

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ[®] №9

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 1955 г.

WWW.RIFSM.RU

СЕНТЯБРЬ 2011 г. (681)



А. Кузнецов, « Улица Московская », 2010 г. Пенза

СМ 152, 294, 816
СМ 1085 СМК 491
РА-550
BSP 500, 600, 700
WKP 600 WKP 750
АКД 0537
Донпрессмаш



прессы Masa-Henke
HDP DORSTENER
VIKING
HF HAIYUAN
DRAGON
FUKAI
прессы LASCO
KSP KSE



Высокоизносостойкие пластины для кирпичных заводов

www.firmavizo.ru

www.vizogroup.ru

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

Masa GmbH
Werk Porta Westfalica
Osterkamp 2, 32457 Porta Westfalica
Germany
email: info@masa-group.com

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

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

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е.И.

Редакционный совет:
РЕСИН В.И.

(председатель)
БАРИНОВА Л.С.
БУТКЕВИЧ Г.Р.
ВАЙСБЕРГ Л.А.
ВЕДЕРНИКОВ Г.В.
ВЕРЕЩАГИН В.И.
ГОНЧАРОВ Ю.А.
ГОРИН В.М.
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.
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 строительные материалы

В.В. МАДИСОН, В.Т. РЯЗАНОВ, С.С. ШУЛЬГИН

Пути повышения качественных и технико-экономических показателей работы шахтных известково-обжиговых печей предприятий промышленности строительных материалов 5

Представлен опыт совершенствования тепловой схемы шахтных противоточных печей, систем отопления, горелочных и газораспределительных устройств, алгоритмов управления, внедренный на реконструируемых и вновь построенных печах с получением извести, удовлетворяющей современным требованиям (содержание в извести $(CaO + MgO)_{акт.}$ 92–96%, пережог не более 1%, содержание в дымовых газах CO и NO_x существенно ниже допустимых значений). Предложены варианты реконструкции шахтных печей предприятий промышленности стройматериалов.

А.В. МОНАСТЫРЕВ

Выбор способа сжигания топлива в шахтных и вращающихся печах при выпуске извести для ячеистого бетона 8

Качество изделий из ячеистого бетона зависит от содержания активных CaO+MgO в извести (85–87%) и скорости ее гидратации, которая определяется временем гашения (10–15 мин) и развиваемой при этом температурой (60–80°C). Применение в технологии ячеистого бетона быстрогасящейся извести приводит к быстрому выделению тепла в начальной стадии ее гидратации, что обуславливает неравномерность структуры и трещиноватость изделий. Рассмотрено влияние средней температуры в зоне обжига печи, качества карбонатного сырья и топлива на микроструктуру, которая, в основном, определяет время и температуру гашения извести.

И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ, А.В. НОСКОВ, Д.А. СЛЕМНЕВ, А.В. ВИШНЕВСКИЙ

Повышение качества силикатных материалов с использованием активатора «Вьюга» 12

Представлена новая разработка Института новых технологий и автоматизации промышленности строительных материалов – агрегат тонкого помола и активации сырьевых компонентов принципиально новой конструкции «Вьюга». Описана конструкция и приведены технические характеристики. Результаты промышленного эксперимента, проведенного на заводе эффективного зольного кирпича ООО «СибЭК» показали, что с применением агрегата «Вьюга» можно формовать изделия при влажности 10%, что на 8% меньше, чем принято в действующей технологии. При этом повышается прочность изделий и снижается водопоглощение.

Г.В. КУЗНЕЦОВА

Особенности помола известково-кремнеземистого вяжущего в производстве силикатных материалов 14

Рассматривается работа выгрузочного устройства шаровой мельницы. Приводятся исследования подвижности и плотности известково-кремнеземистого вяжущего и его составляющих, влияющих на качество работы выгрузочного устройства шаровой мельницы.

М. КЛАРЕ, А.К. ИВАНОВ

Применение модульных стеновых элементов для оптимизации производственных процессов 17

Описана технология производства силикатных изделий, реализованная фирмой Маза ГмБХ (бренд Dorstener), при строительстве завода Sil-Pro Bloczki Silikatowe Sp. zo.o, в провинции Нижняя Силезия, регион Олава (Польша).

И.А. ГАЛЕЕВ

Прессовое и смесительное оборудование для заводов силикатного кирпича... 22

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

Д. КЛАРЕ

Оборудование компании AAC-Concept GmbH для производства силикатного кирпича 25

Компания AAC-Concept GmbH специализируется в сфере проектирования, изготовления и модернизации технологических линий производства стеновых материалов, таких как газобетон автоклавного твердения, силикатный кирпич и др.

В.В. ЮРЧЕНКО

Упаковка продукции. Экономическая эффективность 26

Представлены основные характеристики различных упаковочных решений для строительных материалов, в том числе силикатного кирпича: обмотка в стретч-пленку, обвязка металлической и РЕТ лентой, упаковка в термоусадочную или растягивающуюся рукавную пленку методом «стретч-худ». Оценена экономическая эффективность их применения.

В.И. ЧЕРЕПАНОВ, Е.В. НЕКРАСОВА

Мифы и реальность, проблемы и перспективы силикатного кирпича 30

Рассмотрены основные достоинства и недостатки силикатных изделий. Отмечено, что некоторые показатели силикатного кирпича – недостаточная водостойкость и низкая паропроницаемость – определялись еще при разработке СНиП «Каменные и армокаменные конструкции» в 1970 и 1994 гг. В настоящее время характеристики этих материалов значительно отличаются от показателей в СНиПе. Показаны основные свойства современных силикатных материалов и ограждающих конструкций из них.

Е.В. ФОМИНА, Н.И. АЛТЫННИК, В.В. СТРОКОВА, В.В. НЕЛЮБОВА, А.Б. БУХАЛО

Регулирование реологических характеристик смеси вяжущего при формовании ячеистой структуры изделий автоклавного твердения 33

Исследовано влияние условий гашения извести и полученного продукта на реологические свойства сырьевой смеси. Установлено, что изменяя условия гашения извести, можно изменять структурно-механические свойства реологических систем вяжущего и приближать их к оптимальным, а значит, стабилизировать поризацию.

Т.Е. ШОЕВА, В.С. БАЕВ, Ю.Д. КАМИНСКИЙ

Мелкозернистый бетон на основе МАВС из природного и техногенного сырья Тывы 36

Описан способ получения механически активированного вяжущего материала путем совместного измельчения кислой золы, извести-пушонки и гипса. Полученный материал имеет низкое водоотделение и быстрые сроки схватывания. Показано, что на смешанном вяжущем, где портландцемент заменяли активированным материалом в количестве от 20 до 80%, можно получить растворы марки М50–М200.

В.В. НАЗАРОВА, Н.П. КУДЕЯРОВА, М.С. ШИМАНСКАЯ

Реология меловых суспензий 39

Рассмотрено влияние добавок полиакрилата натрия на структурно-реологические свойства меловых суспензий с содержанием дисперсной фазы 72%. Исследовано влияние диспергаторов на качество тонкодисперсного мела.

В.Н. ЛЕВЧЕНКО, Г.И. ГРИНФЕЛЬД

Производство автоклавного газобетона в России: перспективы развития подотрасли 44

Приведена краткая история развития производства ячеистого бетона в России. Показано, что применение ячеистого бетона было признано одним из основных направлений реализации жилищной программы СССР. С этой целью предполагалось организовать производство оборудования для выпуска ячеистого бетона и развивать предприятия по производству извести. Однако в результате социально-экономических преобразований отрасль автоклавного газобетона оказалась в полной зависимости от производителей зарубежного технологического оборудования, на котором выпускается продукция с новыми качественными показателями, включенными в новые нормативно-технические документы.

С.Б. ПРОХОРОВ

Специализированные газообразователи для ячеистых бетонов автоклавного твердения 48

Приведены особенности и различия алюминиевых газообразователей – паст и пудр. Представлены характеристики новых газообразователей с несвязанной структурой (пудры) под маркой «Газобето+».

А.А. СЕМЕНОВ

Российский рынок извести в I полугодии 2011 года 50

Профиль КНАУФ – основа сухого строительства (Информация) 53

Технологии сухого строительства базируются на применении каркасно-обшивных конструкций. Основой таких конструкций является КНАУФ-профиль, изготавливаемый предприятиями группы из стального оцинкованного листа. Приведены основные требования к профилю для систем КНАУФ.

Д.И. ШТАКЕЛЬБЕРГ, Б.И. ВИЛЬГЕ, С.В. БОЙКО

Энергетика развития структурно-влажностного состояния при твердении цементно-бетонных композиций 57

Описан новый метод изучения состояния физически связанной влаги в химически активных водно-силикатных дисперсных системах, основанный на комплексном использовании методов ЯМР и кондуктометрии при твердении. Сформулированы энергетические основы развития структурно-влажностного состояния при твердении цементных композиций. Установлена взаимосвязь между вязкостью и электропроводностью структурированной физической влаги, введено понятие критерия развития структурно-влажностного состояния, позволяющего количественно оценивать формирование структур цементных композиций при их твердении.

С.Н. ТОЛМАЧЕВ, Е.А. БЕЛИЧЕНКО, Т.М. МИСЬКО

Исследование механизма структурообразования прессованных цементно-песчаных бетонов с углеродными наночастицами 61

Рассмотрено воздействие углеродных наночастиц на прочность и структурообразование прессованных цементно-песчаных бетонов. Теоретически обоснованно и экспериментально доказано существование пространственных нанокоркасов, вокруг и внутри которых начинается кристаллизация новообразований и интенсификация структурообразования.

В. В. СТРОКОВА, Л.Н. СОЛОВЬЕВА, А.В. МАКСАКОВ, Ю.Н. ОГУРЦОВА

Механизм структурообразования строительных композитов с гранулированным наноструктурирующим заполнителем 64

Описан механизм структурообразования в системе цементное вяжущее–гранулированный наноструктурирующий заполнитель. Проведен анализ пористости отдельных участков бетона на основе гранулированного наноструктурирующего заполнителя. Полученные результаты позволят управлять синтезом гетеропористого материала, через направленное воздействие на его макро-, микро- и наномасштабную структурную организацию.

Н.П. ЛУКУТЦОВА, А.А. ПЫКИН, Е.Г. КАРПИКОВ

Особенности структурообразования цементного камня с углерод-кремнеземистой нанодисперсной добавкой 66

Рассмотрены особенности структурообразования цементного камня с углерод-кремнеземистой нанодисперсной (УКН) добавкой на основе шунгита, полученной ультразвуковым диспергированием. Установлено, что УКН-добавка способствует ускорению гидратации цемента, снижению сроков схватывания цементного теста, образованию дополнительного количества низко- и высокоосновных гидросиликатов кальция, а также повышению прочности цементного камня как в ранние, так и в поздние сроки твердения.

Е.В. ГОНЧИКОВА, Н.В. АРХИНЧЕЕВА, Е.В. ДОРЖИЕВА

Наномодифицирование цементного камня введением многокомпонентного золя 68

Изложены результаты исследований многокомпонентного золя, содержащего кремниевую кислоту, гидроксиды алюминия и железа, отличающиеся концентрацией и pH. Определено их влияние на свойства цементного камня и бетонов на их основе.

В.А. ЕЗЕРСКИЙ, П.В. МОНАСТЫРЕВ, Н.В. КУЗНЕЦОВА, И.И. СТЕРХОВ

Перспективы применения наномодифицированного бетона 70

Описаны особенности бетона нового поколения по сравнению с существующими цементными композиционными строительными материалами. Рассмотрены различные виды существующих наночастиц и возможность их применения при производстве бетона. Приведены результаты исследований свойств наномодифицированного бетона, примеры практического использования конструкций из него.

А.И. БУРНАШЕВ, Л.А. АБДРАХМАНОВА, Р.К. НИЗАМОВ, В.Г. ХОЗИН, И.В. КОЛЕСНИКОВА, В.Х. ФАХРУТДИНОВА

Наномодифицированная древесная мука – эффективный наполнитель поливинилхлоридных композиций 72

Определены оптимальные концентрации наноразмерных связующих агентов для древесно-полимерных композитов на основе ПВХ, разработана высоконаполненная композиция на основе полимера и модифицированной древесной муки. Исследованы технологические и эксплуатационные характеристики полученных материалов.

А.В. КНОТЬКО, А.В. ГАРШЕВ, А.А. МЕЛЕДИН, В.В. СУДЬИН, В.И. ПУТЛЯЕВ

Процессы при ионообменной обработке поверхности базальтового стекловолокна 75

Приведены результаты исследования ионообменной обработки поверхности базальтового волокна. Показано, что ионообменная обработка базальтового стекловолокна с целью обогащения его приповерхностной области наиболее подвижными ионами малоэффективна для повышения коррозионной стойкости волокна по отношению к высокоосновным растворам, например жидкой фазы твердеющего цемента. Однако воздействие только на приповерхностный слой весьма малой толщины при ионообменной обработке может применяться совместно с окислительной термообработкой для создания оптимального концентрационного профиля подвижных ионов около поверхности волокна.

Н.Е. КОКОДЕЕВА

Программа расчета риска возникновения трещин в конструкциях дорожных одежд 78

Предлагается программный продукт для расчета риска возникновения трещин в монолитном слое при изгибе, в основу которого легла теория риска проф. В.В. Столярова. Данная программа выполнена в рамках реализации Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Л.В. ЯНКОВСКИЙ

Крупномасштабный эксперимент по проверке модели основание–геоимплантат–фундамент 81

Рассмотрены результаты крупномасштабных и численных экспериментов модели ленточного фундамента, усиленного геоимплантатной конструкцией (ГИК). Проведена проверка адекватности предложенной модели основание–геоимплантат–фундамент для инженерных расчетов.

Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ, И.В. ЧИСТЯКОВ

Влияние разработки карьеров на сток ливневых вод с водосборных площадей 84

Показано, что разработка карьеров на водосборных площадях влечет изменение условий стока. В процессе устройства карьеров на водосборных площадях необходимо предусматривать изменение величин максимальных расходов и объемов стока в процессе дальнейшей эксплуатации водопропускных сооружений.

Новости 86

Подписка на журнал «Строительные материалы» осуществляется по индексам:

70886 каталог
«Пресса России»79809 каталог
агентства «Роспечать»**Не забудьте оформить подписку своевременно!**

К проведению V Международной научно-практической конференции «Развитие производства силикатного кирпича в России: СИЛИКАТЭКС-2011»

Уважаемые коллеги!

В пятый раз собираются производители силикатного кирпича на свой главный профессиональный форум. Каким бы нападкам ни подвергался в последнее время силикатный кирпич, наши ежегодные встречи показывают, что отрасль, которая наравне с предприятиями крупнопанельного домостроения в послевоенные годы стала основным поставщиком строительных материалов для восстановления разрушенного жилого фонда, в настоящее время успешно развивается.

В 2007 г. по инициативе ведущего отраслевого журнала «Строительные материалы»®, который всегда был трибуной для обсуждения отраслевых проблем и задач, была организована первая конференция СИЛИКАТЭКС. Она показала, что в отрасли накопились организационные, технические, маркетинговые проблемы, решение которых возможно только путем объединения усилий профессионального сообщества. С этого времени мы встречаемся каждую осень в разных городах России (в 2009 г. – в Нижнем Новгороде, в 2010 г. – в Тамбове), посещаем передовые предприятия, обмениваемся опытом.

Проведение конференции СИЛИКАТЭКС показало, что за обменом информацией и обсуждением проблем должны следовать вполне конкретные действия, направленные на достижение конкретных задач в интересах отрасли. Именно на конференции СИЛИКАТЭКС-2010 в Тамбове состоялось учредительное собрание Ассоциации производителей силикатных изделий (АПСИ).

На форуме в Тюмени нам предстоит не только обсудить насущные проблемы отрасли, но и принять ряд совместных решений, имеющих конкретное практическое применение, в первую очередь в отстаивании интересов предприятий отрасли, в формировании профессионального кодекса поведения на рынке, организации продаж и др.

В силу объективных и субъективных обстоятельств производители силикатных изделий, впрочем, как многих других подотраслей промышленности строительных материалов, вынуждены вести техническое перевооружение на базе зарубежного оборудования. Но мы также должны изучить и по возможности применять маркетинговые технологии, организовать подготовку профессиональных кадров, способствовать возрождению отраслевой прикладной науки, которая в советское время была на высоком уровне.

Наша важнейшая задача – наладить статистическую и аналитическую работу. Ведь реальное положение в отрасли, мало соответствует не только «независимым» маркетинговым исследованиям, но и данным Росстата. А некорректная информация может привести к принятию некорректных стратегических решений.

АПСИ, как и ее зарубежные коллеги, может наладить статистическую работу, опираясь на регулярные отчеты наших предприятий.

