербурге. После окончания института был приглашен преподавателем Петербургского института инженеров путей сообщения для чтения лекций по курсу сопротивления материалов, одновременно начал читать курс лекций по высшей математике.

В 1915 г. К.С. Завриев отправляется на фронт Первой мировой войны и работает производителем и начальником работ по постройке военных мостов, проектирует ряд крупных военных мостов в Виленском и Бессарабском районах. В 1917 г., еще находясь на фронте в Бессарабском районе, принимает участие в организации Одесского политехнического института и с 1918 г. работает в нем в качестве доцента.

В 1921 г. К.С. Завриев возвращается в Грузию, в родной город, где принимает активное участие в про-

ектировании и строительстве, подготовке инженерных кадров для отрасли, в решении множества научных и инженерных задач. К.С. Завриев работает на Закавказской железной дороге и одновременно преподает в Тифлисском государственном политехническом институте. А в 1928 г. его назначают заместителем директора по научной работе Закавказского института сооружений (ЗИС) – первого в Закавказье научно-исследовательского института строительного профиля. При этом не оставляет преподавательской деятельности и с 1933 г. на протяжении 27 лет учит инженерному и строительному делу в Закавказском институте инженеров транспорта (позже Тбилисском институте инженеров железнодорожного транспорта).

В 1940 г. К.С. Завриев был назначен председателем Бюро антисейсмического строительства при Грузинском филиале АН СССР, преобразованного по его инициативе в 1947 г. в Институт строительного дела, а в 1962 г. переименованного в Институт строительной механики и сейсмостойкости АН ГССР, которым Кириак Самсонович руководил до конца своей жизни.

Научную деятельность К.С. Завриев начал еще студентом. Работая на строительстве Дворцового моста (1911 г.), он при проверке проекта заметил несовершенство общепринятого в то время упругого метода расчета по допускаемым напряжениям и предложил новый метод расчета по критическим нагрузкам. Эти результаты молодого, еще не окончившего институт специалиста привлекли внимание выдающегося русского ученого в области строительной механики С.П. Тимошенко; по его рекомендации работа К.С. Завриева была опубликована в 1913 г. в «Сборнике Петербургского института инженеров путей сообщения» в нарушение всех традиций. Дело в том, что в «Сборнике...» публиковались только работы профессорско-преподавательского состава института. Причиной публикации была высокая ценность работы, в которой излагался принципиально новый способ расчета элементов конструкций по предельным состояниям.

Умение чувствовать потребность практики строительства и с помощью научных исследований находить решение актуальных проблем – характерная черта ученого К.С. Завриева. Разрушительные землетрясения в Гори (1920 г.), а также произошедшие в 1926 г. землетрясения в Ленинакане (АрмССР) и в последующие годы в Нагорном Карабахе и Крыму поставили перед

отечественной строительной наукой задачу обеспечения достаточного сопротивления сооружений действиям землетрясений.

В то время господствовала теория сейсмостойкости японских специалистов Омори, Мононобе и др., известная как статическая теория, в которой предполагалось, что сооружения колеблются как абсолютно твердые тела. К.С. Завриев при попытке применить на практике эту теорию установил, что она приводит к огромным ошибкам и даже неправдоподобным результатам. Поэтому Кириак Самсонович приступил к созданию динамической теории сейсмостойкости, которая учитывала деформации и свободные колебания сооружений. Основы этой теории изложены в работе [2]. Он интенсивно работает над развитием этой теории, публикует серию работ, привлекает своих учеников. В результате формируется грузинская школа антисейсмиков, которая до сих пор пользуется заслуженным авторитетом в мире.

Развивая теорию сейсмостойкости сооружений, К.С. Завриев развивает общие вопросы строительной механики, затронутые им еще в первой опубликованной работе, публикует статьи по расчету прочности в особых случаях, по теории пластичности, пишет оригинальный курс «Сопротивление сооружений» (1939).

Занимаясь строительной механикой, нельзя оставаться в стороне от вопросов и проблем, связанных с материалами. Колоссальные масштабы строительства в годы первых пятилеток необычайно остро поставили вопрос об экономичном использовании цемента. Это было тем более необходимо, что применявшиеся тогда в мировой практике способы, разработанные Д.А. Абрамсом и М. Боломеем, проектирования состава бетона носили исключительно эмпирический характер и не обеспечивали минимального расхода цемента.

Нельзя сказать, что К.С. Завриев был пионером в этой области. Основы были заложены в работах И.Г. Малюги, И.У. Самовича, Р. Фере. Систематические исследования в области технологии бетона были начаты Н.М. Беляевым. Его книга «Метод подбора состава бетона» за период 1927–1930 гг. была издана четыре раза, что свидетельствует о важности этого направления исследований.

К.С. Завриев в ЗИСе возглавляет исследования по разработке экономичного и обоснованного метода проектирования состава бетона и привлекает к ним как выдающихся специалистов (Ю.Я. Штаерман), так и молодых учеников (М.З. Симонов, А.И. Яшвили, Н.А. Агрызков и др.). В основу метода, впоследствии получившего название «Закавказского», были положены ясные физические представления о пустотности песка и камневидной составляющей и степени их заполнения цементным тестом. Публикации по проектированию составов бетонов были начаты в 1930 г., а в 1942 г. выходит книга К.С. Завриева и М.З. Симонова [3], в которой «Закавказский метод» проектирования состава бетона получил дальнейшее развитие. Метод обеспечивал не только прочность и плотность, но и заданную консистенцию бетонной смеси. При этом прочность бетона прогнозировалась на основе несколько измененной формулы Фере.

В сферу научных интересов К.С. Завриева входили вопросы, связанные с применением бесцементного бетона в гидротехническом строительстве; влияния биологического фактора на стойкость бетона в морских сооружениях; создания легкого бетона и железобетона; разработки конструкции и технологии изготовления многопустотных панелей. Им были организованы систематические исследования в области преднапряженного железобетона; начаты поисковые работы по полу-

чению расширяющегося цемента; разработана технология производства центрифугированного бетона; разработан проходческий тоннельный комбайн для возведения бетонных обделок [1].

По инициативе и под руководством К.С. Завриева в 1931 г. было произведено в большом масштабе опытное применение бесцементного бетона на Иджеванской гидроэлектростанции в Армении [4].

Особое значение имеют также работы К.С. Завриева по расчету каменных арочных мостов, в которых им не только была устранена погрешность известного немецкого ученого А. Штрасснера, но и значительно усовершенствован его метод расчета арок [5–7].

К.С. Завриев до конца своих дней не прекращал активной научной и административной работы. Несмотря на преклонный возраст, каждое утро чуть раньше начала рабочего дня он входил в кабинет директора своего детища – Института строительной механики и сейсмостойкости АН ГССР, носящего теперь его имя. Двери его кабинета всегда были открыты, к нему входили сотрудники, строители, советовались, получали указания, консультации [1].

Кириак Самсонович был большим оптимистом, влюбленным в жизнь и в свое дело, гордым, самолюбивым, очень гуманным и активно доброжелательным человеком [1].

Кириак Самсонович Завриев создал в Закавказье школу инженеров-строителей. В дальнейшем его ученики становились академиками, директорами институтов строительного профиля, заведующими кафедрами и работали в проектных, строительных и научных организациях. Среди них А.Г. Назаров – академик Академии наук Армении (АНА), директор Института сейсмологии; В.В. Михайлов – академик Академии строительства и архитектуры СССР, руководитель лаборатории НИИ железобетона; М.З. Симонов – член-корреспондент АНА, руководитель лаборатории Армянского НИИ стройматериалов; Ш.Г. Напертваридзе – академик АНГ, руководитель отдела НИИ строительной механики и сейсмостойкости при АНГ; З.Н. Цилосани – член-корреспондент АНГ, заведующий отделом НИИ строительной механики и сейсмостойкости при АНГ; А.П. Филин – заведующий кафедрой Ленинградского политехнического института и многие другие.

**И.В. Козлова,**  
канд. физ.-мат. наук

#### Список литературы

1. Завриев Кириак Самсонович, о нем / Воспоминания о К.С. Завриеве. Тбилиси: Мецниереба, 1981. 138 с.
2. *Завриев К.С.* Расчет инженерных сооружений на сейсмостойкость. Тифлис: Изд-во Тифлисского политехнического института, 1928.
3. *Завриев К.С., Симонов М.З.* Проектирование составов бетона. Практ. руководство. Тбилиси: ГрузНИТО строителей, 1942. 60 с.
4. *Цулукидзе П.П., Симонов М.З.* Гидротехнический бесцементный бетон. Тбилиси: ГрузНИТО строителей, 1940.
5. *Завриев К.С.* Расчет бесшарнирных круговых и параболических арок применительно к каменным мостам // Сборник инженерных исследований. 1929. № 25.
6. *Завриев К.С.* Расчет бесшарнирных каменных мостов при условии раскручивания их методом Фрейсиэ. Тифлис: Изд-во Гос. политехн. ин-та Грузии, 1929.
7. *Завриев К.С.* Расчет арочных мостов. М.: Трансжелдориздат, 1956. 116 с.

С.Н. ЛЕОНОВИЧ, д-р техн. наук, Белорусский национальный технический университет;  
А.В. ПРАСОЛ, магистр техн. наук, Белорусский государственный университет транспорта (Минск)

## Модели периода инициирования коррозии арматуры

Процесс коррозии арматуры разделен на два основных периода – инициирования и распространения коррозии. Период инициирования коррозии завершается при достижении хлор-ионами предельной концентрации на поверхности арматуры.

Проникновение хлора в бетон – сложное взаимодействие физических и химических процессов. Для исследования проникновения хлора в бетон сравнивается концентрация хлора возле арматуры с предельной концентрацией хлоридов. Предельная концентрация хлоридов – концентрация хлора, при которой арматура начинает корродировать. При моделировании проникновения хлора в бетон выделяются три основных параметра: транспортные свойства бетона; концентрация хлора и значение пороговой концентрации хлора как функция времени.

При изучении проникновения ионов хлора в бетон можно выделить два основных процесса – транспортный и закрепление ионов хлора в цементном камне.

Различают три принципиальные модели транспортировки ионов хлора в бетон: 1) диффузия, которая является движением ионов под воздействием градиента концентрации; 2) конвекция, которая является движением ионов с потоком жидкости; 3) перемещение, которое является движением ионов под действием внешнего электрического поля.

Закрепление ионов хлора в цементном камне зависит от состава бетона и скорости карбонизации. Факторы, которые влияют на проникновение ионов хлора, – свойства материала, определяемые составом бетона, формованием и твердением, внешними воздействиями.

Проанализированы широко применяемые модели расчета проникновения хлора в бетон. Закон диффузии Фика показывает, как может использоваться решение функции ошибки второго закона Фика для оценки кривых проникновения хлора. Модели DuraCrete и Mejlbro-Poulsen также базируются на втором законе Фика. Конвекционная модель хлоридов описывает конвекцию и диффузию из хлоридов в бетон. Модель базируется на соотношении баланса масс, которые могут быть определены для бетона. Модель ClinConc (хлориды в бетоне) используется для расчета проникновения хлора в бетон и также базируется на балансе соотношения масс, которые могут быть определены для бетона. MsDiff-модель (многокомпонентная диффузия) рассчитывает проникновение хлоридов в бетон и базируется на балансе соотношения масс, которые могут быть определены для бетона. При этом рассматривается совместная транспортировка ионов хлора, натрия, калия и гидроксидов.

Основные модели расчета периода инициирования коррозии арматуры

Модель коррозии	Алгоритм расчета	Параметры модели	Преимущества	Недостатки	Литературные источники
Закон диффузии Фика	$C(x, t) = C_{\infty} \left( 1 - \operatorname{erf} \left( \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right) \right)$	$t$ – время экспозиции в условиях воздействия хлоридсодержащей среды; $C(x, t)$ – концентрация ионов хлора на расстоянии $x$ от поверхности бетона в момент времени $t$ ; $D$ – коэффициент диффузии хлорида; $C_{\infty}$ – равновесная концентрация хлорида на поверхности бетона	Можно получить общие аналитические решения проблем диффузии и выразить концентрацию хлоридов в каждой точке конструкции	Применяется только к случаям одномерного процесса проникновения среды в объем конструктивного элемента, не позволяет учесть влияние напряженно-деформированного состояния материала конструкции на кинетику проникновения	1–8
DuraCrete-модель	$C(x, t) = C_{SN} \left[ \operatorname{erf} \frac{x}{2\sqrt{D_a(t)t}} \right]$	$C_{SN}$ – поверхностная концентрация хлора; $D_a(t)$ – коэффициент диффузии хлора; $k_c$ – коэффициент, который учитывает влияние изготовления; $k_e$ – коэффициент, который учитывает влияние окружающей среды; $k_t$ – коэффициент, который учитывает влияние метода испытаний	Модель в большей степени получена на наблюдениях проникновения хлора в реальных конструкциях; рассматривает уменьшающуюся диффузионную проницаемость бетона с возрастом	Необходимо проверять достоверности данных, используемых в модели	9–11
Mejlbro-Poulsen-модель	$C(x, t) = C_i + (C_{sa} - C_i) \psi(z)$	$C_i$ – начальное содержание хлоридов в бетоне; $C_{sa}$ – явная поверхностная концентрация хлора; $D_{a,ex}$ – явный коэффициент диффузии, получаемый приспособлением кривой к профилю проникновения хлоридов; $t_{ex}$ – время воздействия, которым оценивается явный коэффициент диффузии	Модель применима к измеренным кривым проникновения хлора, полученным в полевых условиях	Необходимо иметь кривые проникновения хлора для того же состава бетона по крайней мере трех различных возрастов, подверженного воздействию той же самой окружающей среды	12–14

Модель коррозии	Алгоритм расчета	Параметры модели	Преимущества	Недостатки	Литературные источники
Конвекционная модель хлоридов	$\Delta C_{tot} = \frac{\Delta t}{\Delta x} (q_{Cl}(x, t) - q_{Cl}(x + \Delta x, t))$	$q_{Cl}$ – скорость транспортировки хлоридов; $D_{Cl}$ – коэффициент диффузии хлоридов; $w$ – содержание влаги; $T$ – температура; $C_f$ – концентрация свободных хлоридов в объеме поровой жидкости; $\varphi_{sat}$ – относительная влажность выше насыщаемого раствора; $w_{cap}$ – влажность при капиллярном насыщении; $w$ – влажность	Модель рассматривает диффузию и конвекцию хлоридов с учетом закрепления хлоридов	Транспортировка ионов хлора описана независимо от других ионов, представленных в поровой жидкости; закрепление хлора и поровая система бетона описаны упрощенным способом	15
ClinConc-модель	$\frac{\partial C_{tot}}{\partial t} = \frac{\partial C_f}{\partial t} + \frac{\partial C_b}{\partial t} = \frac{\partial C_f}{\partial t} \cdot \left(1 + \frac{\partial C_b}{\partial C_f}\right) = -\frac{\partial q_{Cl}}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} D_0 \frac{\partial C_f}{\partial x}$	$C_{tot}$ – общее содержание хлоридов; $C_f$ – содержание свободных хлоридов; $C_b$ – содержание связанных хлоридов; $q_{Cl}$ – поток хлоридов; $D_0$ – коэффициент диффузии; $m$ – масса твердой составляющей в бетоне; $\rho$ – плотность твердой составляющей в бетоне; $W_n$ – неиспаряющаяся вода, которая является функцией степени гидратации	В модели используется небольшое количество параметров ( $D_{STH}$ ), которые должны быть определены до начала вычислений (не используются параметры, которые должны быть определены количественно по кривым). Другие параметры в модели определяются из свойств бетонной смеси и условий воздействия	Модель может использоваться только для определения проникновения хлора в бетон, подвергающийся воздействию морской воды; малое количество данных о влиянии температуры на закрепление хлора, что ведет к большой неточности при расчете закрепления хлора	16
MsDiff	$C_{Ti} = \rho \cdot c_i + (1 - \rho) \cdot \rho \cdot C_{bi}$	$D_{ei}$ – эффективный коэффициент диффузии; $c_i$ – свободная концентрация в растворе; $\gamma_i$ – коэффициент активности для рассматриваемых ионов; $T$ – температура; $E$ – электрическое поле; $C_{bi}$ – связанное количество твердого вещества; $\rho$ – пористость бетона; $\rho$ – плотность сухого бетона			17

Результаты проведенного анализа моделей расчета сведены в таблицу.

Таким образом, рассмотрены основные существующие модели расчета проникновения хлор-ионов. Проанализированы их преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** коррозия арматуры, модели расчета, период иницирования.

**Список литературы**

- Bamforth P.B. Definition of exposure classes and concrete mix requirements for chloride contaminated environments: In Proc. 4th Int. Symp. On Corrosion of Reinforcement in Concrete Construction. Cambridge: SCI, 1996. Pp. 176–188.
- Berke N.S et al. Predicting Chloride Profiles in Concrete // Corrosion. 1994. V. 50. № 3. Pp. 234–239.
- Ciampoli M. et al. Probability-based durability design of reinforced concrete structures: In Proceedings of First International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management. Barcelona, 2002.
- Hausmann, D.A. Steel Corrosion in Concrete // Materials Protection. 1967. № 11. Pp. 19–23.
- Hobbs D.W. Chloride ingress and chloride-induced corrosion in reinforced concrete members: In Proc. 4th Int. Symp. On Corrosion of Reinforcement in Concrete Construction. Cambridge, 1996. Pp. 124–135.
- Sterritt G. et al. Reliability-Based Inspection Planning for RC Highway Bridges // Safety, Risk, Reliability. Trends In Engineering. 2001. Pp. 1001–1007.
- Thoft-Christensen P. Deterioration of concrete structures: In Proceedings of First International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management. Barcelona, 2002.
- Thoft-Christensen P. Estimation of the Service Lifetime of Concrete Bridges: In Proceedings ASCE Structures Congress XV. Portland, Oregon, USA, 1997.
- DuraCrete (1999b), Models for Environmental Actions on Concrete Structures, Document BE95-1347/R3, The European Union – Brite EuRam III, Contract BRPRCT95-0132, Project BE95-1347, CUR, Gouda, 1999.
- DuraCrete (2000b), Statistical quantification of the Variables in the Limit State Functions, Document BE95-1347/R9, The European Union – Brite EuRam III, Contract BRPR-CT95-0132, Project BE95-1347, CUR, Gouda, 2000.
- Maage M., Poulsen E., Vennesland O., Carlsen J.E. Service life model for concrete structure exposed to marine environment, Initiation period. LIGHTCON Report No. 2.4, STF70 A94082 SINTEF, Trondheim, 1995.
- Poulsen E. Details of the Mejlbro-Poulsen model, Chapter 3: In HETEK-report No. 83, Danish road directorate, Copenhagen, 1997.
- Mejlbro L. The complete solution to Fick’s second law of diffusion with time-dependent diffusion coefficient and surface concentration: In Proceedings of CEMENTA’s Workshop on Durability of Concrete in Saline Environment, Danderyd, 1996.
- Frederiksen J.M., Mejlbro L., Poulsen E. The HETEK model of chloride ingress into concrete made simpler by approximations: In Proceedings of 2nd International RILEM Workshop on Testing on Modelling the Chloride Ingress into Concrete, Paris, 2000. Pp. 317–336.
- Nilsson L.-O. A model for convection of chloride, Chapter 7: In HETEK-report No. 83, Danish road directorate, Copenhagen, 1997.
- Tang L. Chloride transport in concrete: In Measurement and Prediction, Publication P-96:6, Department of Building Materials, Chalmers University of Technology, 1996.
- Truc O. Prediction of Chloride Penetration into Saturated Concrete: In Multi-Species Approach, Publication P-00:4, Department of Building Materials, Chalmers University of Technology, Goteborg, 2000.

С.Н. ТОЛМАЧЕВ, канд. техн. наук, Е.А. БЕЛИЧЕНКО, инженер,  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)

## Повышение долговечности тяжелого бетона путем комплексной активации структурных уровней

Известно, что структуру цементного бетона можно представить как систему «структура в структуре» [1, 2]. Для цементного бетона иерархия структур представляется следующим образом:

- субмикроструктура – истинный или коллоидный водный раствор растворимых или нерастворимых веществ;
- микроструктура – цементное тесто в незатвердевшем или затвердевшем состоянии;
- мезоструктура – цементно-песчаная растворная смесь или цементно-песчаный раствор;
- макроструктура – крупный заполнитель совместно с цементно-песчаной частью.

Такое деление структуры бетона на уровни вызвано в первую очередь тем, что каждый из них удобно рассматривать как единое целое с присущей ему определенной степенью однородности. Это позволяет, предложив ту или иную физическую или физико-математическую модель поведения определенного уровня структуры, применить законы физико-химической механики и механики разрушения и описать состояние бетона и прогнозировать его поведение.