Необходима работа по актуализации нормативно-технической базы. Конечно, эту работу нужно было провести давно, но государство самоустранилось от этого процесса, а бизнес не спешит реализовать свои полномочия и ответственность в этом вопросе, переложившие на него государством. Если исходить из того, что рано или поздно Россия станет членом ВТО, то нам нужно быть готовыми к соответствию не только своей продукции, но и производств мировым стандартам, в первую очередь, экологическим.

Также наша важнейшая задача – наладить профессиональное взаимодействие с проектировщиками, архитекторами и строителями. Отработанной и весьма эффективной схемой является создание производственно-строительных холдингов. Это тем более актуально, что в основном отечественные строители не заинтересованы самостоятельно изучать и применять немецкие строительные технологии с использованием крупноразмерных силикатных блоков. А крупноразмерные блоки – будущее наших предприятий.

Следует обсудить вопрос о консолидации части рекламных бюджетов предприятий с целью проведения совместных широкомасштабных компаний.

Профессиональное сообщество должно понимать, что государство больше не берет на себя труд по подготовке кадров для конкретных отраслей промышленности, по развитию прикладной науки. Во всем мире прикладная наука живет на деньги частных заказчиков, а подготовка кадров осуществляется по заказам конкретных предприятий или отраслевых ассоциаций. Если нам нужны квалифицированные инженеры и рабочие, если мы хотим повышать эффективность производств за счет инновационных разработок и соответственно быть конкурентоспособными на рынке, то мы должны финансировать подготовку кадров и отраслевые научные разработки. В настоящее время вузы готовы сотрудничать с отраслью по обоим направлениям.

Очень надеюсь, что СИЛИКАТЭКС-2011 в Тюмени станет площадкой делового и неформального общения, а также заинтересованного обсуждения предложений Ассоциации производителей силикатных изделий по дальнейшему укреплению позиций предприятий силикатной подотрасли.

Н.В. Сомов,

председатель Ассоциации производителей силикатных изделий



В.В. МАДИСОН, канд. техн. наук, генеральный директор,
В.Т. РЯЗАНОВ, канд. техн. наук, технический директор,
С.С. ШУЛЬГИН, инженер, ООО «НПП «Урализвесть-М» (Екатеринбург)

Пути повышения качественных и технико-экономических показателей работы шахтных известково-обжиговых печей предприятий промышленности строительных материалов

Промышленность строительных материалов является одним из крупнейших потребителей извести. Различные современные технологии производства строительных изделий и смесей предъявляют достаточно жесткие и разнообразные требования к свойствам и качеству извести.

Большинство предприятий промышленности строительных материалов имеют собственное известковое производство, парк агрегатов которого представлен в основном шахтными противоточными и вращающимися печами на газовом или мазутном топливе. Относительно небольшая часть извести производится в прямоточно-противоточных регенеративных (ППР) и печах кипящего слоя. Особенности конструкции агрегатов, тепловых режимов и характеристик сырья определяют показатели качества получаемой извести, уровень потребления топлива и электроэнергии [1–3].

Эксплуатируемые в отрасли шахтные печи в основном характеризуются несовершенной технологией обжига, устаревшим и изношенным оборудованием. Они, как правило, недостаточно оснащены средствами контроля технологических параметров и не имеют систем автоматического регулирования этих параметров.

К недостаткам получаемой на этих печах извести следует отнести не только низкую степень обжига (на большинстве печей не более 50–75%), но и нестабильность и неоднородность свойств: в массе получаемой извести одновременно присутствуют как недожженные, так и пережженные куски. Активность, время и температура гашения, другие параметры существенно колеблются от анализа к анализу. Вследствие этого чрезвычайно сложно сформировать качественные строительные смеси на основе извести, в частности известково-кремнеземистое вяжущее (ИКВ) для формовочной смеси в производстве силикатного кирпича [4]. Качество формовочной смеси проверяется так называемым органолептическим методом, т. е. субъективно, на основании опыта персонала, в то время как современные международные стандарты требуют жесткого параметрического контроля по всей технологической цепочке производства того или иного продукта. Нестабильность параметров или свойств отдельных сырьевых компонентов неизбежно приводит к снижению качества конечного продукта.

Наряду с технологическими проблемами, возникающими вследствие применения низкокачественной извести, имеются проблемы и в самом ее производстве. Прежде всего это низкая экономическая эффективность. Удельные расходы топлива, электроэнергии, карбонатного сырья в пересчете на чистый оксид кальция значительно выше. Образующиеся избытки низкокачественной извести практически неликвидны, при том, что на известь выше 1-го сорта всегда есть спрос на региональных рынках.

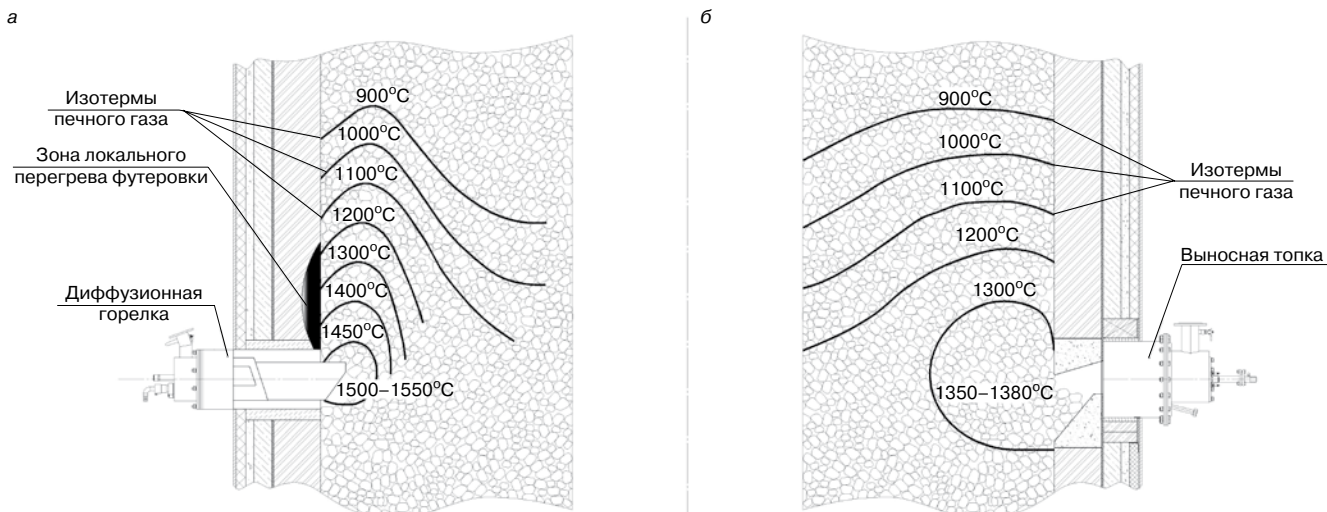
В то же время шахтные печи с точки зрения минимизации энергетических затрат являются наиболее выгодными, практически идеальными теплообменными агрегатами – в них достаточно эффективно и просто решаются вопросы утилизации тепла готовой продукции и газов: нагретый в зоне охлаждения извести воздух поступает в зону обжига, а отходящие из зоны обжига высокотемпературные газы отдают свое тепло в зоне подогрева известняка, обеспечивая его нагревание до температуры начала процесса диссоциации.

В зонах охлаждения и подогрева шахтной печи противоточная схема является оптимальной, т. е. позволяет полностью завершить процесс теплообмена, чего нельзя сказать о зоне обжига, где эта схема не полностью соответствует требованиям и ограничениям процесса декарбонизации. Действительно, в нижней части зоны обжига, т. е. на уровне ввода топлива в печь, процесс диссоциации уже практически закончен, фронт реакции расположен вблизи центра куска и тепловой поток от поверхности куска к нему лимитирован тепловым сопротивлением слоя образовавшейся извести. Температура продуктов сгорания природного газа в атмосфере, нагретого до 700–800°C, в зоне охлаждения воздуха может достигать 1700–1800°C. В условиях ограниченного теплоснабжения материала температура поверхности кусков может достигать 1500–1600°C и более. Во избежание пережога извести приходится снижать температуру продуктов сгорания природного газа до 1300–1350°C за счет повышения коэффициента расхода воздуха до 1,5–1,7.

Далее продукты горения, отдавая свое тепло и попутно перемешиваясь диоксидом углерода, выделившимся в процессе диссоциации, поступают в верхнюю часть зоны обжига. Здесь процесс декарбонизации только начинается, фронт диссоциации расположен вблизи поверхности куска. Но температура газов в этой части печи не превышает 1050–1100°C, и скорость реакции диссоциации лимитируется уже не тепловым сопротивлением слоя извести, а недостатком большим перепадом температуры газа и поверхности куска. Зону обжига газы покидают с температурой 950–1000°C и в количестве, избыточном (вследствие высокого коэффициента расхода воздуха) для нагрева материала в зоне подогрева.

Все это ограничивает производительность печи и приводит к повышенному расходу топлива за счет излишних потерь с отходящими газами.

Для зоны обжига оптимальной является схема прямотока, при которой высокотемпературные газы сначала входят в контакт с менее обожженным, относительно холодным материалом. Такая схема успешно реализуется, например, в двухшахтных (и трехшахтных) прямо-противоточных регенеративных (ППР) печах фирмы Maerz [5], где верхняя часть каждой шахты периодически выполняет роль зоны подогрева в противоточном



Распределение температуры в слое при различных способах отопления: а – диффузионное (в слое) сжигание топлива; б – предварительное (в выносных топках) сжигание топлива

режиме и зоны обжига в прямоточном режиме. Но эту схему практически невозможно реализовать путем реконструкции одношахтной печи.

Таким образом, одной проблемой, возникающей при применении газообразного топлива в шахтных печах, является организация оптимальной схемы теплообмена в зоне обжига. Второй проблемой является необходимость равномерного распределения топлива или газа-теплоносителя и воздуха, поступающего через зону охлаждения по горизонтальному сечению печи. Находящиеся в настоящее время в эксплуатации шахтные печи цилиндрической формы имеют внутренний диаметр в зоне обжига 2,4–6,2 м. Как показывают исследования, при периферийном подводе газа к таким печам не удается достичь его качественного перемешивания с воздухом в нужном соотношении, что приводит к перепаду температуры по сечению печи до 400–500°C, к перерасходу топлива и снижению качества получаемой извести.

Специалистами, объединившимися в ООО «НПП «Урализвесть-М», разработана и внедрена на ряде печей технология [6, 7, 8], суть которой заключается в следующем:

- распределение теплового напряжения по высоте зоны обжига приведено в соответствие с теплопотреблением обжигаемого материала, которое уменьшается по мере продвижения материала вниз, а фронта диссоциации – в глубь кусков, что позволяет существенно повысить производительность печи и уменьшить пережог поверхности кусков;
- минимизация возможности образования очагов с чрезмерно высокой температурой в объеме зоны обжига, приводящих к пережогу извести, образованию сваров и подвисаний материала;
- увеличение равномерности температурного поля в горизонтальных сечениях зоны обжига, что увеличивает степень обжига, качество и однородность свойств получаемой извести.

Оптимальное температурное поле по высоте зоны обжига печи рассчитывается с учетом теплофизических характеристик и гранулометрических параметров известняка и обеспечивается введением теплоносителя в два и более яруса по высоте печи с соответствующим расходом топлива и температурой его сжигания. Более высокие тепловые напряжения и температура газа реализуются в верхней части зоны обжига, где материал холоднее и фронт диссоциации ближе к поверхности куска. При этом материал активно поглощает тепло на реакцию декarbonизации и перегрева поверхности не происходит.

Также температурное поле зоны обжига может корректироваться изменением количества поступающего

из зоны охлаждения воздуха, часть которого направляется в обход зоны обжига. Это позволяет уменьшить гидравлическое сопротивление печи, повысить в случае необходимости температуру зоны обжига без существенного увеличения расхода топлива, а также оперативно решать проблемы с охлаждением получаемой извести, возникающие иногда при изменении режимов работы печи. Нежелательных воздействий на тепловое состояние зоны обжига в этом случае не происходит.

Традиционно применяемое диффузионное сжигание топлива, т. е. сжигание в межкусковом пространстве слоя известняка, имеет ряд существенных недостатков. В частности, в месте введения топлива в слой неизбежно образуется зона повышенной температуры печных газов (см. рисунок), что зачастую приводит к пережогу части извести и локальному перегреву футеровки печи. Температура этой зоны зависит не только от количества вводимого в слой топлива, но и от количества и температуры поступающего из нижележащих слоев воздуха, которые могут существенно колебаться в отдельных секторах печи. Догорание введенного топлива растянато в вертикальном направлении. Глубина проникновения высокотемпературных печных газов в слой в радиальном направлении невелика. Результаты исследований показывают, что перепад температуры по радиусу печи в верхних горизонтах зоны обжига может достигать 350–450°C, поэтому в удаленных от периферии слоях процесс обжига проходит медленнее и не всегда завершается.

При применении в данной технологии предварительного (полном или неполном) сжигании топлива в выносных топках (см. рисунок) очага чрезмерно высокой температуры не образуется. Температура и количество вводимого в печь газа-теплоносителя полностью контролируются. Весь объем газа-теплоносителя из выносной топки под давлением вводится в печь, поэтому глубина его проникновения в слой в радиальном направлении выше, а перепад температуры по радиусу печи ниже, чем при диффузионном сжигании топлива.

Для обеспечения равномерности температурного поля в горизонтальных сечениях печей, размеры которых не позволяют качественно обрабатывать удаленные от периферии участки слоя материала, в нашей технологии применяются газораспределительные керны – огнеупорные керамические конструкции, по жаровым каналам которых газ-теплоноситель от выносных топков подается во внутренние зоны печи [6]. Применение кернов несколько удорожает конструкцию и усложняет

эксплуатацию, однако позволяет получать известь со степенью обжига $(CaO+MgO)_{акт.} = 92-96\%$, что крайне актуально для современных металлургических технологий. Для получения извести с гарантированной степенью обжига не менее 86–90% возможно применение разработанного авторами и запатентованного способа обжига с реализацией противоточно-перекрестной схемы движения газов в зоне обжига и в части зоны подогрева [9]. Вследствие того что абсолютно большая часть горелочных газов поступает из периферийных горелок, расположенных на одной стороне печи, а отвод отходящих газов осуществляется из слоя в верхней части зоны подогрева с другой стороны, газовый поток пересекает осевую часть печи. Направление движения газов в печи за счет переключения горелок и газоотводов периодически меняется, поэтому каждый периферийный сектор обрабатывается газами с максимальной температурой, но периодически, а осевая часть постоянно, но уже несколько остывшими газами. Длительности циклов и температура газа, поступающего из горелок, вычисляются исходя из требуемого режима обжига и гранулометрического состава шихты. Авторами также разработаны горелочные устройства, позволяющие успешно реализовывать подобного рода режимы.

Также достаточно эффективной может быть система отопления и тепловая схема, сочетающая предварительное сжигание топлива в периферийных выносных топках (надежно позиционирующих положение зоны обжига) с диффузионным сжиганием в слое с применением донных горелок, оборудованных датчиками температуры, разрежения, эффективными системами подачи балластирующих газов (рециркулята или воздуха).

Технология ООО «НПП «Урализвесть-М», особенно варианты с противоточно-перекрестной схемой отопления или с применением донных горелок, применима как при строительстве новых печей, так и при реконструкции действующих, что, как правило, позволяет сохранить фундамент, кожух печи, устройства загрузки и выгрузки, а также часть тягодутьевого и другого оборудования.

Технология реализуется посредством разработанных авторами специализированных горелок и выносных топков, не требующих применения водяного охлаждения. Горелочные устройства сертифицированы и имеют разрешение Ростехнадзора на применение. Они компактны, удобны для размещения на кожухе печи. Опыт эксплуатации на шахтных печах обжига известняка показал их надежность, соответствие всем требованиям технологии обжига. Горелочные устройства имеют широкий диапазон регулирования тепловой мощности и температуры вводимого в печь теплоносителя (350–1400°C), что позволяет также использовать их для сушки и обжига футеровки.

Внедрение разработанной технологии на реконструированных печах позволило увеличить их производительность на 20–25%, получить известь со степенью обжига $(CaO+MgO)_{акт.}$ не менее 92–95% при расходе топлива 140–150 кг усл. топлива на 1 т извести. Образование вредных выбросов (CO , NO_x) существенно ниже нормируемых значений.

При наличии конкретного объекта для реконструкции ООО «НПП «Урализвесть-М» может провести обследование его и имеющейся технической документации с целью определения объема реконструкции, исследовать кинетику декарбонизации и механические свойства известняка. После анализа полученной информации представить заказчику технико-коммерческое предложение по реконструкции существующей или строительству новой шахтной печи обжига известняка, от разработки технологии и рабочего проекта до пуска и наладки печи с выводом на гарантированные показатели.

Ключевые слова: шахтная печь, обжиг известняка, известь, теплообмен, газодинамика, система отопления, горелка, реконструкция.