Такой подход имеет один недостаток, который заключается в том, что даже в случае идеального подбора материалов бетон имеет высокую степень неоднородности, которая возрастает с переходом от низшего уровня структуры к высшему. Минимальная неоднородность присуща субмикроструктуре, максимальная – макроструктуре. Поэтому повышение однородности всех уровней структуры является одной из задач бетоноведения, решение которой позволит улучшить эксплуатационные свойства бетона. Наиболее простое решение этой задачи, как известно, возможно на основе приложения определенных видов активационных воздействий.

Для улучшения свойств бетона предлагались различные виды воздействий, среди которых можно выделить активацию отдельных компонентов бетонной смеси (цемента, песка, щебня); активацию субмикро-, микро-, мезо- и макроструктуры бетонной смеси и бетона; введение химических и минеральных добавок как особый способ активации отдельных компонентов смеси и уровней структуры бетона.

Активация может быть осуществлена химическим, физическим, физико-химическим, механическим способами. Эффективность каждого отдельного разработанного метода воздействия доказана многочисленными исследованиями и подтверждена на практике.

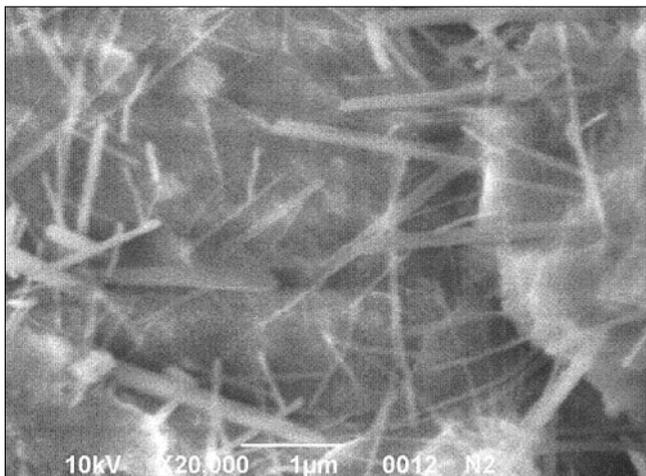
Однако практически отсутствуют исследования, в которых были бы показаны сравнительные данные, позволяющие судить об эффективности комплекса методов активации, включающего, например, все три вида воздействий или все способы активации. Отсутствуют данные о результатах комплекса одновременных воздействий нескольких вариантов активации. Очевидно, это связано с тем, что при одновременном наложении

двух или более видов воздействий они начинают противодействовать друг другу, что может привести к прямо противоположному эффекту – вместо улучшения свойства бетона ухудшаются. Причем это может проявиться не сразу, а с течением времени.

Удачным решением, позволяющим исключить хаотическое применение активационных воздействий, был предложенный О.П. Мчедловым-Петросяном «принцип соответствия», или «принцип когерентности» [3]. Согласно этому принципу для получения материала с заданными свойствами должно быть соблюдено соответствие между характеристиками исходных материалов и методами их обработки, т. е. активации. Это принцип, который предусматривает приложение определенного воздействия для определенного компонента (компонентов) в нужное время и в необходимом объеме. В основе принципа лежат фундаментальные законы физико-химической механики, физикохимии и ее раздела – коллоидной химии. Практическим приложением принципа является принцип оптимальной дисперсности, позволяющий уменьшить неоднородность материала и повысить его прочность. Теория образования и развития дисперсных структур хорошо освещена в работах П.А. Ребиндера и его учеников [4]. В первую очередь это относится к цементу и далее к микроструктуре цементного бетона, т. е. твердеющему или затвердевшему цементному камню. В работах О.П. Мчедлова-Петросяна также изложены основные факторы, влияющие на качество получаемого бетона: качество исходных компонентов; условия изготовления смеси; условия изготовления и эксплуатации изделий.

Развитие этих положений применительно к цементному бетону нашло отражение в работах И.Н. Ахвердова, В.И. Бабушкина, Ю.М. Баженова, В.Г. Батракова, И.М. Грушко, Л.И. Дворкина, В.М. Москвина, А.Н. Плугина, И.А. Рыбьева, В.И. Соломатова, А.Е. Шейкина, Л.Г. Шпыновой, А.В. Ущерова-Маршака и их последователей. Однако в этих работах в первую очередь были рассмотрены отдельные виды активационных воздействий, касающиеся в первую очередь мезо- и макроструктуры бетона. Теория направленного структурообразования на уровне микроструктуры и частично субмикроструктуры получила развитие в исследованиях школы А.Н. Плугина [5]. В них показано, что характер формируемой микроструктуры бетона определяет его свойства.

Если рассматривать задачу более широко, то можно сказать, что все уровни структуры бетона иерархичны, т. е. имеет место подчиненность более грубых и менее однородных структурных уровней более дисперсным и упорядоченным. Тогда для формирования структуры бетона в целом необходимо применить принцип соответствия на каждом уровне структуры начиная с субмикроуровня. Если в каждом случае выбрать соответствующее активационное воздействие, определив при



Электронно-микроскопическое изображение цементного камня с УНЧ. Увеличение  $\times 20000$

этом, не оказывает ли оно отрицательное влияние на следующий структурный уровень, то можно создать бетон, отличающийся высокой долговечностью и обладающий заранее заданными свойствами. Этот метод нашел подтверждение в разработках, связанных с созданием и применением так называемых высокофункциональных бетонов (High Performance Concrete – HPC). Однако и в этом случае активация касается микро- и мезоструктурных уровней бетона и не затрагивает субмикроструктуру, т. е. воду затворения с находящимися в ней веществами.

Данные исследования касаются активации в первую очередь на субмикро- и микроуровне бетона. Для этого рассмотрено влияние углеродных коллоидных наноразмерных частиц (УНЧ) на различные уровни структуры бетона. Размеры наночастиц составляли  $10^{-8}$ – $10^{-9}$  м, что позволило воздействовать на субмикроструктуру и эффективно активировать процессы, происходящие на микроуровне структуры.

Как следует из представленных данных (табл. 1), влияние УНЧ на прочность цементосодержащих систем различно. Например, для цементного камня, наиболее однородном уровне структуры бетона, прирост прочности при введении УНЧ составляет 160–190%. Для раствора с различным соотношением цемента и песка уровень структуры, отличающийся меньшей однородностью, максимальный прирост прочности составил 140–150%. При этом оказалось, что чем выше содержание песка в составе раствора, тем меньше прирост прочности. Для мелкозернистого бетона наименее однородный уровень структуры бетона, с максимальной крупностью заполнителя 10 мм прирост прочности не превышает 25%.

Исследованиями установлено, что применение еще одного способа активации – тепловлажностной обра-

ботки совместно с введением УНЧ повышает прочность цементного камня по сравнению с цементным камнем, твердеющим в нормальных условиях (табл. 1).

Разница в прочности после ТВО и после 3 сут естественного твердения по сравнению с системой, не содержащей УНЧ, выше для всех уровней структуры. В этом случае также наблюдается снижение эффективности действия УНЧ при переходе от микро- к мезо- и далее, макроуровню. Было установлено, что применение мягких режимов ТВО увеличивает разность в приросте прочности по сравнению с контрольными составами между бетоном пропаренным и естественного твердения. Это позволяет утверждать, что в данном конкретном случае для получения бетона с высокой ранней прочностью более эффективно применение двух способов активации – УНЧ и пропаривания.

Полученные данные также позволяют утверждать, что для жестких смесей, уплотняемых прессованием, когда воды затворения мало, эффективность введения УНЧ возрастает, что характерно для бетона естественного твердения и подвергнутых ТВО.

Более того, при прессовании эффективность введения УНЧ возрастает для более грубых структурных уровней – цементно-песчаного раствора и мелкозернистого бетона, что можно увидеть по изменению прочности. Очевидно, что в этом случае физико-химическая активация усиливается механическим воздействием – созданием плотной упаковки частиц всех размеров на всех структурных уровнях. Это подтверждает высказанное предположение о возможности улучшения качества бетона за счет правильного выбора комплекса воздействий на его уровни структуры.

Теоретические предположки преимущественного улучшения прочности цементного камня основаны на основополагающих законах физической химии. Углеродные частицы в начальный период равномерно распределены в объеме жидкой фазы. С течением времени по законам термодинамики они объединяются в более крупные ассоциаты, которые имеют размеры  $10^{-8}$  м и могут являться первичными центрами кристаллизации. В дальнейшем в соответствии с теорией электровзаимодействий А.Н. Плугина ассоциаты – обладающие значительным отрицательным зарядом углеродные частицы присоединяют положительно заряженные частицы этрингита и диссоциированные алюминатные фазы цемента. Они становятся мостиками, которые одновременно являются и центрами кристаллизации и инициаторами ее ускорения (см. рисунок). Тем самым ускоряется кристаллизация, которая является лимитирующим звеном в цепи начальных физико-химических превращений при твердении цемента. На субмикро- и микроуровне основная роль принадлежит выполнению законов физической и коллоидной химии, учет которых позволяет управлять процессами структурообразования.

С переходом на более грубые по дисперсности уровни структуры неоднородность системы возрастает

Таблица 1

№ п/п	Уровень структуры	Наличие УНЧ	$R_{ТВО}$ , % контроля	$R_{3 сут}$ , % контроля	$R_{28 сут}$ , % контроля
1	Микро	–	100	100	100
2	Микро	+	190	130	160
3	Мезо	–	100	100	100
4	Мезо	+	140	120	150
5	Макро	–	100	100	100
6	Макро	+	125	115	125

Примечание. Контроль – прочность образца, не содержащего УНЧ.

Таблица 2

№ состава		$R_{сж}$ , МПа
1	Контроль	37,3
2	УНЧ	55,4
3	Fm 21 – 0,5% массы цемента	43,1
4	Fm 21 – 0,7% массы цемента	39,2
5	УНЧ + Fm 21 – 0,5% массы цемента	64,1
6	УНЧ + Fm 21 – 0,7% массы цемента	50,4

и возникает необходимость ее уменьшить, например за счет более упорядоченного расположения частиц различной крупности механическим способом. На этом основано введение в состав цементных растворов и мелкозернистых бетонов, например микронаполнителей размером  $10^{-5}$ – $10^{-7}$  м, которые в первую очередь заполняют поры различного диаметра в микро- и мезоструктуре. Это достаточно эффективный прием модификации структуры, позволяющий повысить прочность и долговечность раствора и бетона. Количество вводимого наполнителя ограничено, так как его высокая водопотребность приводит к повышению содержания воды в бетоне, что влечет за собой повышение пористости, а значит, снижение эксплуатационных характеристик бетона. Отмечено, что уплотнение мезо- и макроструктуры введением инертных частиц различного размера наиболее эффективно в прессованном бетоне, где количество воды ограничено и вода в нем кроме основной составляющей для создания кристаллогидратов может выполнять и другие функции. Поэтому с переходом на более грубый уровень возрастает роль химических и минеральных добавок, вводимых в бетон, механизм действия которых подчиняется фундаментальным законам коллоидной химии.

Известно, что химические добавки – суперпластификаторы оказывают сильное влияние на свойства бетонных смесей и бетона. Однако в зависимости от применяемого метода воздействия на бетонную смесь в период уплотнения эффективность таких добавок различна. Например, при сравнительном анализе влияния УНЧ и суперпластификатора Fm 21 на прочность бетона было установлено, что применение химической добавки эффективнее введения УНЧ. Разница в прочности виброуплотненного бетона с 0,7% Fm 21 по сравнению с бетонами с УНЧ составила 25%. Для бетонов, уплотняемых прессованием, наблюдается иная картина (табл. 2).

Введение УНЧ позволяет повысить прочность при сжатии после ТВО песчаного бетона состава Ц:П = 1:1,5 на 48% (составы 1 и 2). Введение суперпластификатора Fm 21 в количестве 0,5% массы цемента приводит к меньшему приросту прочности на 16% по сравнению с составом без всяких добавок (составы 1 и 3). Применение Fm 21 в количествах более 0,5% приводит к уменьшению эффективности действия добавки и снижению прочности бетона (составы 3 и 4). В то же время совместное введение УНЧ и Fm 21 приводит к росту прочности бетона на 72% (составы 1 и 6). Это больше суммарного прироста прочности бетона с отдельно взятыми добавками – 62%. Этот эксперимент показал, что применение нескольких способов воздействия (УНЧ+Fm 21+прессование+ТВО) на различные структурные уровни бетона позволяет достичь неаддитивного эффекта роста прочности.

Проведенные исследования показали, что для повышения качества тяжелого цементного бетона в каждом конкретном случае возможно и использование комплекса методов воздействия на структурные уров-

ни бетона достаточно эффективно. При этом необходимо, чтобы методы воздействия усиливали индивидуальность каждого, что позволяет значительно повысить долговечность бетона. В описанном случае изучение эксплуатационных свойств бетона с УНЧ позволило установить, что комплекс воздействий (УНЧ+ТВО+прессование) повышает не только прочность, но также снижает водопоглощение до 30% и истираемость до 40%, повышает морозостойкость на 1–2 марки. Еще больший эффект обеспечивает дополнительно сочетание этого комплекса с применением суперпластификатора.

**Ключевые слова:** углеродные коллоидные наноразмерные частицы, иерархия структур бетона, прочность.

**Список литературы**

1. Грушко И.М., Глуценко Н.Ф., Ильин А.Г. Структура и прочность дорожного цементного бетона. Харьков: Харьковский государственный университет, 1965. 135 с.
2. Бабушкин В.И. Физико-химические процессы коррозии бетона и железобетона. М.: Стройиздат, 1968. 187 с.
3. Мчедлов-Петросян О.П. Химия неорганических строительных материалов. М.: Изд-во литературы по строительству, 1971. 224 с.
4. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика дисперсных структур. М.: Стройиздат, 1966. 400 с.
5. Плугин А.Н., Плугин А.А., Калинин О.А. Коллоидно-химические основы прочности, разрушения и долговечности бетона и железобетонных конструкций // Цемент. 1997. № 2. С. 28–32.



А.В. Ушеров-Маршак

БЕТОНОВЕДЕНИЕ

ЛЕКСИКОН

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2009. 112 с.

Издание подготовлено в виде толкового словаря, ориентированного на формирование понятийно-терминологического аппарата бетоноведения – одной из динамично развивающихся, сложных и специфических областей материаловедения. Учтены тенденции международной интеграции науки о бетоне и его технологии.

«Бетоноведение: лексикон» содержит более 650 терминов и понятий, 150 аббревиатур международно признанных словосочетаний, наиболее часто употребляемых в профессиональной научно-технической литературе и нормативных документах. Особенность издания состоит в насыщенности информацией физико- и коллоидно-химического характера в связи с возрастающей ролью этих знаний при обосновании составов, структур, свойств, технологических процессов получения и службы бетона.

Издание рассчитано на широкий круг представителей науки, образования, в том числе учащихся вузов и колледжей, практики строительной сферы.

Цена 1 экз. без почтовых услуг 250 р., НДС не облагается

Книгу можно заказать с сайта издательства

www.rifsm.ru

Тел./факс: (499) 976-20-36, 976-22-08

e-mail: mail@rifsm.ru

УДК 691:51:666.9 (075.8)

Г.И. БЕРДОВ, д-р техн. наук, Л.В. ИЛЬИНА, канд. техн. наук,  
В.Н. ЗЫРЯНОВА, д-р техн. наук, Н.И. НИКОНЕНКО, В.А. СУХАРЕНКО, инженеры,  
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

## Влияние минеральных микронаполнителей на свойства строительных материалов

Дисперсные минеральные наполнители (добавки) широко используются для модификации строительных материалов, изменения в требуемом направлении их технологических, эксплуатационных свойств [1, 2].

Во многих случаях введение добавок обеспечивает сокращение расхода дорогостоящих вяжущих веществ [1–4]. Эффективное использование дисперсных минеральных наполнителей зависит от химического состава и дисперсности вяжущего вещества и вводимой минеральной добавки.

Для обеспечения высокой эффективности действия минеральных микронаполнителей важны не только их свойства, но и вводимое количество и дисперсность. Следует отметить, что количество вводимых минеральных добавок во многих случаях выбирается достаточно произвольно и изменяется от долей процента до нескольких десятков процентов массы вяжущего вещества (цемента, оксида магния, гипса) [2–4]. Дисперсность добавок учитывается далеко не всегда и в некоторых случаях в публикациях не анализируется. Оценим оптимальное количество вводимых минеральных наполнителей из представлений о плотной упаковке частиц. Оптимальная концентрация добавок соответствует случаю, когда частица добавки со всех сторон плотно окружена частицами гидратированного вяжущего.

Предположим, что частицы вяжущего вещества (цемента, оксида магния, гипса) и добавок имеют сферическую форму и одинаковые размеры, частицы добавки распределены по объему равномерно. В этом случае приемлемы закономерности формирования плотной структуры при укладке шаров [5, 6]. В структуре с плотной упаковкой шаров они занимают 74,05% общего объема, а 25,95% приходится на пустоты между шарами.

Массовая доля добавки, %, может быть определена по соотношению плотностей:

$$m_d = 8,3 \frac{\rho_d}{\rho_v}, \quad (1)$$

где  $m_d$  – процент вводимой добавки от массы вяжущего;  $\rho_d$  – плотность добавки, г/см<sup>3</sup>;  $\rho_v$  – плотность вяжущего, г/см<sup>3</sup>.

Рассмотрим, например, влияние количества гипса на свойства цементного теста и прочность цементного камня. Экспериментальные результаты показывают четко выраженное оптимальное количество добавки гипса 5 мас. % как по срокам схватывания цементного теста, так и по прочности цементного камня. Близкое к этому количеству гипса используется при производстве портландцемента. Рассчитанное с учетом плотности гипса оптимальное количество добавки составляет 5,87 мас. %. Эта величина близка к полученным экспериментальным данным.

Представим частицы вяжущего и добавки сферическими и определим массовую долю добавки при различной дисперсности для случая плотной упаковки частиц:

$$n_d = \frac{\pi D_d^3 \cdot \rho_d}{6 \cdot k \cdot \pi D_v^3 \cdot \rho_v} = \frac{1}{k} \cdot \frac{D_d^3}{D_v^3} \cdot \frac{\rho_d}{\rho_v}, \quad (2)$$

где  $D_d$  – диаметр частиц добавки;  $D_v$  – диаметр частиц вяжущего;  $k$  – координационное число, т. е. количество частиц вяжущего, плотно окружающих частицу добавки, определяется, например, по правилу Полинга [5, 6].

Применение правила Полинга в этом случае является условным, так как оно справедливо для случая размещения ионов в кристаллических решетках, когда кроме плотной упаковки частиц требуется компенсация электрических зарядов ионов для обеспечения электронейтральности кристаллической решетки в целом. Из формулы (2) следует, что с увеличением дисперсности добавок их оптимальное количество уменьшается.

В ряде случаев, например для повышения водостойкости и прочности магниевых вяжущих, требуется введение максимального количества минеральных наполнителей. В этом случае их оптимальная концентрация может быть также оценена из представлений о плотной упаковке частиц. Для простейшего случая шаров одинакового размера можно предполагать, что оптимальный объем минерального наполнителя в этом случае будет составлять 74%, а его массовая доля с учетом плотности будет равна 70–80%.

В работе исследован *портландцемент* ООО «Искитимцемент» (Новосибирская обл.) марки ПЦ400Д20. Минеральный состав, мас. %: C<sub>3</sub>S – 50–55; C<sub>2</sub>S – 18–22; C<sub>3</sub>A – 7–11; C<sub>4</sub>AF – 12–15. Удельная поверхность 3200 см<sup>2</sup>/г. Химический состав, мас. %: SiO<sub>2</sub> – 20,7; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 6,9; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 4,6; CaO – 65,4; MgO – 1,3; SO<sub>3</sub> – 0,4.

Образцы для определения предела прочности: цементного камня – 20×20×20 мм; цементно-песчаного раствора – 40×40×160 мм; бетона – 100×100×100 мм. Тепловлажностную обработку (ТВО) проводили по режиму: подъем температуры 3 ч; выдержка при 90°C 6 ч; снижение температуры 2 ч.

В цементно-песчаном растворе соотношение цемент:песок составляло 1:3. Состав бетонной смеси, кг/м<sup>3</sup>: цемент – 333; песок – 615; известняковый щебень – 1300; вода – 226.

В качестве дисперсных минеральных добавок использовали измельченные природные горные породы, являющиеся отходами горнодобывающего производства, – волластонит и диопсид. Волластонит Слюдянского месторождения, мас. %: SiO<sub>2</sub> – 47; CaO – 49,4; MgO – 1,2; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,1; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,1; ППП – 2,1. Диопсид Алданского месторождения, мас. %: SiO<sub>2</sub> – 50,3; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 3,4; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5,8; CaO – 24,6; MgO – 15,6; R<sub>2</sub>O – 0,3.