Список литературы

1. *Монастырев А.В., Александров А.В.* Печи для производства извести. М.: Металлургия. 1979. 232 с.
2. *Нехлебаев Ю.П.* Экономия топлива при производстве извести. М.: Металлургия. 1987. 136 с.
3. *Табунщиков Н.П.* Производство извести. М.: Химия. 1974. 240 с.
4. *Кузнецова Г.В.* Оптимизация расчетов составов известково-песчаной смеси для формования силикатного кирпича // *Строительные материалы*. 2010. № 9. С. 20–23.
5. *Афонин С.З., Дидковский В.К., Ротенменнер Э. и др.* Производство извести в печи ППР на Белорусском металлургическом заводе // *Сталь*. 1987. № 8. С. 34–37.
6. *Мадисон В.В., Рязанов В.Т., Гордон Я.М., Абовян П.Р.* Опыт промышленного внедрения шахтных печей для обжига известняка, отапливаемых природным газом // *Материалы международной конференции «Теплофизика и информатика в металлургии: достижения и проблемы»*. Екатеринбург. 2000. С. 136–142.
7. *Gordon Y.M., Madison V.V., Blank M.E.* Metallurgical lime production decrease of greenhouse gas emissions // *Proceedings of COM Conference on «Greenhouse Gases in the Metallurgical Industries: Policies, Abatement and Treatment»*. August 26–29 2001. Toronto, Canada, p. 263–272.
8. *Рязанов В.Т., Мадисон В.В., Дорохин А.С., Шульгин С.С.* Совершенствование системы отопления и конструкции шахтных печей для обжига известняка // *Сталь*. 2010. № 3. С. 118–124.
9. *Мадисон В.В., Рязанов В.Т., Дорохин А.С., Шульгин В.С.* Способ термохимической обработки кусковых материалов в противоточной шахтной печи. Патент № 2373162 России. Опубл. 20.11.2009.



- ◆ Специализируется на проведении маркетинговых исследований и мониторинге рынков в области строительных материалов и минерального сырья в России и ряде стран СНГ.
- ◆ Осуществляет постоянный мониторинг и всесторонний анализ текущей ситуации и основных тенденций на рынках исследуемой продукции, включая анализ данных о ее производстве и потреблении, экспортно-импортных поставках, сырьевой базе, состоянии ведущих участников рынка, а также законодательства, касающегося этих отраслей.
- ◆ Выполнены работы по:
 - минеральному сырью: гипсовому камню, полевому шпату, различным видам глин, стекольным и формовочным пескам, карбонатным породам (доломиту, мелу, известняку) кварцу, бентониту, волластониту, диатомиту и др.
 - строительным материалам: цементу, извести, гипсу, листовому стеклу, щебню, гравии, теплоизоляционным и кровельным материалам, архитектурному профилю из алюминиевых сплавов и ПВХ, кирпичу, ячеистому бетону и др.
- ◆ Предлагаем готовые аналитические обзоры рынков, проведение исследований по вашим индивидуальным заказам, а также услуги по мониторингу цен и объемов поставок продукции (внутренние поставки и анализ ВЭД) на ежемесячной или ежеквартальной основе.

ООО «ГС-Эксперт»
 125047, Москва, 1-й Тверской-Ямской пер., д. 18, оф. 230
 Тел: (495) 250-48-74, (916) 507-83-77 Факс: (495) 250-48-74
www.gs-expert.ru E-mail: info@gs-expert.ru

А.В. МОНАСТЫРЕВ, канд. техн. наук

Выбор способа сжигания топлива в шахтных и вращающихся печах при выпуске извести для ячеистого бетона

Технология получения ячеистого бетона автоклавного твердения включает операции выдержки большой массы пористого вещества в изложнице для получения необходимой структуры и прочности, снятие бортов изложницы и разрезание ячеистой массы на более мелкие блоки с последующей их термовлажностной обработкой в автоклаве. Качество блоков в большой степени зависит от качества получаемой в изложнице ячеистой массы, которая, в свою очередь, определяется свойствами применяемой технологической извести. Для производства изделий из ячеистого бетона необходима известь без пережога с содержанием активных $\text{CaO} + \text{MgO}$ не менее 85–87% с определенной скоростью гидратации, которая связана со временем и температурой ее гашения. Применение быстрогасящейся извести приводит к быстрому выделению тепла в начальной стадии ее гидратации с получением некачественной массы, обусловленной образованием неравномерной по объему ячеистой структуры и наличием трещин.

Ячеистый бетон необходимого качества можно получить двумя технологическими приемами: использованием извести со сроками гашения 10–15 мин либо вводом в исходное сырье замедлителей ее гидратации, например гипса или поверхностно-активных веществ [1].

Ячеистый бетон хорошего качества получают использованием легированной извести с замедленным временем гашения [1, 2]. Однако в последнее время изготовители блоков из ячеистого бетона, особенно работающие на оборудовании зарубежных фирм, требуют поставки им извести с высоким содержанием суммы активных оксидов кальция и магния и замедленными сроками гашения, получение которой не связано с применением легирующих добавок. Поэтому в настоящее время актуальным является рассмотрение технологических приемов получения умеренно реакционной извести, не связанных с применением легирующих солей натрия и хлора.

Образующаяся при обжиге известь представляет собой кристаллическое вещество, размер кристаллов которого зависит от исходного материала и режима обжига. Объемная масса, пористость, химическая активность и другие свойства извести определяются ее микроструктурой.

Рассмотрим влияние средней температуры в зоне обжига печи, качества карбонатного сырья и топлива на микроструктуру образующейся извести, которая в основном определяет время и температуру гашения извести [2].

Влияние средней температуры обжига чистого кальциевого известняка в лабораторной печи на изменения размера кристаллов CaO , пористости и объемной массы извести исследовано И. Вурером [2] и представлено кривыми на рис. 1. Кривые показывают, что при постепенном нагревании известняка при температуре 800–850°C обра-

зуется известь пористой структуры, сложенной из кристалликов CaO размером 0,2–0,3 мкм и пронизанной капиллярами диаметром около 0,008 мкм. Оксиды кальция характеризуются максимальной химической активностью (время гашения водой 15–20 с). Удельная поверхность кристаллов CaO превышает $7 \text{ м}^2/\text{г}$. Средняя плотность извести находится в пределах $1600\text{--}1700 \text{ кг}/\text{м}^3$, пористость порядка 50%. Практически такую известь не производят из-за низкой производительности печи.

С повышением температуры до 900–1000°C происходит медленный рост первичных кристалликов с одновременным упорядочением их структуры. При этом образуются кристаллы CaO почти идеальной правильной формы размером 0,3–1 мкм с удельной поверхностью $3,8\text{--}1,7 \text{ м}^2/\text{г}$, обладающие высокой химической активностью. Пористость извести снижается с 45 до 37%, но в массе материалов возникают крупные поры, вследствие чего объемная масса материала довольно низкая – $1800\text{--}2000 \text{ кг}/\text{м}^3$. Время гашения такой извести 1–1,5 мин.

Постепенное повышение температуры обжига в интервале 1000–1150°C сопровождается рекристаллизацией (ростом первичных кристаллов) CaO с образованием кристаллитов CaO размером 4–6 мкм с удельной поверхностью $1,5\text{--}0,3 \text{ м}^2/\text{г}$, обладающих умеренной реактивностью (время гашения 2–3 мин). Пористость извести снижается с 37 до 25%, но за счет образования новых крупных пор средняя плотность извести не превышает $2300\text{--}2450 \text{ кг}/\text{м}^3$.

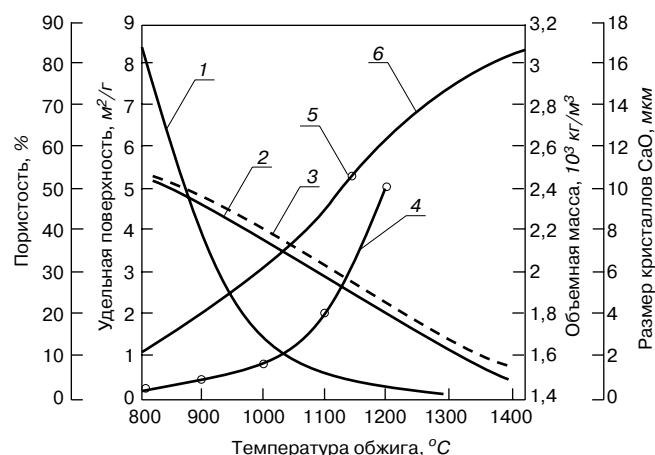


Рис. 1. Характер изменения показателей кальциевой извести с ростом температуры обжига: 1 – удельная поверхность кристаллов CaO ; 2 – пористость извести с крупными порами; 3 – пористость извести с мелкими порами; 4 – размер кристаллов CaO ; 5 – критическая величина объемной массы; 6 – объемная масса извести

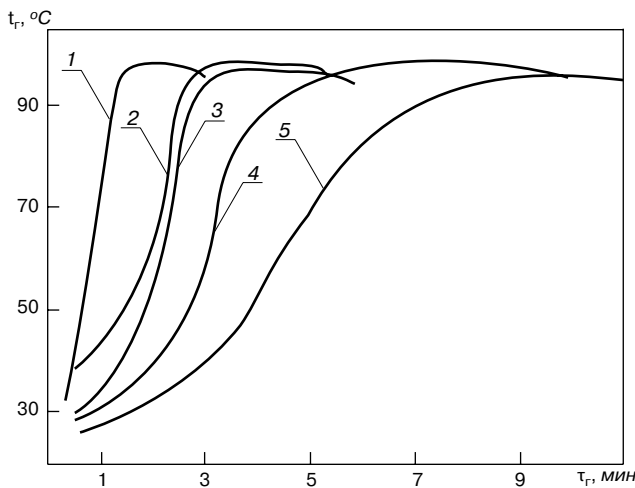


Рис. 2. Кривые гидратации кальцевой известности, полученной обжигом чистого мела в газифицированной вращающейся печи при разнй температуре в зоне обжига, °С: 1 – 1200; 2 – 1250; 3 – 1300; 4 – 1400; 5 – 1500

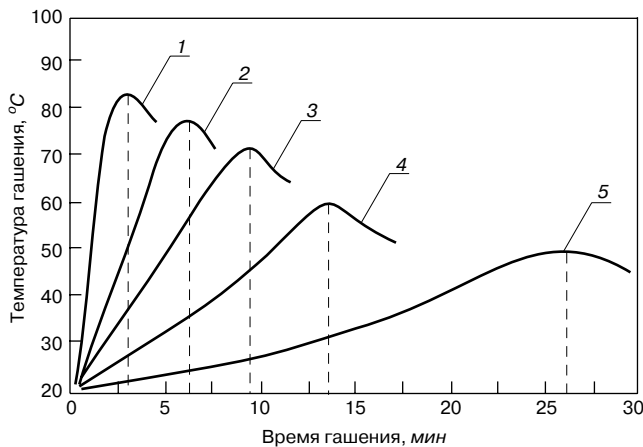


Рис. 3. Кривые гидратации кальцевой известности, полученные обжигом известняка различного качества в шахтных печах, отапливаемых газообразным и твердым топливом: 1, 2, 3 – обжиг известняка в газифицированной шахтной печи с содержанием глинистых примесей: 1 – 1,8%; 2 – 3,5–4,5%; 3 – 6–7%; 4 – обжиг чистого известняка при отоплении печи каменным углем марки АО зольностью 12%; 5 – то же при отоплении печи углем марки АМ зольностью 20%

Обжиг при температуре материала 1150°C является границей получения известности без пережога, так как дальнейшее повышение температуры материала до 1200°C резко ускоряет уплотнение известности до 2600–2700 кг/м³ со снижением пористости до 20%. Появляются конгломераты кристаллов СаО размером 10 мкм и более с удельной поверхностью менее 0,2 м²/г. Химическая активность падает. Начинается процесс спекания известности. Обжиг при температуре материала 1250–1300°C сопровождается уплотнением известности до 2900 кг/м³, резким снижением ее химической активности, ускорением спекания известности. Процесс спекания отличается тем, что одновременно с укрупнением кристаллов СаО идет процесс их «заживления», заключающийся в исправлении дефектов в кристаллической решетке первичных кристаллов СаО. В известности появляются конгломераты СаО размером 15–20 мкм.

Нагревание чистого известняка (СаСО₃) при 1350–1400°C и выше вызывает дальнейшее уплотнение известности, резкое снижение ее пористости, образование кристаллов оксида кальция и их конгломератов размером 30–50 мкм с удельной поверхностью 0,1–0,05 м²/г. Такая известность характеризуется пониженной химической активностью.

На реактивность известности оказывает влияние микроструктура обжигаемого сырья. На рис. 2 представлены кривые гашения кальцевой известности, полученные автором при обжиге чистого мела в газифицированной вращающейся печи размером $\varnothing 2,7 \times 50,6$ м, оборудованной подогревателем сырья типа колосниковой конвейерной решетки, при разных температурах в зоне обжига. Этот пример показывает, что обжиг чистого мелкокристаллического карбонатного сырья даже при температуре газового потока 1400–1500°C сопровождается получением известности без пережога активностью 92–94%, временем гашения 6–9 мин и температуре гашения 92–93°C. Недостатками такого режима производства среднеакционной известности являются повышенный удельный расход топлива и необходимость применения для футеровки зоны обжига печи дорогого магнезито-хромитового или периклазохромитового огнеупорного кирпича.

Большое влияние на микроструктуру образующейся известности оказывает качество обжигаемого сырья, которое во многом определяется массой и химическим составом входящих в него глинистых примесей (суммой SiO₂, Fe₂O₃ и Al₂O₃), так как при обжиге образующиеся в зоне высоких температур СаО и MgO взаимодействуют с глинистыми примесями и зольной частью твердого топлива, образуя новые минералы, придающие известности новые свойства.

Кремнезем SiO₂ взаимодействует с СаО в твердом состоянии уже при 800–900°C. При дальнейшем повышении температуры увеличивается подвижность анионов и катионов, образующих кристаллическую решетку оксидов, в результате чего протекают реакции в твердой фазе с образованием силикатов кальция. В температурном интервале 1100–1300°C обычно образуется крупнокристаллический двухкальцевый силикат β -2СаО·SiO₂ (белит), который представляет собой тугоплавкое соединение и при высокой температуре обжига не образует жидкой фазы, т. е. не образует сваров, но является медленногасящимся веществом.

При обжиге в полное взаимодействие с СаО вступает только тонкодисперсный кремнезем, составляющий 70–90% общего его содержания в глинистых примесях [2]. Примеси в виде зерен кварца с размерами более 40–50 мкм реагируют с СаО только по поверхности с образованием каймы из двухкальцевого силиката толщиной 10–20 мкм.

Количество СаО, связанного в силикаты кальция, определяют по количеству содержащегося в сырье кремнезема [2]: $CaO_{связ} = 1,87 SiO_2\%$.

Взаимодействие СаО с Fe₂O₃ и Al₂O₃ приводит к образованию ферритов, алюминатов и алюмоферритов кальция, которые при температуре 1000–1200°C образуют жидкую фазу с низкой вязкостью, способствующую образованию сваров материала в печи, которая обволакивает зерна СаО, образуя известность с низкой реакционной способностью. Воздействие жидкой фазы на СаО проявляется также в резком ускорении процесса его рекристаллизации и спекания, в результате чего даже при непродолжительном обжиге образуются кристаллы СаО размером 20–50 мкм, время гашения которых исчисляется десятками минут. Количество СаО, связанного в алюмоферриты кальция, подсчитывают по выражению [2]: $CaO_{связ} = 1,1Al_2O_3 + 0,7Fe_2O_3\%$.

В карбонатах сульфат кальция СаSO₄ присутствует в небольших количествах (0,01–0,025%), но его содержание в шихте при обжиге может существенно увеличиться при использовании сернистых каменных углей, в золе которых он присутствует. Взаимодействие сульфата СаSO₄ с СаО способствует понижению температуры образования жидкой фазы, что приводит к быстрому росту кристаллов СаО и снижению реакционной способности известности.