Добавки измельчали в планетарной мельнице АГО-3 с мощностью двигателя 30 кВт. Величины, характеризующие дисперсность вводимых добавок, приведены в табл. 1.

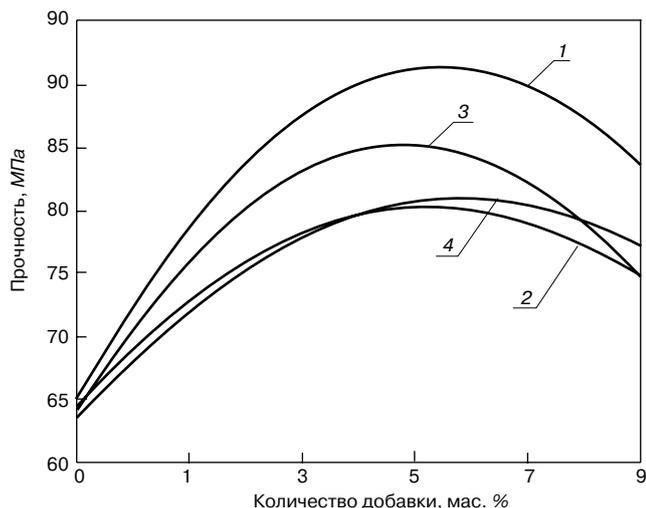


Рис. 1. Прочность цементного камня, твердевшего 28 сут в нормальных условиях, при введении добавки диоксида дисперсностью, см<sup>2</sup>/г: 1 – 3930; 2 – 6360; 3 – 9790; 4 – 11570

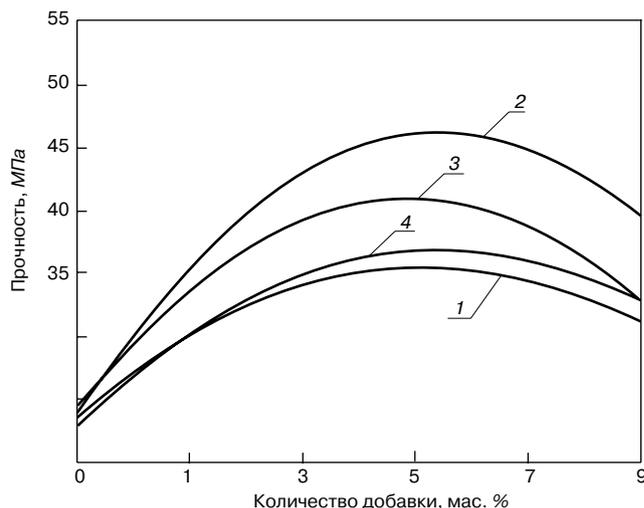


Рис. 2. Прочность цементно-песчаного раствора, твердевшего 28 сут в нормальных условиях при введении добавки диоксида дисперсностью, см<sup>2</sup>/г: 1 – 3930; 2 – 6360; 3 – 9790; 4 – 11570

Изменение прочности образцов цементного камня, цементно-песчаного раствора и бетона в зависимости от количества вводимой добавки диоксида различной дисперсности приведено на рис. 1, 2.

Аналогичные данные получены при тепло-влажностной обработке образцов, а также при введении добавки воластонита. При этом добавка диоксида более эффективна вследствие большей его твердости.

Во всех случаях четко проявляется оптимальное количество добавки. Если ее дисперсность близка к дисперсности цемента, то оптимальное количество добавки составляет 7–8%, что близко к приведенной выше теоретической оценке. При увеличении дисперсности добавки ее оптимальная концентрация уменьшается. При введении оптимального количества диоксида прочность бетона значительно возрастает.

Введение дисперсных минеральных добавок (диоксида, воластонита) оказывает влияние на формирование структуры цементного камня. Об упрочнении его структуры свидетельствует смещение температуры эндозффектов на термограмме цементного камня в область более высокой температуры.

Введение добавок оказывает существенное влияние также на поровую структуру цементного камня. При этом, как показывают результаты ртутной порометрии, значительно уменьшается средний диаметр пор, возрастает их характеристическая длина и уменьшается извилистость. Вследствие рассмотренных изменений струк-

туры значительно повышается (с марки F200 до F300) морозостойкость бетона (табл. 2).

Таким образом, введение оптимального количества дисперсных минеральных добавок позволяет существенно повысить важнейшие свойства цементных строительных материалов (бетона, цементно-песчаного раствора) – механическую прочность и морозостойкость. К числу эффективных минеральных добавок относится диоксид и воластонит.

Приведенные выше экспериментальные данные относятся к цементу с удельной поверхностью 3200 см<sup>2</sup>/г. Исследовали также цемент марки СЕМ I 52,5 R(т), мас. %: SiO<sub>2</sub> – 19,9; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 2,34; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 1,31; CaO – 63,4; MgO – 0,73 – с удельной поверхностью по воздухопроницаемости порошка на приборе ПСХ-2 4890 см<sup>2</sup>/г.

В качестве добавок использованы микрокремнезем, зола-унос и известняковая мука. Микрокремнезем Elkem Microsilika Grade 971-U содержит SiO<sub>2</sub> не менее 97,5%. Зола-унос EFA-Fuller KM/C в составе кристаллических фаз имела 82 мас. % муллита (3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2SiO<sub>2</sub>) и 18 мас. % кварца (SiO<sub>2</sub>). У известняковой муки KS-Mehl единственной кристаллической фазой является кальцит (CaCO<sub>3</sub>), содержание которого составляет 97 мас. %.

Исследованные добавки представляют собой тонкоизмельченные порошки. Для контроля дисперсности порошков в данной работе использован лазерный анализатор типа PRO-7000, обеспечивающий определение размеров частиц в пределах 1–192 мкм по 16 интерва-

Таблица 1

Продолжительность измельчения, с	Среднеобъемный размер частиц, мкм	Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	Объемная доля частиц с размерами	
			≤ 4 мкм	≤ 12 мкм
Воластонит				
0	28,6	3020	13,3	27,9
30	9	7460	34,6	57,6
45	5,9	8880	43,6	65,1
60	4,3	9820	49	68,1
Диоксид				
30	27	3930	19,5	31,9
60	12,8	6350	32,2	48,4
90	4,3	9790	49,2	66,6
120	2,9	11570	58,2	74,7

Таблица 2

Состав бетонной смеси	Изменение прочности, %, в зависимости от числа циклов					Изменение массы, %, в зависимости от числа циклов					Марка по морозостойкости
	20	30	45	75	110	20	30	45	75	110	
Исходный цемент	-1,5	-3,7	-5	-	-	1,4	1,9	-	-	-	F200
Исходный цемент с 7 мас. % диоксида дисперсностью 3930 см <sup>2</sup> /г	-1,7	-2,8	-3,7	-5,1	-	1,3	1,6	2	-	-	F300

Таблица 3

Характеристики дисперсности		Микрокремнезем	Зола-унос	Известняковая мука
Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г		5230	7420	8560
Среднеобъемный размер зерен, мкм		7,5	9,7	7,5
Среднеповерхностный размер зерен, мкм		2,9	1,1	0,9
Объемная доля частиц, %, размером, мкм	менее 4	24,3	32,2	37
	4-12	48	23,4	25,3
	свыше 12	27,7	44,4	37,7
Доля поверхности, занимаемой частицами, %	менее 4	62,9	83,8	86,1
	4-12	30,5	10,5	9,4
	свыше 12	6,6	5,7	4,5

лам значений. Гранулометрический состав микрокремнезема, золы-уноса и известняковой муки представлен в табл. 3.

Прочность при сжатии определена на образцах цементного камня размером 40×40×40 мм. Твердение образцов происходило при нормальных условиях в течение 3, 7, 14 и 28 сут. Микрокремнезем и золу-уноса вводили в цемент в количестве 1; 1,5; 2; 2,5 и 3%. Известняковую муку – 2; 5; 7; 9 и 11%. Полученные результаты приведены в табл. 4.

Во всех случаях четко проявляется оптимальное содержание добавок, обеспечивающее максимальное значение прочности образцов цементного камня. В исследованных интервалах содержания добавок оно составляло у микрокремнезема и золы-уноса – 1,5%, у известняковой муки – 7%.

Рассматриваемые наполнители, кроме известняка, отличаются высокой прочностью. Наиболее вероятно, что слабым местом структуры материала будет контактная зона или цементное связующее. По-видимому, влияние СаСО<sub>3</sub> будет проявляться в наибольшей мере в контактной зоне системы. Оптимальное содержание добавки будет определяться ее воздействием на гидратацию цемента, формирование контактной зоны между частицами добавки и цементным камнем. В рассматриваемом случае оптимальное содержание известняковой муки составляет 7 мас. %.

Таким образом, введение оптимального количества высокодисперсных минеральных добавок (золы-уноса, известняковой муки) позволяет повысить прочность цементного камня, полученного из цемента высокой дисперсности, на 10–15%. Оптимальное количество добавки зависит от ее дисперсности, твердости, плотности, модуля упругости.

Магнезиальные вяжущие вещества имеют ряд существенных преимуществ: достаточно быстрое схватывание, быстрый набор прочности. Вместе с тем они обладают низкой водостойкостью и большой усадкой при твердении, что ограничивает их применение.

В качестве микронаполнителя в магнезиальное вяжущее использовали измельченный волластонит Синюхинского месторождения химического состава, мас. %: 53,4 SiO<sub>2</sub>; 34,7 СаО; 0,3 MgO; 3,1 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 2,4 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, удельной поверхностью 3550 см<sup>2</sup>/г; среднеобъемным размером частиц 28,8 мкм.

Диоксидовый микронаполнитель представлял собой измельченную вмещающую породу-отход от переработки флогопитовых руд Алданского месторождения с удельной поверхностью 2090 см<sup>2</sup>/г, среднеобъемным размером частиц 38,6 мкм.

Порошок известняка АО «Искитимский известняковый карьер» (Новосибирская область) имел состав, мас. %: 54,7 СаО; 0,5 SiO<sub>2</sub>; 0,5 MgO; 0,2 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,1 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, удельную поверхность 6440 см<sup>2</sup>/г; среднеобъемный размер зерен 8,7 мкм.