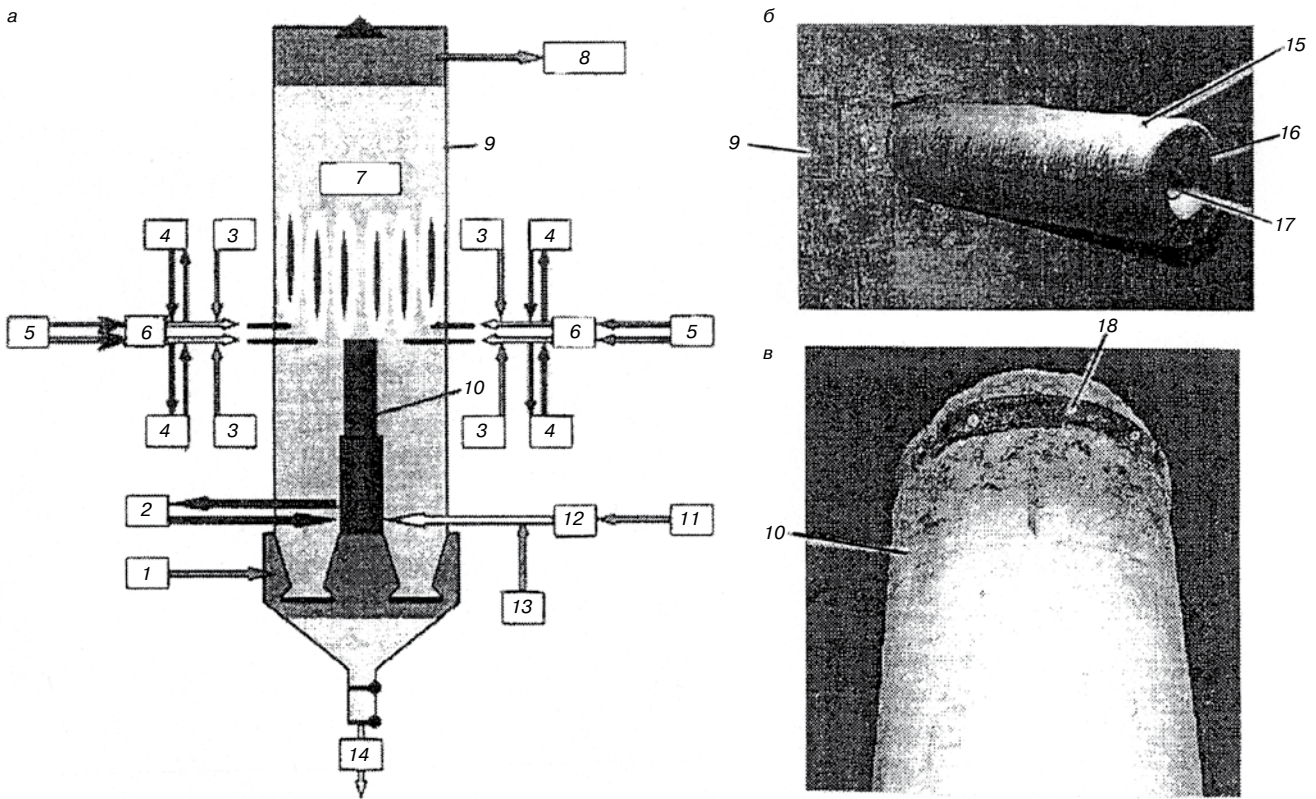


Рис. 4. Одношахтная печь фирмы Maerz Ofenbau AG, работающая на пыли бурого угля: а – схема ввода и сжигания угольной пыли в шахте диаметром 3,9 м; б, в – периферийная и осевая горелки; 1 – воздух в зону охлаждения; 2 – воздух на охлаждение горелки; 3 – воздух в периферийные горелки; 4 – вода на охлаждение горелок; 5, 11 – воздух, транспортирующий угольную пыль; 6, 12 – угольная пыль; 7 – известняк; 8 – печные газы; 9 – кожух печи; 10 – осевая горелка; 13 – вода на охлаждение; 14 – известь; 15 – периферийная горелка; 16 – корпус; 17, 18 – сопла периферийной и осевой горелок

Реакционная способность негашеной извести характеризуется химической активностью оксидов CaO и MgO, а также входящих в известь клинкерных минералов при взаимодействии с водой в обычных условиях. Основными показателями при этом являются время и температура гидратации (гашения) извести, определяемые по методике, приведенной в ГОСТ 22688–77 «Известь строительная». Принято считать известь *высокорекрационной*, если время ее гашения находится в пределах 2 мин и температура гашения 80–90°C; *среднерекрационной* при 4–8 мин и 65–80°C; *умеренно реакционной* при 9–15 мин и 60–75°C; *низкорекрационной* более 15 мин и 50–55°C.

На рис. 3 приведены кривые 1, 2, 3 гашения извести с содержанием CaO + MgO = 89–80%, полученной обжигом в газифицированных шахтных печах при температуре газового потока 1200–1250°C известняка с содержанием глинистых примесей: 1 – 1,8%; 2 – 3,5–4,5%; 3 – 6–7%, которые показывают, что увеличение содержания глинистых примесей в сырье сопровождается увеличением времени гашения и снижением температуры гашения извести. Кривые 4 и 5 получены обжигом чистого известняка в шахтной печи, отапливаемой антрацитом разного качества: 4 – антрацитом зольностью до 12%; 5 – антрацитом зольностью 20%.

Следовательно, чем выше температура обжига и больше в известняке глинистых примесей или золы в твердом топливе, тем быстрее и больше образуется в извести низкорекрационных силикатов, ферритов и алюминатов кальция и меньше CaO остается в свободном состоянии.

Максимальное количество CaO, связанного в новые соединения, составляет [2], %:

$$CaO_{\text{связ}} = K_{\text{св}} \cdot 1,87SiO_2 + 1,1Al_2O_3 + 0,7Fe_2O_3,$$

где: SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ – содержание оксидов в сырье, пересчитанное на теоретический состав извести, %; K_{св} – коэффициент, учитывающий количество SiO₂, которое вступило в реакцию с CaO. Величину поправки K_{св} в зависимости от дисперсности кремнезема принимают в пределах 0,6–0,9.

Пример. Определить содержание активных CaO+MgO в извести при обжиге известняка в шахтной газифицированной печи следующего химического состава, %:

$$CaCO_3 = 95,54; MgCO_3 = 1,89; SiO_2 = 1,8; Al_2O_3 = 0,2; Fe_2O_3 = 0,6.$$

Исходные данные: степень диссоциации сырья при обжиге $\xi_{\text{сд}} = 92\%$; известняк средней прочности фракции 60–120 мм; карьерная влажность 3%.

Расчет коэффициентов расхода сырья. Теоретический коэффициент расхода сырья:

$$K_c^T = 1/(1-y) = 1/(1-0,3967) = 1/0,6033 = 1,657 \text{ кг/кг извести,}$$

где $y = (\xi_{\text{сд}}/100) \cdot (0,44 \cdot 95,54/100) + 0,522 \cdot 1,89/100 = 0,92 \cdot 0,4204 + 0,0099 = 0,3967$.

Коэффициент расхода сырья с учетом пылеуноса из печи в размере 1 г/м³ отходящих газов:

$$K_c^H = 1,0015 \cdot 1,6575 = 1,66 \text{ кг/кг извести.}$$

Коэффициент расхода сырья с учетом его карьерной влажности 3%:

$$K_c^{Hl} = K_c^H / (1-0,03) = 1,66/0,97 = 1,7113 \text{ кг/кг извести.}$$

Коэффициент расхода сырья с учетом транспортных потерь **1,8** кг/кг извести.

Расчет качества получаемой извести.

Состав извести без учета связывания CaO в клинкерные минералы, %:

$$\begin{aligned} \text{CaO} &= 53,5 \cdot 1,6575 = \mathbf{88,6789}; \\ \text{MgO} &= 0,9 \cdot 1,6575 = \mathbf{1,4917}; \\ (\text{CaO} + \text{MgO}) &= \mathbf{90,17}; \\ \text{SiO}_2 &= 1,8 \cdot 1,6575 = \mathbf{2,9835}; \\ \text{Al}_2\text{O}_3 &= 0,2 \cdot 1,6575 = \mathbf{0,3315}; \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 &= 0,6 \cdot 1,6575 = \mathbf{0,9945}. \end{aligned}$$

CaCO₃ в извести: 100 – 94,4795 = **5,5205**; остаточное CO₂ в извести: 5,5205/2,27 = **2,43**.

Состав извести с учетом реакций образования клинкерных минералов, %:

Содержание связанного оксида кальция по формуле (1) $\text{CaO}_{\text{связ}} = K \cdot 1,87\text{SiO}_2 + 1,1\text{Al}_2\text{O}_3 + 0,7\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,5 \cdot 1,87 \cdot 2,983 + 1,1 \cdot 0,3315 + 0,7 \cdot 0,9945 = \mathbf{3,85}$.

Содержание активных CaO+MgO в извести: 90,17 – 3,85 = **86,32**.

Содержание остаточного CO₂ в извести **2,43**.

Реакционная способность извести в большой степени зависит от зольности применяемого топлива и температурного режима обжига сырья. На рис. 3 кривая 4 соответствует гидратации извести с содержанием CaO = 87% за время 12,5 мин. Известь получена обжигом чистого известняка (содержание глинистых примесей 1,8%) фракции 50–100 мм при средней температуре обжига 1230°C в шахтной печи, отапливаемой антрацитом марки АО (фракция 25–50 мм), зольностью 12%. Кривая 5 получена гашением извести с содержанием CaO = 80%, полученной при обжиге этого же известняка при температуре обжига 1350–1400°C при отоплении печи антрацитом марки АМ (фракция 13–25 мм), зольностью 20%. Кривая 5 показывает, что несмотря на высокое содержание CaO, температура гашения извести всего 45°C при времени гашения 26 мин. Исследования извести показали, что замедленная гидратация извести объясняется крупными размерами ее кристаллов, составляющими 5–12 мкм, при значительном количестве кристаллов размером 20–50 мкм. При уменьшении в зоне обжига печи средней температуры до 1200–1250°C время гашения извести снижается до 12–15 мин, а температура гашения увеличивается до 60°C. Однако эта известь непригодна для производства ячеистого бетона из-за высокого содержания пережога, вызванного использованием мелкого антрацита, куски которого быстро сгорают, развивая температуру на отдельных участках зоны обжига до 1500°C.

Представляет интерес информация о проведенной в Германии модернизации нескольких шахтных пересыпных печей, имеющих внутренний диаметр шахты 2,2–4,1 м, с заменой дорогостоящего кокса на молотый бурый уголь, что позволило не только снизить затраты на топливо, но и значительно увеличить производительность и получить известь без пережога с замедленным временем гидратации, пригодную для выпуска изделий из ячеистого бетона [3].

На рис. 4 приведена одна из модернизированных фирмой «Maerz Ofenbau AG» одношахтных печей производительностью 200 т/сут, отапливаемой вместо кокса молотым бурым каменным углем. В зоне обжига печи (рис. 4, а) установлено 32 шт. периферийных консольных горелок, расположенных в один ярус в шахматном порядке по периметру печи, в которые несущим воздухом 5 через горелки в зону обжига поступает угольная пыль. В периферийные горелки также поступает воздух, необходимый для полного сжигания угольной пыли, поступающей в пристенную область. Периферийная го-

релка 15 (рис. 4, б) снабжена охлаждаемым водой корпусом 16 и устанавливается в шахте под углом к горизонту. Глубина погружения горелки в слой обжигаемого материала регулируется в пределах 200–600 мм. По центру шахты установлена осевая горелка 10, состоящая из двух полых труб, изготовленных из жаропрочной стали. Для охлаждения корпуса горелки в ее межтрубное пространство вентилятором подается воздух. Наружная труба горелки имеет футеровку из огнеупорного бетона. В головке осевой горелки расположено восемь форсунок 18 для подачи в зону обжига пылеугольного топлива. Работа печи полностью автоматизирована.

Печь устойчиво работает со следующими показателями: при обжиге чистого известняка (CaCO₃ = 97,5%) фракции 60–125 мм выпуск извести составляет 200 т/сут; удельный расход условного топлива 148,7 кг; содержание остаточной CO₂ в извести 1,4%; время гашения извести 7–8 мин; температура гашения +65°C; удельный расход электроэнергии 20 кВт·ч [3]. Применение полученной извести в производстве ячеистого бетона дало хорошие результаты.

Таким образом, одним из методов получения высокоактивной извести с необходимыми временем и температурой гашения является сжигание угольной пыли в шахтных и вращающихся печах. В шахтных газифицированных печах это достигается установкой в зоне обжига в качестве периферийных горелок выносных топочных горелок, работающих на пылеугольном топливе длиннопламенных углей. В газифицированной вращающейся печи это можно выполнить установкой в разгрузочной головке печи наряду с газовой горелкой пылеугольной горелки с подачей в нее топлива в количестве 15–20% общего его расхода на обжиг.

Таким образом, обжиг карбонатного сырья с содержанием глинистых примесей менее 3% в интервале 1200–1250°C сопровождается ростом кристаллов CaO до размеров 2–3 мкм и частичной их рекристаллизацией с образованием кристаллитов CaO размером 4–6 мкм, имеющих удельную поверхность 1,5–0,2 м²/г, обладающих временем гашения 4–5 мин при температуре 70–75°C (среднереакционная известь). Повышение температуры газового потока до 1350–1400°C позволяет получить умеренно реакционную известь без пережога активностью 85–90%, временем гашения 8–9 мин и температурой гашения 85–90°C. Недостатками такого режима производства извести являются повышенный удельный расход топлива и необходимость применения дорогого огнеупорного кирпича.

Зарубежный опыт отопления шахтной печи угольной пылью показывает возможность получения умеренно реакционной извести с высоким содержанием CaO и умеренными временем и температурой гашения. В нашей стране в настоящее время отсутствует опыт сжигания угольной пыли в шахтных и вращающихся печах, что требует проведения экспериментальных работ в этом направлении.

Список литературы

1. *Монастырев А.В.* Требования потребителей к свойствам извести для ячеистого бетона и технологические приемы по их обеспечению // *Строительные материалы.* 2009. № 6. С. 36–37.
2. *Монастырев А.В., Александров А.В.* Печи для производства извести, *Справочник.* М.: *Металлургия,* 1979. 233 с.
3. *Пирингер Х., Вернер В.* Модернизация одношахтных печей большого диаметра на сжигание буроугольной пыли успешно завершена // *Цемент. Известь. Гипс.* 2009. № 1. С. 34–39.

УДК 691.31

И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ, канд. техн. наук, генеральный директор,
 А.В. НОСКОВ, начальник исследовательско-технологического отдела,
 Д.А. СЛЕМНЕВ, лаборант, ООО «ИНТА-строй»;
 А.В. ВИШНЕВСКИЙ, инженер-технолог 1-й категории, ООО «СибЭК» (Омск)

Повышение качества силикатных материалов с использованием активатора «Вьюга»

В настоящее время производство строительных материалов вступает в новый этап развития, который заключается в расширении сырьевой базы за счет использования отходов промышленности.

Коллектив ООО «ИНТА-строй» длительное время занимается разработкой технологий производства строительных материалов, позволяющих утилизировать накопившиеся отходы энергетики и металлургии. В созданных технологиях можно использовать, например, золу ТЭЦ в производстве керамического полнотелого кирпича полусухого прессования; тонкодисперсные отходы металлургического производства при объемном окрашивании керамического камня. Известно, что использование золы дает возможность снизить количество цементного вяжущего, необходимого для производства ячеистых бетонов и сухих смесей, не ухудшая их качества.

Для реализации подобных технологий в производстве необходим агрегат тонкого помола и активации сырьевых компонентов. Специалистами института по результатам НИОКР создан активатор принципиально новой конструкции, названный «Вьюга» (рис. 1). Активатор представляет собой горизонтально расположенный цилиндрический корпус, в котором смонтирован ротор с мелющими телами. Привод ротора осуществляется электродвигателем.

Установленная мощность привода активатора составляет 15 кВт, производительность — до 1 т/ч, удельное энергопотребление 12–14 кВт·ч на 1 т материала.

На рис. 2 представлен результат лазерного дифракционного анализа дисперсности вольского песка фракции 1,5–2 мм после размола.

Положительный опыт использования активаторов в производстве керамического кирпича, ячеистых бетонов и сухих смесей позволил предположить целесообразность внедрения установок данного типа и в производство силикатных материалов. Для проверки этого предположения было решено провести ряд экспериментов с применением активатора «Вьюга» в техноло-

гии производства силикатного кирпича. Работа проводилась совместно со специалистами завода эффективного зольного кирпича — ООО «СибЭК».

Технология производства известково-зольного кирпича, используемая на предприятии, включает следующие технологические операции:

- предварительное измельчение извести;
- размол извести с частью золы для получения дисперсного порошка;
- смешивание компонентов с водой, гашение извести в реакторе;
- доувлажнение формовочной смеси;
- прессование сырца;
- автоклавная обработка.

В целом технологический процесс производства силикатного кирпича занимает от 18 до 24 ч.

Существенное значение для получения качественной продукции имеет дисперсность известково-зольной смеси (остаток на сите 008 должен составлять не более 8%). Необходимая дисперсность обеспечивается помолом в проходной шаровой мельнице. При использовании в производстве известково-зольной смеси более крупного фракционного состава наблюдается разрушение изделий в процессе термовлажностной обработки. Причиной является неполное гашение крупных частиц извести в ходе «созревания» формовочной смеси.

Эксперимент, проведенный на базе ООО «СибЭК», заключался в совмещении стадии смешивания и гашения извести в активаторе «Вьюга». Основная масса золы увлажнялась до 11%. Исходная известково-зольная смесь, используемая в экспериментах, имела остаток на сите 008 25% и вводилась в состав шихты непосредственно перед активацией.

Активация осуществлялась на установке «Вьюга» при различных частотах вращения ротора. Частота вращения ротора при активации сырья для серии 2 была снижена на 20% по сравнению с частотой вращения при активации шихты серии 1. Образцы зольного кирпича,



Рис. 1. Активатор «Вьюга»

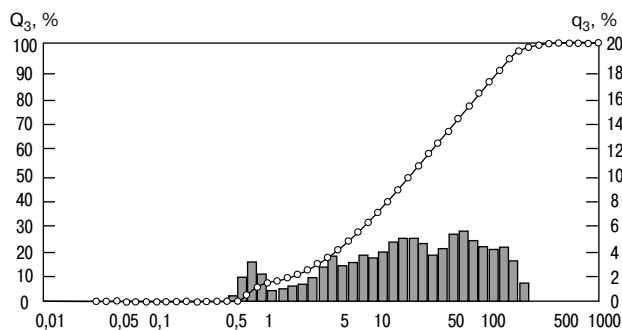


Рис. 2. Результаты лазерного дифракционного анализа дисперсности песка после размола на установке «Вьюга»

**Результаты физико-механических испытаний
контрольных и экспериментальных образцов**

	Контрольный	Серия 1	Серия 2
Размер, д/ш/в, мм	250/120/88	190/90/45	190/90/45
Плотность, кг/м ³	1359	1684	1630
Прочность сырца при сжатии, МПа	0,5–0,7	1,4	1,16
Прочность изделия при сжатии, МПа	13	43	33
Прочность при изгибе, МПа	4,58	4,42	4,21
Водопоглощение, %	22,2	10,2	12,4

отобранные из партии продукции ООО «СибЭК» для сравнительного анализа физико-механических свойств, обозначены как контрольные.

После активации шихта доувлажнялась до влажности 18%. Изделия формовались на гидравлическом прессе при удельном давлении 16 МПа. Автоклавирование образцов осуществлялось совместно с изделиями, изготовленными по стандартной технологии. В таблице приведены значения физико-механических показателей контрольных и экспериментальных изделий.

В ходе эксперимента с применением агрегата «Вьюга» установлена возможность формования изделий

из активированной шихты при влажности 10%, при этом предел прочности при сжатии для экспериментального сырца соответствует прочностным показателям контрольного полуфабриката, получаемого на действующем производстве при влажности 18%.

Серийно выпускаемые изделия (контрольные) соответствуют марке 125 по ГОСТ 379–95 «Кирпич и камни силикатные». В результате использования в технологическом цикле активатора «Вьюга» удалось получить образцы изделий (экспериментальные), соответствующие марке 300 и выше. Несмотря на более крупный фракционный состав извести, разрушение образцов не наблюдалось.

Таким образом, использование активатора «Вьюга» целесообразно в отрасли производства силикатных материалов в качестве эффективной машины, позволяющей не только повысить качество выпускаемой продукции, но и сократить длительность технологического цикла.

Список литературы

1. *Вахнин М.П., Анищенко А.А.* Производство силикатного кирпича. М.: Высшая школа, 1989. 200 с.
2. *Сулименко Л.М.* Общая технология силикатов. М.: ИНФРА-М, 2004. 335 с.

Институт Новых Технологий и Автоматизации промышленности строительных материалов

ИНТА-СТРОЙ

ПРОИЗВОДСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ – ПОД КЛЮЧ

КИРПИЧНЫЕ ЗАВОДЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

УСТАНОВКИ «КАСКАД» – высококачественная подготовка сырья

АКТИВАТОР «ВЬЮГА» активация и тонкое измельчение

ПЕНОБЕТОН-ТЕХНОЛОГИЯ, оборудование, пеноконцентрат

Россия, 644113, г. Омск, ул. 1-ая Путевая, 100 Тел./факс: (3812) 440-471, 440-472
www.inta.ru e-mail: info@inta.ru

Г.В. КУЗНЕЦОВА, доцент,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Особенности помола известково-кремнеземистого вяжущего в производстве силикатных материалов

За рубежом заводы силикатного кирпича работают по прямой технологии приготовления вяжущего, т. е. подготовка вяжущего состоит в тонком помоле одной извести или используется покупная тонкомолотая известь. Затем тонкомолотая известь и песок разной крупности дозируются и смешиваются. Далее смесь отправляется в силос для гашения. Большинство заводов силикатного кирпича в РФ применяет технологию приготовления силикатной массы путем совместного помола дробленой извести и песка в шаровых мельницах с получением известково-кремнеземистого вяжущего и последующим его дозированием и смешиванием вяжущего и песка наполнителя.

В силикатном бетоне, как и в силикатном кирпиче, вяжущим является тонкомолотая известково-кремнеземистая смесь, называемая известково-кремнеземистым цементом автоклавного твердения, или известково-кремнеземистым вяжущим (ИКВ). Если известь взята в избытке, то она непосредственно образует пленки гидросиликатов на поверхности песка-заполнителя. Этот непосредственный контакт извести с частицами песка не снижает и тем более не исключает роли ИКВ. Как только в обычную известково-песчаную смесь будет введена хоть небольшая добавка тонкомолотого песка, в такой смеси во время автоклавной обработки роль вяжущего, обволакивающего песок-заполнитель, начинает играть наряду с известью и известково-кремнеземистое вяжущее. Распределяясь в смеси вокруг крупных зерен песка-заполнителя, эта тонкомолотая смесь образует пленки силикатов кальция, обволакивающие и скрепляющие частицы заполнителя в единый монолит [1].

Увеличение тонкости помола кварцевого песка ускоряет не только его растворение, но и повышает концентрацию насыщенного раствора, тем самым интенсифицируя процесс образования гидросиликатов. Поэтому помол природного песка является мощным средством интенсификации процесса его взаимодействия с известью [1].

Однако доля песка в известково-кремнеземистом вяжущем ограничивается активностью получаемой извести, технологией и квалификацией технологов. Рассмотрим активности ИКВ в зависимости от его состава и активности исходной извести (табл. 1), которые получены расчетным методом.

С использованием методики СН 277-80 «Определение удельной поверхности песка в тонкомолотых смесях с известью и известняком» определено содержание молотого песка в вяжущем (табл. 2).

В «Типовом технологическом регламенте на технологический процесс производства силикатного кирпича», разработанном в НИПИ силикатобетона (1987 г.), приводятся следующие требования: п. 5.2.4. «Удельная поверхность молотого песка вяжущего должна находиться в пределах 150–200 м²/кг по прибору ПСХ; в п. 8 карты контроля технологического процесса производства приводятся требования, что известково-песчаное

вяжущее должно иметь дисперсность, соответствующую остатку на сите 02–5%.

ГОСТ 9179–77 «Известь строительная. Технические условия» п. 2.9 указывает, что степень дисперсности порошкообразной воздушной извести должна быть такой, чтобы при просеивании пробы извести сквозь сито с сеткой № 02 и 008 проходило соответственно не менее 98,5 и 85% массы просеиваемой пробы».

На заводах в основном используют сетку 02. При остатке на сите 02 в пределах 2% на сите 008 получается остаток, превышающий 15%. Зачастую заводские лаборатории не используют сетки 008. На ряде заводов остаток на сите 02 составляет более 10%, однако выпускаемый кирпич соответствует заданным требованиям по прочности. В табл. 3 приведены характеристики вяжущих нескольких заводов, расположенных на европейской территории РФ.

Удельная поверхность песка в известково-кремнеземистом вяжущем может составлять 800 см²/г, в лучшем случае 1200 см²/г. Однако для проведения таких характеристик заводские лаборатории должны быть оснащены соответствующим оборудованием и квалифицированными кадрами, которых во времена СССР обучали на курсах повышения квалификации.

Конечно, качество помола прежде всего зависит от прочности сырья, использованного для изготовления извести. Так, при замене добрянтинского известняка прочностью 40 МПа на известняк Касимовского месторождения прочностью 30 МПа тонина помола готовой

Таблица 1
Активность ИКВ в зависимости от качества извести и содержания песка

Соотношение И:П	Содержание активных CaO и MgO, %					
	50	58	62,5	68	72	80,3
1:0	50	58	62,5	68	72	80,3
1:0,5	33	38,6	45,1	39,5	48	51,7
1:1	25	29	31	34,2	36	41
1:1,5	20	23,2	25,8	27,7	28,8	32

Таблица 2
Доля песка в вяжущем

Соотношение И:П по массе в вяжущем	1:0,5	1:1	1:1,5	1:2
Песок, %	33	50	60	67

Таблица 3
Характеристики заводских вяжущих

Условное обозначение завода	1						2		3	
	02	008	02	008	02	008	02	008		
Номер сит	02	008	02	008	02	008	02	008		
Частные остатки, %	1,6	29,9	8	32,9	10	36,9				
Полные остатки, %	1,6	31,4	8	40,9	10	46,9				

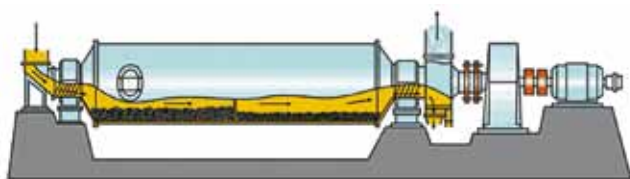


Рис. 1. Шаровая двухкамерная мельница CM 1456A



Рис. 2. Рабочий вид выходного узла мельницы

известни при прочих равных условиях уменьшалась в два раза, а марка кирпича увеличивалась.

Тонина помола также зависит от качества работы мельниц. Зачастую данный процесс контролируют механики предприятий и своей заботой об оборудовании приводят к ухудшению качества получаемого продукта. В помольном отделении отсутствуют какие-либо контролирующие приборы. Контроль качества помола вести только по остатку на сетке сложно. На Казанском заводе силикатных стеновых материалов в помольном отделении были установлены приборы измерения нагрузки на двигатели всех мельниц. При запуске мельниц с полной загрузкой мелющими телами в соответствии с технологией показания приборов составляют 200–220 А. При последующей работе и износе мелющих тел нагрузка снижалась до 160–150 А. По данным контроля, в этот период увеличивался остаток на сетках либо рост помола подтверждался показаниями приборов о снижении нагрузки на двигатель и износом мелющих тел. Данную операцию уже могут контролировать все технические работники. Работники помольного отделения могут своевременно производить дозагрузку мельниц мелющими телами.

В настоящее время на старых силикатных заводах можно только мечтать об автоматизации контроля за

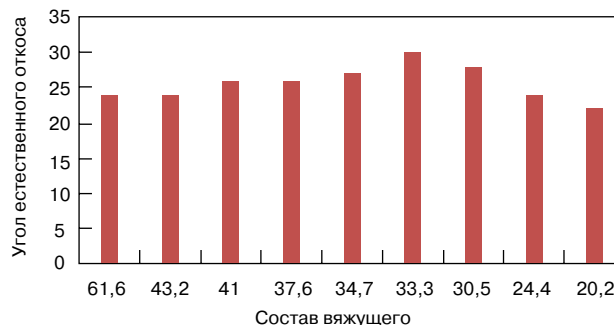


Рис. 3. Изменения угла естественного откоса известково-кремнеземистого вяжущего в зависимости от его состава

работой помольных отделений, в то время как новые заводы обеспечены компьютерным управлением на всех рабочих местах.

Работа шаровой двухкамерной мельницы схематично представлена на рис. 1.

Шаровые мельницы на выходе имеют барабанные грохоты с ячейками 4 мм, просивающие и предохраняющие от попадания мелющих тел в готовый продукт (рис. 2).

Грохоты мельниц на производстве часто создают проблемы, а именно происходит его замазывание, и готовый продукт попадает в отход. Такое наблюдается при увеличенной производительности мельниц. Чтобы избежать потерь, на многих предприятиях сетку грохота демонтируют с мельницы. Это ведет к появлению такого вида брака, как «дутик» в силикатном кирпиче. Условия труда в таких помольных отделениях также оставляют желать лучшего.

На отечественных заводах дозирование вяжущего осуществляется, как правило, шнековыми дозаторами или в лучшем случае дозаторами СБ-71 и редко весовыми дозаторами. Подвижность вяжущего дает о себе знать разбросом активности формовочной смеси. Уменьшение разброса активности смеси или коэффициента вариации смеси стало требовать к себе внимания в связи с ростом производства цветного кирпича. На менее подвижном вяжущем разброс дозировки минимален. В связи с этим произведено сравнение цемента и известково-кремнеземистого вяжущего по подвижности. В КазГАСУ произвели исследования подвижности известково-кремнеземистого вяжущего (табл. 4).

Полученные данные показывают, что с увеличением тонины помола составляющих вяжущего подвижность их снижается. Оптимальный состав вяжущего состава 1:1 приближается к подвижности цемента.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что увеличение доли кремнеземистого компонента в вяжущем до соотношения 1:1 снижает подвижность, но даль-

Таблица 4

Подвижность известково-кремнеземистого вяжущего и его составляющих

Соотношение И:К	1:0	1:0,2	1:0,33	1:0,42	1:0,5	1:1	1:1,1	1:1,5	1:2	0:1
Активность	61,6	43,2	41	37,6	34,7	33,3	30,5	24,4	20,2	
Плотность	660	630	680	710	700	890	740	750	690	
Угол естественного откоса, град.	24	24	26	26	27	30	28	24	22	
Песок немолотый										12
молотый $S_{уд}=1500 \text{ м}^2/\text{кг}$										23
$S_{уд}=3000 \text{ м}^2/\text{кг}$										24
Известняк молотый $S_{уд}=2600 \text{ м}^2/\text{кг}$										19
$S_{уд}=7400 \text{ м}^2/\text{кг}$										26
Известь активностью 61,6%										24
80,8%										18
Цемент М400	35									



Рис. 4. Щетка грохота мельницы



Рис. 5. Узел выгрузки мельницы с установленной щеткой

нейшее увеличение приводит к возвращению прежней подвижности, так как здесь проявляет свое влияние молотый песок, поскольку доля его увеличивается. То же наблюдается и с плотностью известково-кремнеземистого вяжущего. Можно отметить, что при помоле состава 1:1 получается менее подвижная смесь или порошок с меньшей текучестью. Здесь возникают проблемы с прохождением ее через грохот мельницы.

В данном случае на производстве было принято решение этой проблемы путем установки металлической щетки на грохоте мельниц (рис. 4,5). Щетка изготавливается из троса по принципу щетки пресса СМ816, место установки – по ходу грохота. При подъеме нижней

точки грохота вверх происходит очистка отверстий. Срок службы щеток продолжительный, замена их не проблематична, материалы доступны.

- Таким образом, данное решение позволило:
- повысить КПД мельницы на 12–15%;
 - устранить попадание продукта помола в лоток отходов;
 - в помольном отделении создать нормальные условия труда.

Литература

1. *Сатталкин А.В.* Технология изделий из силикатного бетона. М.: Стройиздат, 1972. 344 с.



Активатор
измельчение активация синтез

**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

М. КЛАРЕ, дипломированный инженер, А.К. ИВАНОВ, инженер,
фирма «Маза ГмбХ» (Германия)

Применение модульных стеновых элементов для оптимизации производственных процессов

Со второй половины 2009 г. на юго-западе Польши стали производить силикатные изделия по немецким стандартам качества. Совместно с фирмой «Маза ГмбХ» (бренд DORSTENER) фирма Sil-Pro Bloczki Silikatowe Sp. zo.o построила современный завод по производству силикатных изделий в провинции Нижняя Силезия, регион Олава.

Фирма Sil-Pro инвестировала в строительство нового завода, что стало весомым вкладом в развитие строительной отрасли и особенно повлияло на удовлетворение растущих потребностей в качественных материалах. В это время в Польше возник высокий спрос не только на мелкоштучные изделия, но и на изделия среднего формата.

Большинство существующих предприятий Польши по производству силикатных изделий построено в 80-е гг. XX века и производит изделия, качество которых зачастую не соответствует современным стандартам.

В связи с этим были оперативно определены важнейшие цели при проектировании нового завода:

1. Производить изделия в соответствии с немецкими стандартами качества.
2. Производить помимо уже известных в Польше мелкоштучных изделий изделия среднего формата.
3. Минимизировать себестоимость.
4. Обеспечить круглогодичное производство.

Реализация данного проекта была поручена фирме «Маза ГмбХ», зарекомендовавшей себя как компетентного партнера на всех стадиях реализации проектов от проектирования и изготовления оборудования до монтажа, технического сопровождения и обучения персонала, вплоть до начала успешной эксплуатации завода.