Микрокремнезем ОАО «Кузнецкие ферросплавы» имел химический состав, мас. %: SiO<sub>2</sub> 94; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,1; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,02; MgO 0,3; СаО 0,08; R<sub>2</sub>O 0,3; С 0,2, удельную поверхность 6600 см<sup>2</sup>/г; среднеобъемный размер зерен 7,9 мкм.

Микронаполнители вводили в состав композиционного магнезиального вяжущего в количестве от 20 до 95 мас. %.

Затворяли композицию MgO – микронаполнитель раствором хлорида магния плотностью 1,2 г/см<sup>3</sup>. Соотношение MgO:MgCl<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>O в тесте принимали таким, чтобы нормальная густота (НГ) теста была примерно одинаковой и равной 48–52%, что соответствует синтезу стабильных гидроксохлоридов магния. Из теста формовали образцы размером 2×2×2 см, которые твердели на воздухе и в воде в течение 28 сут. После этого образцы испытывали на прочность при сжатии и исследовали методами рентгенофазового и термического анализа.

Введение волластонита в количестве 60% и более приводит к увеличению плотности вяжущего до значений 1,7–1,8 г/см<sup>3</sup>. Максимальная механическая прочность образцов достигается при количестве волластонита 60–85% (табл. 5).

После длительного хранения в воде (90 сут) образцы композиционного магнезиального вяжущего, содержащие волластонит, незначительно утрачивают прочность. Это может быть обусловлено образованием более прочных структур твердения вследствие действия адсорбционного поля добавки при гидратации MgO.

Аналогичные результаты получены при введении добавки диоксида. В композиционном магнезиальном вяжущем состава диоксид:MgO=70:30 количество активного составляющего MgO и основного составляющего (диоксида) оптимально. Гидратация и оксохлоридообразование интенсифицируются, причем частиц диоп-

Таблица 4

Продолжительность твердения, сут	Содержание добавки, мас. %				
	1	1,5	2	2,5	3
Микрокремнезем Grade 971-U					
3	63,2	63,4	60,9	66,8	65,7
7	65,2	69,3	68,5	72,8	72,2
14	71,3	74,1	71	74,3	71,8
28	75,6	76,9	71,3	75,2	72,6
Зола-унос EFA-Füller KM/C					
3	69	69,2	68,3	67,3	67,2
7	77,6	77,8	72,1	78,7	82,2
14	81,2	79	82,8	81,1	67,4
28	84,7	84,9	83,2	81,6	77,3
Известняковая мука KS-Mehl					
	2	5	7	9	11
3	62,9	78	66,8	63,5	68,1
7	68,5	78,8	72	73,2	69,3
14	79,8	84,1	75,6	73,4	74,4
28	81,3	84,4	86,3	74,7	74,6

Таблица 5

Содержание MgO, мас. %	Содержание волластонита, мас. %	В/Т	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Относительная прочность*, $R_{доб}/R_{контр}$
5	95	0,375	1,85	0,52
10	90	0,44	1,74	1,65
15	85	0,51	1,71	2,79
20	80	0,81	1,82	2,7
30	70	1,06	1,63	2,79
40	60	1,01	1,79	2,83
60	40	1,35	1,48	1,7
80	20	1,85	1,52	1,79

**Примечание.**  $R_{доб}/R_{контр}$  – отношение прочности образца с минеральной добавкой к прочности контрольного (без добавки) образца.

сида достаточно для формирования и кристаллизации оксохлоридной фазы на силикатной подложке – поверхности частиц диопсида (табл. 6).

Основную массу новообразований камня представляют хорошо сформированные игольчатые и плоскопризматические кристаллы  $3MgO \cdot MgCl_2 \cdot 8H_2O$ .

Введение добавок измельченного известняка и микрокремнезема обеспечивает меньший эффект по сравнению с волластонитом и диопсидом.

Упрочнение структуры продуктов гидратации магнезиальных вяжущих подтверждается [7] результатами дифференциального термического анализа для систем, содержащих магнезиальное вяжущее с добавками диопсида, волластонита, тремолита, цеолита. При этом отмечается смещение эндоэффектов при разложении пентагидроксихлорида магния – на 50–70°C, тригидроксихлорида магния – на 20–50°C в более высокотемпературную область.

Влияние микронаполнителей на свойства композиционного вяжущего обусловлено их кристаллохимической природой и дисперсностью. При среднеобъемном размере зерен заполнителя, равном 30–40 мкм (волластонит, диопсид), оптимальная концентрация его составляет 70–80 мас. %. При среднеобъемном размере зерен 10 мкм и менее (известняковая мука, микрокрем-

незем) оптимальная концентрация заполнителя снижается до 40 мас. %. Высокой механической прочностью до 60 МПа и водостойкостью обладают композиционные вяжущие вещества, в которых соотношение этих силикатов магния и MgO составляет 70:30 или 80:20. При этом тонкоизмельченные силикаты магния выполняют в системе с магнезиальным (оксохлоридным) твердением роль как микронаполнителя, способствующего повышению плотности, прочности, водостойкости образующегося камня, так и активного компонента, участвующего в образовании прочной кристаллизационной структуры.

Введение в качестве микронаполнителей природных силикатов кальция обеспечивает упрочнение структуры и повышение свойств композиционных материалов на основе полимеров [8]. Композиционные материалы содержали в качестве полимерного связующего ненасыщенную полиэфирную смолу на ортофталевой основе марки S280E. Отвердителем служил раствор пероксида метилэтилкетона в диметилфталате. Наполнитель – природные силикаты: волластонитовая порода Синюхинского месторождения и диопсидовая порода Слюдянского месторождения. Средний размер частиц, определенный седиментационным методом, составлял, мкм: волластонит – 14,9; диопсид – 9.

Таблица 6

Отношение диопсид: MgO	MgO/MgCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O/MgCl <sub>2</sub>	Среда твердения	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Прочность при сжатии, R <sub>сж</sub> , МПа,	K <sub>ст</sub>
50:50	6,59	2,41	Воздух	2,06	42	–
			Вода	2,01	39	0,92
			3% MgCl <sub>2</sub>	2,05	46	1,09
			3% MgSO <sub>4</sub>	2,02	34	0,8
70:30	3,95	2,42	Воздух	2,14	52	–
			Вода	2,14	49	0,94
			3% MgCl <sub>2</sub>	2,14	55	1,12
			3% MgSO <sub>4</sub>	2,1	46	0,88
80:20	2,63	2,52	Воздух	2,1	38	–
			Вода	2,08	38	1
			3% MgCl <sub>2</sub>	2,1	42	1,11
			3% MgSO <sub>4</sub>	2,06	35	0,92
90:10	2,31	2,53	Воздух	2,12	34	–
			Вода	2,	32	0,94
			3% MgCl <sub>2</sub>	2,11	38	1,12
			3% MgSO <sub>4</sub>	2,1	27	0,79
95:5	1,31	2,95	Воздух	2,2	25	–
			Вода	2,18	22	0,88
			3% MgCl <sub>2</sub>	2,2	28	1,27
			3% MgSO <sub>4</sub>	2,18	20	0,8
0:100	6,59		Воздух	1,87	40	–

Таблица 7

Наполнитель	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при изгибе, МПа
–	101,3	30,3
30% волластонита	109,2	38,1
50% волластонита	115,2	35,3
55% волластонита	111,3	34,1
30% диопсида	113,4	26,5
50% диопсида	119,2	25,4
60% диопсида	123,5	24,4
30% цеолита	105,1	21,1
50% цеолита	102,1	17,6

Введение волластонита и диопсида приводит к существенному повышению температуры начала разложения ненасыщенных полиэфирных смол в составе композиционного материала, т. е. упрочняет структуру полимера. При этом энергия активации реакции на этой стадии также увеличивается.

Упрочнение структуры композиционного материала приводит к увеличению его механической прочности. Наибольшее увеличение прочности при сжатии (на 12–22%) получено при введении диопсида (30–60%), а наибольшее увеличение прочности при растяжении (на 13–26%) – при введении волластонита (30–50%), имеющего игольчатую форму кристаллов (табл. 7).

Минеральные микронаполнители способствуют упрочнению структуры полимерных материалов и продуктов гидратационного твердения неорганических вяжущих веществ (портландцемента, оксида магния). Это приводит к повышению важнейших свойств композиционных материалов: механической прочности, морозостойкости, водостойкости, химической стойкости.

При введении в состав композиционных строительных материалов минеральных наполнителей наблюдаются четко выраженные максимальные значения прочности, соответствующие оптимальному количеству добавок. При увеличении дисперсности микронаполнителей их оптимальное количество уменьшается.

**Ключевые слова:** минеральные микронаполнители, прочность, водостойкость, морозостойкость.

**Список литературы**

1. Горчаков Г.И. и др. Строительные материалы. М.: Стройиздат, 1986. 688 с.
2. Добавки в бетон: Справочное пособие / Пер. с англ. / Под ред. В.С. Рамачадрана. М.: Стройиздат, 1988. 575 с.
3. Хозин В.Г. и др. Эффективность применения золы-уноса Гусинозерской ГРЭС в составе цементов низкой водопотребности // Строительные материалы. 2011. № 7. С. 76–77.
4. Лесовик В.С. и др. Повышение эффективности вяжущих за счет использования наномодификаторов // Строительные материалы. 2011. № 12. С. 60–62.
5. Вест А. Химия твердого тела. Теория и приложения. Ч. 1. М.: Мир, 1988. 588 с.
6. Кингери У.Д. Введение в керамику. М.: Стройиздат, 1967. 499 с.
7. Верещагин В.И. и др. Водостойкие смешанные магнелизные вяжущие // Стекло и керамика. 1997. № 1. С. 33–37.
8. Бородина И.А. и др. Влияние силикатных наполнителей на структуру и механическую прочность композиционных материалов. В сб. научн. тр. «Экология и ресурсосберегающие технологии в строительном материаловедении». Новосибирск: НГАУ, 2005. С. 49–54.

Н.И. КОЖУХОВА, инженер, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, канд. геол.-мин. наук,  
В.В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, Белгородский государственный  
технологический университет им. В.Г. Шухова

## Оценка биопозитивности геополимерных вяжущих на основе низкокальциевой золы-уноса

Возрастающая утилизационная роль отрасли строительных материалов, вызванная интенсификацией использования техногенного минерального сырья, представляющего собой отходы металлургии (доменные и сталелитейные шлаки), энергетики (золы-уноса), горнодобывающей промышленности и других отраслей, способствует существенному снижению техногенного прессинга на экосферу среды обитания и жизнедеятельности в системе человек – материал – среда обитания [1].