Благодаря тесному партнерскому сотрудничеству между фирмами Sil-Pro и «Маза» спустя всего год в Польше был построен завод по производству силикатных изделий.

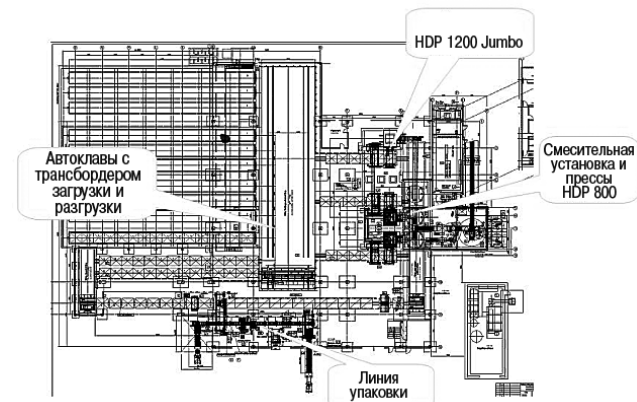


Рис. 1. Схема размещения оборудования на современном заводе по производству силикатных изделий фирмы Sil-Pro

Проектирование

Для обеспечения круглогодичной работы завода было необходимо разместить весь внутренний транспорт в пределах цеха. Так как завод проектировался «в чистом поле», правильное решение было найдено быстро, что, с одной стороны, позволило оптимально организовать производственный процесс, а с другой – выполнить пожелание клиента относительно возможности эксплуатации предприятия круглый год. На первом этапе строительства завод был оснащен двумя прессами DORSTENER HDP 800 (рис. 1). На предприятии были установлены автоклавы диаметром 2,5 м. Это позволило достичь оптимального коэффициента использования автоклавов с одновременным сокращением числа, что привело к сокращению расходов на покупку автоклавов, уменьшению стоимости их транспортировки, а также к уменьшению эксплуатационных расходов.

Еще при проектировании завода была предусмотрена возможность установки дополнительного пресса для производства крупноформатных элементов, что в будущем позволит фирме Sil-Pro выпускать изделия длиной до 1000 мм и высотой 650 мм.

Выбор прессов

Силикатные изделия производятся при помощи гидравлических прессов двустороннего прессования. Для достижения требуемого результата важны степень сжатия известково-песчаной смеси, интенсивность нарастания давления и его конечная величина. При применении мелкофракционных сырьевых материалов важным является также время выдержки при заданном давлении.

Прессы – основа силикатного производства. Для проекта Sil-Pro из всего многообразия производимого фирмой «Маза ГмбХ» оборудования были выбраны гидравлические прессы двустороннего прессования типа HDP 800 (рис. 2). Прессы управляются автоматически и осуществляют равномерное двустороннее уплотнение по всей высоте изделия. При выборе прессов учитывалось, что планировалось производить преимущественно изделия среднего формата, для которых данный тип прессов подходит лучше всего. Благодаря простой настройке параметров пресса можно легко оптимизировать процесс уплотнения, что позволит достичь наилучшего качества изделий.

Прессы серии DORSTENER HDP 800

Отличительными особенностями прессов фирмы «Маза» являются:

- современная электронно-гидравлическая система прессования, обеспечивающая экономичное производство изделий всех форматов высотой до 300 мм;
- двустороннее уплотнение, гарантирующее производство изделий равномерной плотности по всей высоте;



Рис. 2. Основа завода – два прессы DORSTENER HDP 800. В производстве блоки среднего формата 8DF размерами 250×240×248 мм. Благодаря простоте управления с обслуживанием обоих прессов справляется один оператор



Рис. 3. После автоматического просеивания песок по транспортерам подается в бункеры над смесительной установкой. Силосы извести, расположенные вне производственных помещений, делают возможным хранение двух различных сортов извести

- автоматический контроль качества изделий и корректировка параметров прессования;
- возможность формования специфических поверхностей (фасок и выемок под захваты изделий, устройств пазогребневых соединений, формирования инсталляционных каналов или других пустот).

**Подготовка сырьевых материалов.
Смесительные установки**

Качество силикатных изделий зависит не только от процесса уплотнения в прессе, но и от хранения, смешивания и дозирования сырьевых материалов.

Расход известково-песчаной массы зависит от желаемой прочности изделий и качества имеющегося в наличии сырья. Основной задачей при выборе сырьевых материалов является достижение экономически рента-



Рис. 4. Применение двух различных видов песка позволяет фирме Sil-Pro использовать в производственном процессе лучшие комбинации сырьевых материалов. Влажность песка определяется при его подаче в смеситель и учитывается компьютерным управлением в общем балансе влажности



Рис. 5. Для обеспечения однородности массы в основном смесителе происходит процесс интенсивного перемешивания сырьевых материалов. После смешивания масса подается в соответствующие реакторы прессов, где происходит реакция гашения извести. Размеры реакторов соответствуют потребности прессов в силикатной массе

бельного содержания СаО, обеспечивающего набор требуемого уровня прочности запаренными изделиями.

В ходе реализации проекта фирма «Маза ГмБХ» неоднократно проводила тестирование различных видов песка и извести для фирмы Sil-Pro. В тесном сотрудничестве с «Научно-исследовательской ассоциацией силикатного кирпича» (Германия) в лабораторных условиях из отобранных сырьевых материалов были произведены первые изделия еще до начала строительства завода. Благодаря



Рис. 6. Для обеспечения равномерного процесса гашения извести и достижения однородной массы сразу за реактором устанавливается вторая смесительная установка. В данной установке происходит процесс домешивания и доувлажнения смеси, в результате которого достигается точная влажность массы перед ее подачей в пресс. Установка последующего смешивания состоит из устройства разгрузки реактора и подачи материала в двухвальную смеситель



Рис. 8. Транспортер вместимостью до 8 запарочных тележек в пред-автоклавной зоне обеспечивает загрузку и выгрузку автоклавов. Данная концепция позволяет использовать тупиковые автоклавы

полученным результатам рецептуры были полностью адаптированы к имеющемуся в наличии сырью.

Важнейшие факторы, определяющие рецептуру смесей:

- свойства песка (фракционный состав, влажность);
- свойства извести (содержание CaO, время гашения);
- прочность свежееотформованных изделий;
- вид изделий (полнотелые, пустотелые изделия, облицовочный камень, панели).

На заводе фирмы Sil-Pro существует возможность независимого складирования двух сортов песка и двух сортов извести (рис. 3, 4). В соответствии с заданным рецептом песок и известь смешиваются в смесителе интенсивного действия. Количество подаваемой воды зависит от уровня естественной влажности песка. Перед подачей в смеситель все сырьевые материалы точно взвешиваются в соответствии с рецептурой.

Подготовка силикатной массы – сложный процесс, который учитывается еще при проектировании смесительной установки (рис. 5, 6). При смешивании следует различать две основные задачи:

- равномерность распределения сырьевых материалов для достижения однородности массы;
- изменение имеющихся в сырьевых материалах или образующихся при смешивании комков глины, мелкофракционного песка или извести.



Рис. 7. Загрузка запарочных тележек автоматом-укладчиком происходит полностью автоматически в соответствии с заданными параметрами системы управления. Основным критерием является оптимальное использование автоклавов. Захватные пластины регулируются в соответствии с видом производимой продукции от мелкоштучных изделий до изделий среднего формата



Рис. 9. Загруженная запарочная тележка автоматически устанавливается под грейфером разгрузки. Пустые тележки очищаются и подаются к прессам



Рис. 10. Управление прессом происходит при помощи многофункциональной электронной панели, на которой наглядно отображены все важные параметры процесса уплотнения изделий. Формат изделий быстро меняется путем вызова из памяти сохраненных ранее параметров изделий. Простота управления позволяет легко изменить язык системы визуализации, например на польский, русский или английский

Высокая степень однородности смеси очень важна для качества силикатных изделий.

Многолетний опыт фирмы «Маза ГмбХ» в проектировании силикатных смесительных установок, их систем управления и визуализации гарантирует фирме Sil-Pro оптимальный набор технологического оборудования, обеспечивающего высокое качество как силикатной массы, так и конечных изделий.

Система внутреннего транспорта

Система внутреннего транспорта является одной из важнейших составляющих завода по производству силикатных изделий. Свежееотформованные или готовые изделия осторожно транспортируются на запарочных тележках по рельсам между производственными участками (рис. 7). Для обеспечения круглогодичного производства при строительстве завода была реализована концепция движения запарочных тележек только в пределах цеха. Использование иной схемы размещения



Рис. 11. Машины обвязки легко регулируются, что обеспечивает надежную упаковку изделий различных форматов. Еще на стадии проектирования завода были определены характеристики «конечного» транспортера и вид применяемых (деревянных) поддонов

оборудования привело бы к влиянию погодных условий, таких как низкая температура зимой, дождь, снег и обледенение, на системы внутреннего транспорта. Концепция данного завода позволяет избежать этих проблем.

Полностью автоматические трансбордеры (электропередаточные мосты), системы фиксации, установок канатной тяги и тактовые шиберы обеспечивают оптимальную подачу запарочных тележек (рис. 8). Пустые тележки подаются к прессам, загружаются свежесформованными изделиями, осторожно помещаются в автоклавы, а уже запаренные изделия направляются к линии упаковки и/или на пути разгрузки (рис. 9).

Все процессы управляются автоматически. Благодаря унифицированной системе управления все процессы и режимы находятся под постоянным контролем и их параметры могут быть выведены на монитор (визуализация процесса) (рис. 10). Все данные от подачи и расхода сырья до выпуска готовой продукции протоколируются. Благодаря этому фирма Sil-Pro обладает полной информацией обо всех производственных процессах, а производимые изделия отличаются высоким качеством.

Системы упаковки

Линия упаковки на заводе в г. Олава позволяет паковать изделия как на поддоне, так и без него. Это обеспечивается комбинацией специально спроектированного фирмой «Маза» «конечного» транспортера со станциями горизонтальной и вертикальной обвязки (рис. 11). Изделия автоматически снимаются с запарочных тележек и пакетируются. Особенно эффективно зарекомендовала себя схема укладки изделий на запарочную тележку, в соответствии с которой количество кирпича всегда кратно нескольким пакетам изделий. При реализации данной концепции удалось избежать применения излишней дополнительной операции перформовки изделий.



Рис. 12. Готовые пакеты изделий подаются к месту складирования при помощи вилочного погрузчика. Если пакеты изделия упаковываются без поддонов, то их можно транспортировать при помощи соответствующих захватов. Изделия сортируются по форматам в зоне складирования для дальнейшей отгрузки

На заводе в г. Олава на линии упаковки была предусмотрена возможность последующей установки устройства обвязки стретч-пленкой.

Проекты фирмы Маза в области силикатного производства

После успешного завершения фирмой «Маза ГмбХ» проекта в г. Олава фирма Sil-Pro под торговой маркой «Unika – Bloczki Silikatowe» производит широкий ассортимент силикатных изделий различных форматов, разнообразных классов прочности и средней плотности. Строительство нового предприятия позволяет фирме Sil-Pro следовать за динамично развивающимся рынком силикатных изделий Польши.

При реализации данного проекта фирмами Sil-Pro и «Маза ГмбХ» в очередной раз стала очевидной важность взаимовыгодного двустороннего сотрудничества.

Гидравлические прессы фирмы «Маза ГмбХ» (бренд DORSTENER) применяются в производстве силикатных изделий по всему миру. Наряду с такими традиционными странами-потребителями силикатных изделий, как Нидерланды, Бельгия и Германия, прессы фирмы «Маза ГмбХ» все чаще используются при производстве высококачественных силикатных изделий во многих других странах мира.

В частности, в России и странах СНГ фирмой «Маза ГмбХ» был реализован ряд проектов в области силикатного производства. При этом осуществлялось не только строительство новых предприятий, но и проводилась модернизация уже существующих заводов с целью повышения качества изделий до уровня мировых стандартов.

В настоящее время более 390 прессов из серии HDP 800 и 1200 эксплуатируются по всему миру, при этом количество прессов серии Jumbo составляет 22 HDP 800 и 72 HDP 1200.

Masa GmbH / Порта Вестфалика

Osterkamp 2. 32457. Porta Westfalica. Deutschland
Tel.: +49-(0)5731-680-0
Fax: +49-(0)5731-680-183
info@masa-henke.com
www.masa-ag.com

Представительство фирмы «МАЗА ГмбХ»

123557, г. Москва, Средний Тишинский пер., 28, оф. 220
Тел.: (495) 232 51 27
Факс: (495) 232 51 28
info@masa.ru



Смесительная техника для производства высококачественных строительных материалов



Бетон – Сухие смеси – Силикатный кирпич

С уникальной во всем мире системой смешивания

- Вы сможете переработать материал любой консистенции
- Вы сможете сократить количество брака
- Вы сможете воспроизводить качество на высочайшем уровне

- Вы получите широкие возможности быть достаточно гибкими в развитии новой продукции

Решайтесь, как это сделали многие другие, на приобретение новой системы для Вашего производства.

Так как Ваш конечный продукт никогда не будет лучше, чем смесь для его изготовления.

ООО «Айрих Машинентехник»
 ул. Уржумская, 4, строение 2
 129343 Москва, Российская Федерация
 Телефон: (495) 7716880, факс: (495) 7716879
 E-mail: info@eirich.ru, Internet: www.eirich.ru



EIRICH

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

Прессовое и смесительное оборудование для заводов силикатного кирпича

Инженерами компании «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 «ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ» ведется строительство нового кирпичного завода производительностью 100 млн шт. усл. 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.

Завод силикатного кирпича мощностью 100 млн шт. усл. кирпича в год по проекту компании «ИНВЕСТ-ТЕХНОЛОГИЯ» 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 за пределы помещений, а перемещаются только внутри отапливаемых цехов по замкнутому циклу;
- 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, это 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 нагрев 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 многие другие факторы.

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

Первый пресс одностороннего прессования VIKING SG-710 был запущен в эксплуатацию на ООО «Казанский завод силикатных стеновых материалов». Пресс VIKING SG-710 (рис. 1, 2, 3) обладает набором передовых технических решений, которые делают его уникальным по энергоэффективности, производительности, надежности и увеличенным интервалам обслуживания и ремонта.

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 небольшой воздушный теплообменник, для которого не требуется технической воды охлаждения.

Запатентованная система подвижной пресс-формы с гидравлическим управлением позволяет перед прессованием принудительно поднимать пресс-форму и включать зазоры между контрштампом и пресс-формой. Благодаря этому изделия получаются 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 лишних потерь энергии перемещается из положения прессования в положение выталкивания изделий.

Мешалки каретки обладают мощностью 18 кВт каждая, их скорость вращения 5 об/с. Эти показатели в три раза выше, чем у лучших существующих в настоящее время моделей прессов. В результате мешалки за 0,3 с выполняют необходимое количество ворошений, а вибраторы, установленные по периметру загрузочной каретки, обеспечивают качественную и равномерную засыпку многогнездных пресс-форм.

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 травмировать их.

Помимо ключевых положений, изложенных выше, в конструкции пресса предусмотрены хотя и не столь существенные, но тем не менее достаточно важные элементы.

Во всех **основных узлах захватов пресса и укладчика** исключены цилиндрические направляющие и бронзовые втулки, которые, как известно, 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 направляю-

Тип смесителя	Емкость, л	Мощность завихрителя, кВт	Мощность привода резервуара, кВт	Масса, т	Скорость вращения корпуса смесителя, об/мин
IMG-900/75	900	75	11	4	20
IMG-1200/90	1200	90	15	5	20
IMG-1700/110	1700	110	22	6,9	15
IMG-2300/132	2300	132	22	8,5	15
IMG-3000/160	3000	160	30	10	15

щих 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 замкну-

том пространстве (внутри гидравлической системы), и соответственно гидравлическое масло совершенно не засоряется. При этом отсутствуют воздушные фильтры и, следовательно, 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, увеличивает его ресурс работы, а также дает возможность производить укладку изделий на вагонетку без больших уступов, что позволяет обеспечивать максимальное 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. таблицу), которые специально разработаны и адаптированы для приготовления высококачественной формовочной массы для силикатного кирпича.

Смесители серии IMG имеют ряд отличительных особенностей.