Однако техногенные отходы, являющиеся продуктом глубокой переработки природного минерального сырья, особенно с высокотермальными этапами их технологической истории, способны концентрировать низкокальциевые, как правило, тяжелые элементы в химически несвязанной форме. Строительные материалы, изготовленные на основе такого техногенного сырья, могут оказывать различные виды негативного воздействия (канцерогенное, аллергенное и др.) на биологические индивиды. В связи с этим актуализируется требование к биологической позитивности техногенного минерального сырья и материалов на его основе.

В особой степени это относится к новым видам вяжущих – геополимерам, получаемым при щелочной активации алюмосиликатного сырья. Эти вяжущие представляют собой перспективный класс наноструктурированных материалов, имеющих перспективы применения в композиционных материалах как альтернатива портландцементу. Одним из применяемых для получения геополимерных вяжущих техногенного алюмосиликатного сырья является низкокальциевая зола-уноса ТЭЦ, получаемая как отход при сжигании каменного угля [2, 3].

Цель данного исследования – сравнительный анализ степени экологической безопасности геополимерного вяжущего на основе золы-уноса ТЭЦ и традиционного цементного вяжущего. Для проведения эксперимента применена методика фитотестирования вяжущих на основе техногенного сырья на семенах высших растений. Используемый, в настоящей работе фитотест является унифицированным методом, в соответствии с которым установление класса опасности и уровня безвредности отхода по фитотоксическому действию осуществляется по определенным параметрам фитотоксичности [4].

Для проведения сравнительного анализа в качестве исследуемых материалов использовали цементное вяжущее, твердевшее в стандартных условиях (ЦВ), ге-

полимерное вяжущее, подвергнутое в процессе твердения температурной обработке при 80°C (ГВ 80) и твердевшее при комнатной температуре (ГВ 25).

В качестве исходных материалов использовали портландцемент ЦЕМ I 42,5 и золу-уноса ТЭЦ. В качестве исходного экспериментального материала использовали образцы вяжущих в возрасте 28 сут.

Пробоподготовку исследуемых материалов проводили в соответствии с методическими рекомендациями [4]. Перед началом испытания образцы вяжущих были измельчены до грубодисперсного состояния. Для определения диапазона фитотоксического действия приготовлены рабочие растворы путем последовательного разбавления нативных экстрактов вяжущих дистиллированной водой в соотношениях 1:10, 1:100 и 1:1000.

В качестве контрольной среды для проращивания тест-культуры использовали дистиллированную воду.

Для полученных рабочих растворов были определены значения рН на различных стадиях их выдержки (см. таблицу).

Рабочие растворы выдерживали в течение 2 сут, затем помещали в чашки Петри (по 5 мл каждого раствора) с фильтровальной бумагой по всей поверхности дна, совместно с тест-культурой. В качестве последней были использованы неповрежденные семена овса (по 25 зерен для каждой пробы) с предварительно определенной всхожестью, составляющей не менее 95%. После приготовления образцы помещались в термостат на 7 сут.

В течение всего эксперимента было осуществлено два контрольных замера\* в возрасте 3 и 7 сут.

Проявление степени фитоэффекта на тест-культуре в зависимости от используемого экстракта вяжущего представлено на рис. 1.

На основании визуального оценивания можно предположить, что наиболее благоприятной средой для прорастания зерен тест-культуры является водный раствор ГВ 80.

Для расчетной оценки фитоэффекта исследуемых материалов использована методика, основанная на экспериментально установленной зависимости величины фитотоксического эффекта от степени разбавления водного экстракта. В качестве выходного параметра выступает величина  $E_T$  (эффект торможения), рассчитываемая по формуле:

Возраст	ЦВ			ГВ 80			ГВ 25			Контроль
	1:10	1:100	1:1000	1:10	1:100	1:1000	1:10	1:100	1:1000	
1 ч	10,69	9,58	8,72	10,73	9,52	8,63	10,9	9,74	8,78	6,7
7 сут	10	–	–	10,95	–	–	11,1	–	–	6,7

\*Под контрольным замером в данном случае понимается измерение длины корней и проростков зерна тест-культуры, причем измерение должно осуществляться для максимально длинных порослей.



Рис. 1. Интенсивность прорастания тест-культуры в различных видах экстракта. Разбавление 1:100, 7 сут

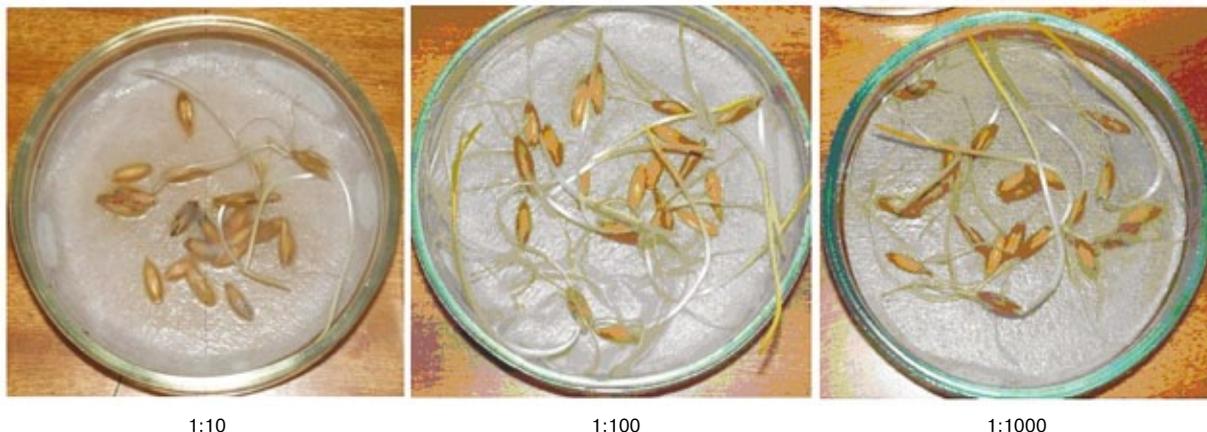


Рис. 2. Интенсивность прорастания зерен тест-культуры в зависимости от концентрации водного раствора ГВ 80

$$E_T = \frac{L_k - L_{оп}}{L_k} \cdot 100\%$$

где  $L_k$  – средняя длина корней тест-культуры в рабочем растворе (мм), а  $L_{оп}$  – средняя длина корней тест-культуры в контрольном растворе (мм).

На основании полученных результатов можно сделать вывод о снижении эффекта торможения развития семян тест-культуры с увеличением степени разбавления. Кроме этого, геополимерное вяжущее с температурной обработкой в процессе твердения, при прочих равных условиях с другими исследованными образцами вяжущих, имеет минимальную степень фитотоксичности. Немного хуже показатели для цементного вяжущего и далее – для геополимерного, твердевшего в естественных условиях.

Необходимо заметить, что значение фитотоксичности для образца геополимерного вяжущего ГВ 80 не превышает порогового показателя уже на втором разбавлении (1:100). При этом фитотоксическое действие всех исследованных образцов отсутствует на третьем разбавлении (1:1000). Последнее согласно [4] свидетельствует о минимальной степени токсикогенного воздействия на среду обитания биологических сообществ и человека.

Следует отметить, что расчетный способ оценки фитотоксичности дает усредненную характеристику влияния той или иной среды, учитывая лишь длину корня наиболее активного зерна тест-культуры. Поэтому независимо от расчетных данных целесообразно проводить визуальную оценку фитотоксичности исследуемых экстрактов.

Так, несмотря на различные значения фитoeffекта для ГВ 80, где наибольшая эффективность прорастания отмечается для экстракта 1:1000, активность зерен тест-

культуры в большей степени проявляется с использованием экстракта 1:100 (рис. 2).

Таким образом, из полученных данных следует, что геополимерные вяжущие на основе техногенного сырья – низкокальциевой золы-уноса ТЭЦ не обладают повышенными показателями токсичности. Сравнительная оценка степени фитoeffекта показала, что эффект торможения для цементного вяжущего выше в сравнении с аналогичным показателем для геополимерного вяжущего. При этом следует отметить экологическую целесообразность использования термообработки геополимерного вяжущего в процессе его твердения.

Полученные результаты позволяют рассматривать низкокальциевые золы-уноса ТЭЦ как техногенное сырье с высокой степенью биопозитивности для производства строительных материалов на основе геополимерных вяжущих.

**Ключевые слова:** техногенное сырье, зола-уноса ТЭЦ, геополимерное вяжущее, фитотоксичность.

#### Список литературы

1. Лесовик В.С. Геоника. Предмет и задачи. Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. 213 с.
2. Bakharev T. Geopolymeric materials prepared using Class F fly ash and elevated temperature curing // Cement and Concrete Research. 2005. № 35 (6). Pp. 1224–1232.
3. Palomo A., Grutzeck M.W., Blanco M.T. Alkali activated fly ashes: a cement for the future // Cem. Concr. Res. 1999. № 29 (8). Pp. 323–1329.
4. Методические рекомендации. МР 2.1.7.2297-07. Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности.