Смесительный инструмент (рис. 4, 5), разработанный специально для очень высокой скорости вращения (линейная скорость стержня завихрителя 35–40 м/с и более), позволяет увеличить интенсивность воздействия на



Рис. 1. Пресс VIKING SG-710 усилием 710 т для прессования силикатного кирпича



Рис. 2. Автомат-укладчик пресса VIKING SG-710



Рис. 3. Перегородочные силикатные блоки размером 500×250×70, изготовленные на прессе VIKING SG-710

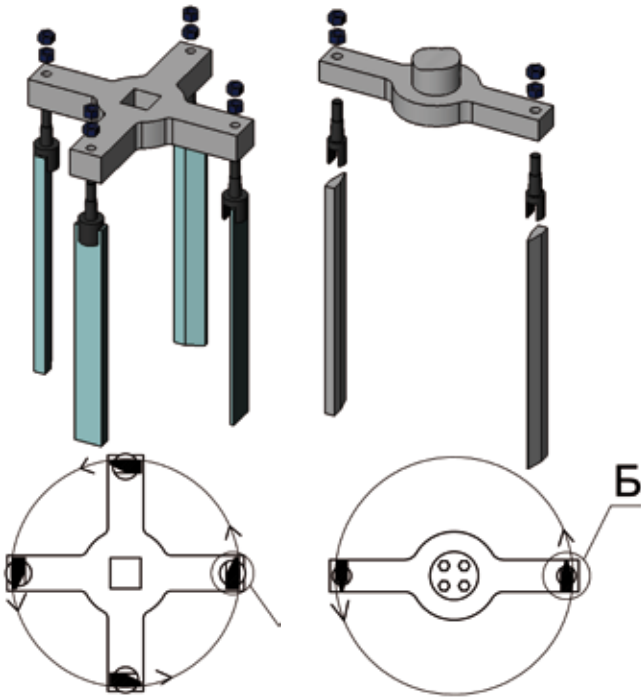


Рис. 4. Стандартный смесительный инструмент. Предназначен для первичного перемешивания силикатной смеси до силосов

Рис. 5. Специальный смесительный инструмент. Предназначен для повышенной интенсивности перемешивания силикатной смеси после силосов. Характеризуется очень высокой скоростью вращения

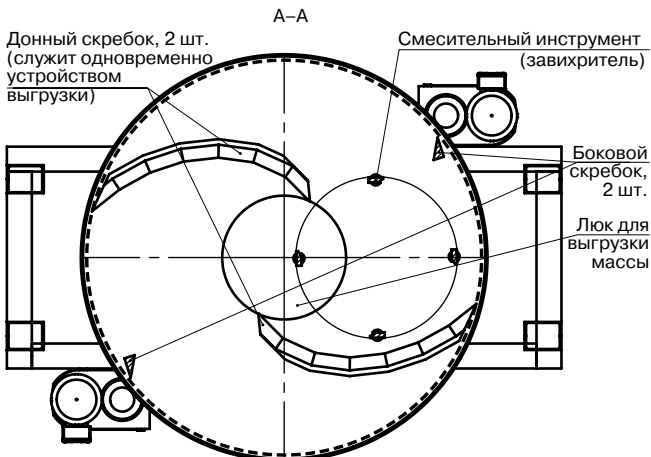


Рис. 6. Схема расположения боковых и донных скребков

комки, образующиеся в процессе гашения в силосах, и дает возможность получить очень качественную и однородную формовочную массу, в том числе и с пигментами.

Наличие **двух боковых скребков и двух донных скребков** (рис. 6), 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 соответственно 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. 4, 5).

По желанию заказчика 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 составляет три года без ограничения времени наработки.

19 – 22 ОКТЯБРЯ 2011, г. СОЧИ
Павильоны у Морпорта

SOCHI BUILD

X 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: (8622) 648-700, 642-333,
647-555, (495) 745-77-09
e-mail: stroyka@sochi-expo.ru
www.sochi-expo.ru

Д. КЛАРЕ, директор компании AAC-Concept GmbH (Германия)

Оборудование компании AAC-Concept GmbH для производства силикатного кирпича

Международная компания AAC-Concept GmbH специализируется в сфере проектирования, изготовления и модернизации технологических линий производства стеновых материалов, таких как газобетон автоклавного твердения, силикатный кирпич, а также использования в технологии производства данных материалов промышленных отходов, способствующих ресурсо- и энергосбережению.

Компания AAC-Concept GmbH может участвовать в оптимизации любого этапа технологии выпуска силикатного кирпича:

- **производство оборудования** от отдельных единиц до целого завода по потребностям клиентов и в соответствии с немецкими стандартами качества;
- **контроль** изготовления оборудования;
- **проектирование** электрических схем;
- **запуск оборудования** или завода, монтаж и ввод в эксплуатацию производства в целом и отдельных видов оборудования;
- **обслуживание** и сервис при эксплуатации.

Основной принцип компании AAC-Concept GmbH – работа в соответствии с высокими требованиями немецких стандартов для обеспечения бесперебойного производства. Все необходимое оборудование поставляется AAC-Concept GmbH, также осуществляется техническое содействие на каждом этапе работ в соответствии с потребностями заказчиков.

В 2010 г. компания AAC-Concept GmbH стала партнером предприятия W+K Luoyang Machine Co. Ltd., которое в Китае занимает третье место по производству прессов для силикатного кирпича. Также компания занимается выпуском оборудования для керамической промышленности и производства стекла.

Производственные возможности китайской компании, инжиниринг и менеджмент компании AAC-Concept обусловили создание нового машиностроительного объединения на международном рынке оборудования. Благодаря этому стала возможной программа «Сделано в Германии – произведено в Китае», характеризующаяся соответствующей выгодной коммерческой составляющей. Совместно с китайским партнером AAC-Concept GmbH ввела в эксплуатацию полностью автоматизированный завод по производству силикатного кирпича на основе золы-уноса в Китае. Также совместными усилиями была введена в строй автоматизированная линия колки и рустирования силикатного кирпича ООО «ТИБЛ-Груп» (Россия, Ростов-на-Дону). Все проектные и технические решения здесь предоставлены компанией AAC-Concept GmbH на наиболее экономически выгодных условиях для заказчика.

Для заводов силикатного кирпича спроектирован и производится пресс нового поколения торговой марки ISP. Конструктивные особенности данного пресса дают возможность уменьшить нагрузку на фундамент при сохранении его производительности.

Компания AAC-Concept GmbH предлагает новые возможности для международного рынка при совместной работе с китайским партнером: клиенты компании

могут начать выпуск продукции при минимальной производительности и постепенно ее наращивать. Комплектация может быть различной в зависимости от индивидуальных потребностей, но оборудование всегда будет гарантированно соответствовать немецким стандартам качества.

Компания AAC-Concept GmbH при проектировании производства всегда выделяет основные технологические участки:

- хранения сырья;
- смешивания сырья;
- химических реакций;
- формования кирпича;
- автоклавной обработки;
- упаковки и хранения.

AAC-Concept GmbH оказывает помощь в проектировании складской и транспортной систем. При помощи системы взвешивания производится точное дозирование и оптимальное использование сырьевых материалов.

Перемешивание сырьевых материалов для получения силикатной массы – один из наиболее ответственных этапов производства. Дозирующие аппараты проектируются с учетом особенностей сырья и автоматизированы. Качество и степень перемешивания – основные параметры, требующие постоянного контроля, кроме того, отслеживается влажность массы, дозировка извести, протекание процессов гашения и др. Также ведется контроль и за дозировкой пигмента.

Для протекания химических реакций силикатная масса определенное время выстаивается для образования необходимых химических соединений. Данный процесс четко контролируется оборудованием AAC-Concept GmbH.

При формовании кирпича необходимо прежде всего ориентироваться на уровень качества получаемых изделий. При формовании кирпича на предприятии должен быть жесткий контроль за засыпкой силикатной массы в пресс, четкостью размеров кирпича, корректировкой его влажности.

Процесс автоклавирования предназначен для ускорения протекания химических реакций в массе силикатных изделий. Одной из последних разработок AAC-Concept GmbH является система распределения пара, которая позволяет уменьшить его количество. Как известно, использование пара является достаточно затратной статьей на кирпичных заводах. Применение системы автоклавирования от AAC-Concept GmbH позволяет уменьшить количество пара до 40%.

AAC-Concept GmbH также предоставляет автоматизированное оборудование по упаковке и складированию, что позволяет упаковывать готовый кирпич качественно и с высокой скоростью.

Сочетание низкой стоимости при строго контролируемом процессе изготовления оборудования дает возможность компании AAC-Concept GmbH гарантировать производство кирпича высокого качества при минимальных эксплуатационных затратах и невысокой себестоимости продукции.

В.В. ЮРЧЕНКО, советник президента ООО «Спекта Интерпак» (Москва)

Упаковка продукции. Экономическая эффективность

Целью любого предприятия является изготовление качественной продукции при высокой рентабельности производства, вследствие чего возникает удовлетворенность клиента ценой, качеством и сроками поставки.

Поэтому любые инвестиции в производство будут целесообразны и эффективны, если они отвечают поставленным целям и позволяют достичь желаемого результата в кратчайшие сроки.

Качество продукции складывается из нескольких составляющих. Кроме технологических вопросов изготовления кирпича, а именно подготовки сырья, формовки, автоклавной обработки существуют также вопросы упаковки и транспортировки уже готовой продукции. Времена, когда продукция поставлялась потребителю в навал или без упаковки, вообще уходят в прошлое, поскольку клиент по виду продукции, пришедшей к нему на строительную площадку, делает вывод и о самом производителе, стоимости закупленной продукции, проценте потерь, связанных с хранением, перегрузкой, и соответственно об экономической эффективности вложенных денег в эту продукцию.

Поэтому упаковка готовой продукции считается одним из ключевых моментов технологической цепочки изготовления. В последнее время с ростом цен на кирпич, появлением на рынке изделий различной цветовой гаммы требования к сохранности и защищенности продукции многократно возросли. В связи с этим для производителя остро встает вопрос, какой из способов защиты и упаковки выбрать из всего многообразия предлагаемых решений.

Сегодня на рынке можно встретить большое разнообразие упаковочных решений: обмотка в стретч-пленку, обвязка металлической и РЕТ-лентой, упаковка в термоусадочную или растягивающуюся рукавную пленку методом «стретч-худ». Способы упаковки также разнообразны, начиная от ручного способа до полно-

стью автоматической линии.

Оценим предлагаемые решения с точки зрения экономии использования расходных материалов. Степень защиты продукции каждый производитель определяет самостоятельно в зависимости от способа транспортировки, требования клиента, расстояния доставки. Следует отметить, что в данной статье не оцениваются решения по выбору оборудования, так как этот вопрос рассматривался ранее и он выходит за рамки данной статьи.

Разделим существующие способы защиты на следующие подразделы и затем последовательно рассмотрим каждый из них.

Обвязка стальной или РЕТ-лентой	Обмотка стретч-пленкой
Упаковка в термоусадочную пленку	Упаковка в пленку методом «стретч-худ»

Обвязка. Данный вид упаковки предусматривает только обвязку продукции лентой, что позволяет механически закрепить упаковываемый груз и притянуть его к паллете. Обвязка, как правило, выполняется ручным инструментом с помощью мягких металлических либо высокопрочных лент. Преимуществом данного вида упаковки является возможность применения его на открытых участках погрузки и упаковки и его всепогодность. Упаковка, как правило, производится ручным способом с использованием ручного упаковочного инструмента. К недостаткам данного способа можно отнести его относительную дороговизну.

Произведем расчет примерной стоимости упаковки одного поддона с силикатным кирпичом различными расходными материалами. В качестве примера возьмем поддон с размерами 1740×1100×1300 мм. Применяя



Поставка кирпича без упаковки и в навал постепенно уходит в прошлое





Упаковка кирпича на Липецком комбинате силикатных изделий

четыре последовательные обвязки одного поддона, мы используем 24 м ленты. При стоимости около 40 р./кг мягкой и 55 р./кг высокопрочной металлических лент получается стоимость упаковки одного поддона 60 р. мягкой и 83 р. высокопрочной ленты.

В последнее время все чаще можно встретить применение РЕТ-лент как материала для фиксации. Прочностные характеристики качественных РЕТ-лент позволяют использовать их наравне с металлическими, а такие характеристики, как безопасность и удобство в работе, дают неоспоримые преимущества. Стоимость РЕТ-лент существенно ниже, чем металлических. Например, стоимость упаковки одного поддона лентой РЕТ 15,5×0,89 мм составляет около 25 р. Применение автоматического способа упаковки дает более высокую степень натяжки ленты, соответственно жесткость пакета значительно выше, чем при ручном способе упаковки.

Упаковка в стретч-пленку в последнее время получает все большее применение при производстве кирпича благодаря невысокой стоимости оборудования, наличию производителей пленки практически в каждом регионе и простоте в использовании. Пленка надежно защищает упаковываемый груз от внешних воздействий и одновременно благодаря своим физическим свойствам стягивает его в горизонтальном направлении. Количество витков пленки можно регулировать, так же как и величину нахлеста. Средний расход пленки оставляет 0,35–0,40 кг при средней стоимости пленки в 95 р./кг. Для более надежной защиты используется также укрытие верха пакета полиэтиленовой пленкой, что даст увеличение стоимости упаковки ориентировочно на 10 р., и таким образом общая стоимость упаковки поддона составит 48 р. Применение данного метода упаковки хорошо подходит для транспортировки кирпича на короткие расстояния без значительных перегрузок.

Комбинированный способ упаковки включает **обмотку стретч-пленкой и обвязку**. Его применение дает значительные преимущества, так как пакет, с одной стороны, очень жестко привязан к поддону, с другой — груз достаточно защищен пленкой и готов к транспортировке на значительные расстояния. Известны случаи транспортировки в районы Сибири и Дальнего Востока железнодорожным транспортом, при этом груз доходил до потребителя в отличном состоянии. Транспортировка по Европейской части России экономически эффективна на расстояния до 450–500 км ввиду жесткой конкуренции среди производителей кирпича, достаточно большого их количества и растущей стоимости транс-



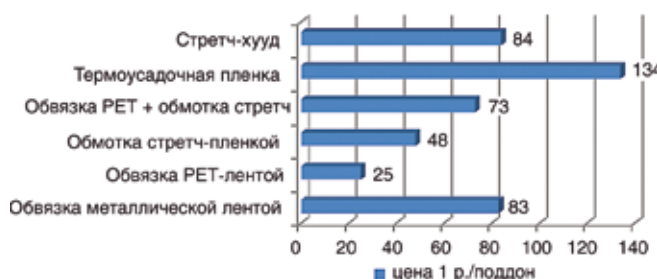
Упаковка кирпича в термоусадочную пленку

портных услуг. Стоимость упаковки в этом случае равна совокупной стоимости двух предыдущих методов и составляет 73 р.

Способ упаковки в **термоусадочную пленку** достаточно распространен в России благодаря большому числу производителей данного типа оборудования, пленки, наличию ресурсов по использованию газа и разрешений к его применению на предприятиях. Конечно, есть ряд существенных ограничений в части оборудования. Так, в большинстве случаев оборудование изготавливается для упаковки продукции на стандартных европоддонах размерами 1200×800 мм. Груз на поддонах 1740×1100 мм требует нестандартного оборудования. Компания «Спекта Интерпак», являясь эксклюзивным дистрибьютором компании ОМС (Италия), имеет возможность поставлять любое оборудование для упаковки строительных материалов.

Второе существующее ограничение — качество поставляемой термоусадочной пленки. Способность к равномерному растяжению в продольном и поперечном направлениях, свариваемость, диэлектрическая проводимость, объем рулонной намотки — критерии, которые определяют выбор поставщика. Сейчас стоимость пленки составляет от 85 р./кг. Стоимость материала для упаковки одной паллеты составит примерно 134 р. Конечно, возможно применение пленок толщиной до 180 мкм, но это не представляется экономически правильным решением. При данных габаритах и массе груза использование пленки толщиной 120–130 мкм вполне достаточно для сохранности груза и его транспортировки до 5000–6000 км авто- и/или железнодорожным транспортом.

Упаковка методом «стретч-худ» относительно новый тип упаковки для России. Метод широко применяется в Европе благодаря наличию нескольких производителей данного оборудования, наличию многочисленных поставщиков пленок данного типа, ограниченности природных энергоресурсов, прежде всего газа, и хороших дорог в Европе. Суть процесса упаковки такова: пленка благодаря своим физическим свойствам механически растягивается, надевается на упаковываемый груз и, сжимаясь, плотно стягивает груз, удерживая его на поддоне.



В Россию данный вид упаковки приходит вместе с импортными технологиями производства кирпича. Конечно, есть ограничение, связанное с недостаточным предложением качественных пленок от российских производителей, но совокупно данный метод упаковки более экономичен в эксплуатации, обслуживании и потреблении расходных материалов по сравнению с термоусадочным оборудованием.

При стоимости пленки 130 р./кг стоимость упаковки получается примерно 84 р. Предположительно, что данный вид упаковки будет получать все большее развитие, так как обеспечивает достаточно надежную защиту продукции, экономичен в использовании и эксплуатации.

Подводя итоги, можно оценить полученные результаты следующим образом.


Конечно, все способы упаковки имеют право на существование. Как видно из приведенной диаграммы, стоимость упаковки может различаться в 5–6 раз и вид упаковки продукции будет прежде всего определяться

производителем. Критерии просты — качественная защита от внешних атмосферных воздействий, жесткость пакета при транспортировке, дальность доставки, экономичность.