ЮБИЛЯРЫ ОТРАСЛИ

**ОАО «Силикат» – 50 лет**



*В августе 2012 г. ОАО «Силикат» (г. Гулькевичи Краснодарского края) отметил юбилей.*

*Строительство завода силикатного кирпича мощностью 82 млн шт. усл. кирпича в год велось с 1959 по 1962 г. Завод разместили рядом с железнодорожной веткой, примыкающей к железнодорожной станции Гирей. Сырьевой базой для изготовления силикатного кирпича стал песок Гулькевичского карьера Сталинградгидростроя. С 2007 г. производство кирпича осуществляется на сырье собственного карьера Приозерное, расположенного в 4 км от завода.*

*Для обжига извести в настоящее время используется известняк Хаджохского месторождения (Республика Адыгея, пос. Каменноостровский).*

*Увеличение мощности действующего завода, выстроенного по типовому проекту, осуществлялось в основном в габаритах существующих зданий и сооружений во время реконструкции 1969–1972 гг.*

*В 1992 г. завод был приватизирован и преобразован в АОТ «Силикат», а в 2001 г. переименован в ОАО «Силикат».*

*Реконструкция существующего завода со строительством нового цеха по производству силикатного кирпича (проектировщик фирма WKB, Германия) была проведена в 2008–2011 гг. Мощность реконструированного завода составляет 120 млн шт. усл. кирпича в год.*

*В новом цехе установлена линия приготовления силикатной смеси; линия подготовки окрашенной смеси; два гидравлических прессы WKP-750С с односторонним усилием прессования производительностью 7407 шт. усл. кирпича в час, гидравлический пресс WKP-750 ДД с двухсторонним усилием прессованием производительностью 8640 шт. усл. кирпича в час. Обновлен участок пакетирования кирпича. Для обеспечения работы цеха дополнительно смонтированы трансформаторная подстанция 2×1000 кВА, паровой котел фирмы STANDARKESSEL (Германия).*

*Весь ход технологического процесса контролируется системой программного управления. Обслуживающий персонал выполняет только контроль и наладку. Установка такого высокоточного оборудования существенно позволила расширить ассортимент выпускаемой продукции. В настоящее время завод выпускает: полнотельный одинарный, утолщенный, одинарный цветной кирпич; утолщенный цветной пустотелый; одинарный, утолщенный, одинарный цветной, утолщенный цветной; пустотелый и полнотельный пазогребневый камень; кирпич утолщенный и одинарный с рустированной ложковой и тычковой гранью; кирпич, колотый по ложку.*

*На сегодняшний день численность работников ОАО «Силикат» составляет около 340 человек.*

**Редакция научно-технического журнала «Строительные материалы»® поздравляет коллектив ОАО «Силикат» со славным юбилеем и желает дальнейшего процветания.**

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**В Ленинградской области построят завод**

Дочерняя компания финского холдинга Uusioaines Оу ООО «Новогласс» планирует построить в Ленобласти два завода по переработке стеклобоя и производству пеностекла. Вложения составят 1 млрд р. Участники рынка и эксперты считают проект перспективным: уже несколько компаний строят производства по всей России. Потенциал российского рынка через 10 лет оценивается экспертами в 3–5 млн м<sup>3</sup>. В среднесрочной перспективе пеностекло может составить конкуренцию традиционным теплоизоляционным материалам.

Ежегодно компания будет перерабатывать 50 тыс. т стеклобоя, 80% которого закапывается на полигонах, и производить 100 тыс. м<sup>3</sup> пеностекла, а также поставлять сырье на стекольные заводы и заводы по производству теплоизоляционных материалов.

«Новогласс» намерен получать вторсырье с полигонов Ленобласти, а также заключить договор о поставке с МПБО-2 и новым заводом по мусоропереработке, который построят греческий консорциум Helector, Aktor Concessions и Aktor в пос. Левашово. Стоимость кубометра пеностекла в зависимости от вида (щебеночное, гранулированное, порожковое, плитовое) может варьироваться от 4 до 10 тыс. р. В настоящее время объем российского рынка этого материала 54–55 тыс. м<sup>3</sup> в год. Из

них примерно 30 тыс. м<sup>3</sup> – это доля импорта и около 20 тыс. м<sup>3</sup> – продукция местных производителей.

Спрос на пеностекло растет по мере проникновения новых технологий. По оценкам участников рынка, его потенциальная емкость не менее 3–5 млн м<sup>3</sup> в год. В расчете на увеличение спроса сразу несколько компаний заявили о строительстве новых производств. ООО «Пенокам» (Пермь) производит 10–12 тыс. м<sup>3</sup> в год гранулированного пеностекла и планирует в 2013 г. вдвое увеличить мощности.

«Роснано» в 2011 г. объявило о строительстве завода мощностью 150 тыс. м<sup>3</sup> в год в Калужской области (ООО «АйСиЭм Гласс Калуга»). Еще один проект планируется в Нижегородской области: завод ресурсосберегающих материалов собирается построить производство и выпускать 30 тыс. м<sup>3</sup> пеностекла в год. Предприятие «СТЭС-Владимир» объявило о строительстве производства мощностью 100 тыс. м<sup>3</sup>. Если все эти проекты будут реализованы, то объем российского производства пеностекла составит почти 450 тыс. м<sup>3</sup> в год, или 3 млрд р. в денежном выражении.

Финские бизнесмены в таком случае получают более 20% этого объема, заняв второе место после лидера – проекта «Роснано» в Калужской области (более 30%).

По материалам газеты «Деловой Петербург»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**Новая линия на подмосковном заводе**

В августе 2012 г. Группа компаний «Металл Профиль» на заводе в г. Лобня открыла линию по изготовлению линейных панелей Primerpanel®.

Новинка предназначена для облицовки зданий различного назначения: объектов образования и здравоохранения, гостиниц, аэропортов, офисов, многоэтажных жилых домов, спортивных и торгово-развлекательных центров, объектов инфраструктуры. Современное техническое оснащение (оборудование произведено финской компанией FORMIA) обеспечивает точную геометрию и возможность нанесения микроволны на поверхность панели. Мощная распрямляющая установка и 27 пар валов снимают остаточное напряжение в металле и исключают эффект «линзы» на стальных фасадных панелях. Primerpanel® может быть выполнена

в 18 различных вариантах: три типоразмера по ширине панели, с рустом и без, закрытыми торцами и без них, профилированные и гладкие. Компоную различные виды Primerpanel®, можно создать неповторимый фасад. Например, используя сталь с покрытием Cologcoat Prisma таких цветов, как Teracotta Matt (имитация натуральной кирпичной кладки) и Antracite Matt (сланцевая плитка), можно превратить фасад из стального в каменный. Primerpanel® может быть выполнена из стали толщиной 0,7 и 1 мм в зависимости от назначения здания и требований к сопротивлению фасада механическим воздействиям. Скорость производства новой панели до 20 м/мин. Планируемая мощность составляет 1 млн м<sup>2</sup> панелей в год.

По материалам Группы компаний «Металл Профиль»

ИССЛЕДОВАНИЯ РЫНКОВ

**Строительная отрасль растет**

С начала года (январь—июль) строители выполнили работ на 2578 млрд р., что в сопоставимых ценах на 3,7% больше, чем за аналогичный период 2011 г. Наибольший рост объема работ наблюдался в Северо-Западном ФО — +13,1% к соответствующему периоду прошлого года и Северо-Кавказском ФО — +9,8%. За указанный период цены на строительные-монтажные работы выросли на 49%. Деятельность строительных организаций во II квартале 2012 г. на 49% была направлена на новое строительство, реконструкцию, расширение и техническое перевооружение объектов.

Так, по виду экономической деятельности «Производство прочих неметаллических минеральных продуктов», включающей производство базовых строительных материалов, за период январь—июль 2012 г. было введено в действие производственных мощностей и объектов (за счет строительства и реконструкции): стеновых материалов (без стеновых железобетонных панелей) 24,5 млн усл. кирпича, строительного кирпича 18,3 млн усл. кирпича, блоков 6,2 млн усл. кирпича, керамзит-

ных блоков 10 тыс м<sup>3</sup>, сборных железобетонных конструкций и изделий 37,7 тыс м<sup>3</sup>.

Вслед за строителями хорошую динамику показали производители строительных материалов. За тот же период производственные результаты базовых строительных материалов выглядят следующим образом: цемента увеличилось на 12,7%, до 34,6 млн т; конструкций и сборных железобетонных деталей — на 13,2%, до 13,9 млн м<sup>3</sup>; керамического неогнеупорного строительного кирпича на 14,4%, до 3,8 млрд усл. кирпича; строительного кирпича (включая камни) из цемента, бетона или искусственного камня — на 12,8%, до 2,2 млрд усл. кирпича; нерудных строительных материалов — на 13,6%, до 204,8 млн м<sup>3</sup>; строительной извести — на 18,7%, до 1 257 тыс. т.

Объем рынка цемента в натуральном выражении увеличился на 2,7%, до 7,3 млн т, а в стоимостном — на 1,4%, до 29,2 млрд р. Данные показатели производства и потребления цемента являются рекордными для современной России.

По материалам инвестиционной компании «СМПро»

**Уровень загрузки производственных мощностей по выпуску сэндвич-панелей**

Объем мощностей по производству сэндвич-панелей в РФ в три раза превышает емкость рынка. Если лидеры рынка обеспечивают загрузку мощностей на уровне 40–50%, то целый ряд предприятий, которые в 2007–2008 гг. на пике рынка ввели новые мощности, до сих пор не могут обеспечить их адекватную загрузку и работают на 10–15% от проектной мощности.

В рамках исследования был проведен подробный анализ операционной деятельности 70 крупнейших предприятий и холдингов, составляющих около 70% от общего объема производственных мощностей по выпуску сэндвич-панелей в России.

Общая мощность российских предприятий по выпуску сэндвич-панелей составляет более 80 млн м<sup>2</sup>. Рынок достаточно сильно консолидирован: более 60% объема производственных мощностей по выпуску сэндвич-панелей, установленных на территории РФ, приходится на 24 производителя. Остальной объем производства приходится на небольшие предприятия мест-

ного значения, проектные мощности которых не превышают 300 тыс. м<sup>2</sup>, а загрузка мощностей, как правило, не превышает 10%. Наибольшая концентрация мощностей наблюдается в Санкт-Петербурге и Ленобласти — до 23% от совокупного объема мощностей, а также в Москве и Московской области — 17%.

Рынок сэндвич-панелей РФ характеризуется высоким уровнем конкуренции, и ряд крупных поставщиков при формировании ассортиментной политики стараются предоставить заказчикам готовые решения, включающие каркас из металлоконструкций и сэндвич-панели для облицовки здания.

В 2012–2015 гг. аналитики прогнозируют умеренно оптимистический сценарий развития рынка с ежегодным ростом спроса в физическом выражении 8–10% и в денежном выражении — на 15–20%. Однако в связи с опережающими темпами роста производственных мощностей конкуренция будет усиливаться, а средний по отрасли рынок загрузки предприятий не превысит 30%.

По материалам «РБК. Исследования рынков»

# Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до 3-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Строительные материалы»® для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи.

## НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНИПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.

2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.

3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.

4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.

## ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние 2–5 лет в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.

2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние 5 лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

Несомненно, что возможны ссылки и на классические работы, однако не следует забывать, что наука всегда развивается поступательно вперед и незнание авторами последних достижений в области исследований может привести к дублированию результатов, ошибкам в постановке задачи исследования и интерпретации данных.

Статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате \*.doc или \*.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах \*.cdr, \*.ai, \*.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате \*.tif, \*.psd, \*.jpg (качество «8 – максимальное») или \*.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом до 500 знаков на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Строительные материалы»®, ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»® был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала [www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf](http://www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf)

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://www.rifsm.ru/page/7>