Учитывая вышеперечисленные параметры, экономически целесообразным в настоящее время представляется способ упаковки продукции в стретч-пленку в комбинации с обвязкой PET-лентой, позволяющий качественно и без потерь доставить продукцию до потребителя. Примером такого рода решения служит упаковка продукции, выполненная на Липецком комбинате силикатного кирпича.

Компания SPECTA профессионально занимается вопросами упаковки промышленной продукции более 18 лет на рынках стран СНГ и имеет многочисленные примеры сдачи «под ключ» линий автоматизированной упаковки. Проектирование линии под требования заказчика, техническая проработка всех деталей проекта, предоставление информации о наиболее эффективной и экономически оправданной модели упаковки и сервиса — гарантия высокого качества и сохранности вашей упакованной продукции.


Мы готовы к открытому диалогу, уважаемые производители. Являясь ведущей компанией в области упаковки промышленной продукции и одновременно производителем стальной высокопрочной ленты и PET-ленты, мы готовы предложить вам современные, эффективные решения в области упаковки и маркировки продукции, расходные материалы и сервис.




WKB

innovation made by experience


инновации



опыт



качество



Инновационные технологии WKB для производства силикатного кирпича:

- Заводы «под ключ»
- Модернизация производства
- Массоподготовка
- Прессование
- Автоклавирование
- Упаковка
- Колка и рустирование кирпича
- Гидрофобизация

WKB — надежные решения для Вашей конкурентоспособности!

WKB Systems GmbH • Daimlerstraße 5-8 • 48477 Horstel/Германия • тел. +49 5459 8059 297 • факс +49 5459 8059 25
 info@wkb-systems.com • www.wkb-systems.com

Реклама

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/м² ("Удар")
5...300 МН/м² ("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/м²
-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.

В.И. ЧЕРЕПАНОВ, генеральный директор,
Е.В. НЕКРАСОВА, заместитель технического директора,
ООО «Инвест-силикат-стройсервис» (пос. Винзили, Тюменская обл.)

Мифы и реальность, проблемы и перспективы силикатного кирпича

ООО «Инвест-силикат-стройсервис» расположено в Тюменской области и является одним из крупнейших предприятий по производству строительных материалов в Уральском регионе.

История предприятия началась в 1965 г., когда был подписан акт приемки завода силикатных изделий. Более 45 лет предприятие обеспечивает строительные объекты своей продукцией.

Достижения предприятия отмечены многими наградами. Только за 2010–2011 гг. предприятие награждено дипломом V Международного конкурса на лучшую строительную и проектную организацию, предприятие строительных материалов и стройиндустрии (Москва); дипломом 3-й степени XIV Всероссийского конкурса на лучшее предприятие промышленности строительных материалов и строительной индустрии (Москва); дипломом «Лидер строительного комплекса России» (Москва); дипломом и почетным знаком лауреата конкурса «Лучшие товары и услуги Тюменской области»; дипломом лауреата конкурса на лучшее достижение в строительной отрасли Тюменской области в номинации «Организация года»; дипломом и медалью «Лучшие товары и услуги Урала. Тюмень» (Новосибирск); почетной медалью и дипломом «За инновации и развитие» международного форума «Инновации и развитие»; дипломом победителя Международного строительного Олимпа VI Международного конкурса Межправительственного совета по сотрудничеству в строительной деятельности государств-участников Содружества Независимых Государств в строительной деятельности на лучшую строительную и проектную организацию, предприятие строительных материалов и стройиндустрии (Москва).

За последнее время на заводе, как и на большинстве предприятий по производству силикатных изделий, произошли значительные изменения в технологии производства: проведена реконструкция шахтных печей обжига извести; улучшен качественный состав сырьевой смеси, технологические процессы производства автоматизированы, также в автоматическом режиме ведется контроль всех технологических параметров, произведена замена прессового оборудования на высокотехнологичное немецкое оборудование компании W+K. Технологические изменения существенным образом отразились на качестве выпускаемой продукции.

В настоящее время на стройки поставляются силикатные изделия высокой прочности, с четкими ребрами и глянцевыми лицевыми поверхностями. От силикатного кирпича 60–80-х гг. прошлого столетия с максимальной маркой по прочности 125, с хрупкой структурой и рваными гранями неизменным осталось одно название.

Развитие производства ведется не только в направлении совершенствования технологии для улучшения

характеристик изделий, но и для расширения номенклатуры выпускаемых изделий. Силикатные изделия стали разнообразнее по формату, цвету, фактуре лицевых поверхностей.

Во многих городах России используют архитектурные возможности силикатных материалов. И все-таки хотелось бы чаще видеть в ограждающих конструкциях и на фасадах зданий силикатные изделия.

Производителям строительных материалов для продвижения своей продукции на рынок сегодня приходится проводить большую разъяснительную работу среди потребителей, проектировщиков и застройщиков.

Специалисты ООО «Инвест-силикат-стройсервис» также имеют опыт подобной работы. Результатом совместной работы специалистов ООО «Тюменский Промстройпроект» и завода стал альбом технических решений стен с использованием продукции предприятия.

Рассмотрим свойства современных силикатных материалов. К неоспоримым достоинствам силикатных изделий относятся:

- самый низкий среди строительных материалов уровень радиационного фона;
- наиболее высокие показатели по звукоизоляции;
- прочностные характеристики, позволяющие возводить здания любой этажности;
- точные геометрические размеры и формы кирпича, снижающие трудоемкость кладочных работ;
- наличие несквозных пустот в изделиях, позволяющее экономить кладочный раствор, который не заваливается в пустоты, не снижает при этом теплотехнические характеристики и не увеличивает массу кладки;
- широкая цветовая гамма и различные фактуры поверхности лицевого кирпича.

При работе по продвижению строительных материалов на рынке необходимо иметь четкое представление как о положительных свойствах материала, так и о его недостатках.

Основными недостатками силикатных изделий являются его низкая водостойкость и паропроницаемость. Следует отметить, что эти показатели подтверждались в последний раз при разработке СНиП «Каменные и армокаменные конструкции» в 1994 г., а скорее всего еще для предыдущей версии СНиП в 1970 г. Тот факт, что силикатные изделия большинства производителей в России имеют в настоящее время морозостойкость 50 циклов, средней прочностью 175 кг/см² (подтверждено сертификатами соответствия), не говорит, а просто кричит о том, что данные СНиПов существенно устарели.

В дополнение к реально существующим недостаткам силикатных изделий существует множество мифов о силикатном кирпиче как среди рядовых потребителей, так, к сожалению, и среди проектировщиков и строителей. Обсудим их подробнее.

Таблица 1

Материал стены	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	Толщина кирпичной кладки, мм	Расчетная толщина слоя утеплителя, мм	Фактическая толщина слоя утеплителя в кладке, мм
Керамический рядовой пустотелый утолщенный 1,4 НФ	0,45	380 (240 + 120 лиц)	136	140
Силикатный рядовой утолщенный пустотелый (ИССС)	0,55	380 (240 + 120 лиц)	142	140

Таблица 2

Вид кирпича	Плотность, кг/м ³	Средняя масса, кг	Количество раствора на кладку 1 м ³ , кг	Масса 1 м ³ кладки, кг
Кирпич керамический полнотелый	1800	3,6	360	1780
Кирпич силикатный полнотелый	1850	3,7	360	1820
Кирпич керамический пустотелый утолщенный (щелевой)	1450	3,8	460	1610
Кирпич силикатный пустотелый утолщенный	1500	3,9	360	1540

Есть мнение, что силикатный кирпич проигрывает керамическому по теплопроводности и стены из него нужно строить толще, слой утеплителя должен быть больше. Рассмотрим данные характеристики для Тюмени. Требуемое сопротивление теплопередаче составляет 3,68 м²·°С/Вт.

Кроме расчетных данных, приведенных в табл. 1, следует учесть факт увеличения теплопроводности ке-

рамических пустотелых материалов в кладке за счет увеличенного количества кладочного раствора, заваливающегося в пустоты.

Есть мнение, что силикатный кирпич тяжелее керамического. Так же как и производители керамики, силикатчики выпускают пустотелые изделия. В отличие от керамики силикатные материалы имеют несквозную пустотность и количество кладочного раствора при работе существенно меньше. Масса материала напрямую зависит от его плотности. Масса кирпичной кладки зависит еще и от количества используемого кладочного раствора (табл. 2).

Есть мнение, что силикатный кирпич разрушается быстрее керамического. Долговечность кирпича определяется величиной морозостойкости: чем выше морозостойкость, тем дольше кирпич не разрушится в кладке под воздействием различных рабочих и климатических факторов.

Как уже отмечалось выше, в настоящее время подтвержденная морозостойкость большинства производимых силикатных изделий 35–50 циклов, и по этому показателю силикатные изделия не уступают своим керамическим собратьям.

На долговечность керамического кирпича опять же большое влияние оказывает наличие раствора в пустотах, который при замораживании-оттаивании в состоянии насыщенности водой расширяется и может выталкивать стенки кирпича, что приводит к обрушению лицевой кладки. Несквозная пустотность силикатного кирпича исключает возможность такого разрушения.

Приведенные выше данные свидетельствуют о том, что силикатные материалы не уступают по своим основным характеристикам керамическим материалам. По таким показателям, как уровень звукоизоляции, уровень радиационного фона, прочность, силикатные материалы превосходят другие штучные стеновые материалы.

О перечисленных выше свойствах силикатных изделий хорошо знают производители этих материалов. К сожалению, в сознании потребителей закрепилось представление о силикатном кирпиче как о кирпиче недостаточно прочном, недостаточно красивом, ведь здания, выстроенные из силикатных изделий 40–60 лет назад, посерели и потеряли свой первоначальный вид.

Данные представления о силикатных изделиях, к сожалению, закреплены законодательно в СНиПах,



Современные силикатные изделия



СанПиНах и ГОСТах, вышедших в свет в прошлом столетии.

Следует отметить, что керамический кирпич имеет уже многовековую историю, силикатные же материалы такой истории не имеют. За последние 20 лет в технологии производства штучных стеновых материалов произошли существенные изменения (подготовка сырья, применение добавок, использование нового технологического оборудования и др.), обусловившие скачкообразное изменение свойств изделий. Поэтому качественные показатели силикатного кирпича, приводимые в старых нормативно-технических документах, практически не имеют ничего общего с реальными характеристиками изделий, выпускаемых в настоящее время. Это же относится и к керамическим стеновым материалам.

Технология производства силикатных изделий еще очень молода и находится в стадии расцвета, активно совершенствуется, что приводит к значительному улучшению свойств и характеристик силикатных изделий.

Имидж, созданный силикатным изделиям несколько десятков лет назад, в настоящее время оказывает резко отрицательное влияние на развитие силикатного производства, мешает продвижению силикатной продукции на строительном рынке.

В подтверждение вышесказанного хотелось бы привести несколько реальных примеров из опыта общения с проектировщиками, застройщиками. Мифы, описан-



Современный жилой дом из силикатного кирпича

ные выше, чаще всего становятся предметом дискуссий. Теплопроводность, масса изделий — эти значения берутся проектировщиками не из паспортов качества производителей, а из таблиц в СНиПах.

Обозначенное отрицательное влияние поташа на прочность кладки в зимнее время зачастую ведет к запрету на силикатные изделия в кладке первых этажей высотных зданий при ведении работ при отрицательной температуре. Но ведь всем известно, что кроме поташа сейчас существует ряд эффективных противоморозных добавок с другими механизмами действия.

Для Западно-Сибирского региона большую роль сыграл запрет на использование силикатных материалов в Ханты-Мансийском автономном округе. Запрет действовал недолго и был отменен по причине неправомерности и необоснованности. Постановление отменено, а осадок остался, производители вынуждены постоянно доказывать, что запрета давно не существует.

Низкий уровень профессионализма работников проектных организаций или просто нежелание конструктивно мыслить приводит зачастую к абсурдным ситуациям. Случалось, что проектировщики, опираясь на данные разработанного нами альбома технических решений, заявляют: «...В предложенном альбоме технических решений нет конструкции стены, которая нам нужна. У вас есть только стены толщиной 380 и 640 мм, а нам нужно 510 мм... Значит нельзя строить такие стены».

Случалось слышать и заявление типа: «Ваш материал вообще нельзя использовать для лицевых работ». Не смущает наличие всех необходимых технических характеристик и слова «ЛИЦЕВОЙ» в маркировке изделий.

Несмотря на возможные субъективные преграды, в диалоге между производителем строительных материалов, проектировщиком и застройщиком наряду с такими факторами, как личное негативное отношение к конкретному материалу исполнителя работ, низкий уровень знаний в области характеристик и свойств строительных материалов, существует основополагающий объективный фактор — указание на низкие качества силикатных материалов в нормативной строительной документации.

Без достоверных данных о свойствах силикатных изделий, зафиксированных в действующей нормативной документации — СНиПах, СанПиНах, производители будут продолжать сражаться с ветряными мельницами. Поэтому необходимо провести комплексные исследования характеристик силикатных изделий, получить средние значения показателей для российских производителей.

Предлагаемый перечень показателей для комплексных исследований:

- деформации под нагрузкой;
- водостойкость;
- химическая стойкость (поташ и другие противоморозные добавки для конкретных рекомендаций строителям).

Если полученные результаты будут иметь недостаточно удовлетворительные значения, нужно вести активную работу по дальнейшему улучшению потребительских свойств, проводить научно-исследовательскую работу по введению в составы масс технологических добавок, улучшающих качество, опять исследовать показатели, и так циклично до тех пор, пока не будут достигнуты требуемые результаты.

Производители силикатных изделий возлагают большие надежды на Ассоциацию производителей силикатных изделий, поскольку основные проблемы производителей нужно решать централизованно, используя обобщенные сведения о материалах от производителей всей России.

Е.В. ФОМИНА, канд. техн. наук, Н.И. АЛТЫННИК, инженер,
В.В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, В.В. НЕЛЮБОВА, А.Б. БУХАЛО, кандидаты техн. наук,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Регулирование реологических характеристик смеси вяжущего при формировании ячеистой структуры изделий автоклавного твердения

Одной из важнейших операций, при которой происходит формирование пористой структуры и в значительной мере определяются функциональные и общестроительные свойства ячеистых материалов автоклавного твердения, является формирование. Основным условием получения качественной ячеистой структуры без изменения геометрических размеров с порами правильной шаровидной формы, равномерно распределенными в массе бетона без дефектов структуры – расслоений, разрывов межпоровых перегородок, является соответствие кинетики газовыделения и схватывания вяжущей составляющей. При этом выделение газа должно как можно полнее закончиться к началу схватывания смеси [1].

Необходимо поддерживать достаточную пластическую вязкость системы для обеспечения газодерживающей способности смеси. Поэтому механизм вспучивания зависит от согласованности газовыделения и структурообразования, т. е. изменения во времени реологических характеристик [2]. Полученные характеристики сырца ячеистых изделий на ранних стадиях формирования предопределяют эксплуатационные характеристики готового изделия.

В производстве автоклавных ячеистых бетонов в качестве вяжущего используется смесь извести, портландцемента и тонкоизмельченного кварцевого песка. По принятой на предприятиях технологии для получения бетона конструктивно-теплоизоляционного назначения плотностью 800 кг/м^3 соотношение между известью, песком, цементом, газообразователем составляет 1:3,2:0,8:0,0048 при водотвердом отношении $V/T = 0,5$. Этот состав в дальнейших исследованиях был принят контрольным. По технологическому регламенту предусматривается порционное смешивание компонентов вяжущего с разделением его на две части. При этом гашение извести протекает в два этапа.

Известно, что в зависимости от условий гашения извести получаемые продукты гашения отличаются как дисперсностью, так и реакционной способностью [3].

Известь как компонент быстро и более полно гидратируемый оказывает большое влияние на формирование структуры ячеистых изделий на первом этапе. Дисперсностью продуктов гашения извести можно управлять, изменяя температуру или наличие минеральных добавок [3, 4]. Получение наиболее высокодисперсных продуктов гашения оказывает влияние на реологические характеристики вяжущей смеси, применяемой для приготовления газобетонов автоклавного твердения.

Особенность заключается в модифицирующем действии высокодисперсных и активных продуктов гашения извести, полученных при наличии кислотного аниона SO_4^{2-} при высокой температуре гашения извести. В результате гашения извести в присутствии добавки, содержащей кислотный анион SO_4^{2-} , повышается растворимость $\text{Ca}(\text{OH})_2$, происходит диспергирование зе-

рен извести с отделением от них ультрадисперсных твердых частиц [5].

Исследования проводили на известково-песчано-цементных смесях вяжущего без введения газообразователя. Количество воды затворения оценивали коэффициентом соответствия расхода воды (К) на гашение извести с теоретическим значением по реакции: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2 + 65 \text{ кДж/моль}$. Теоретический коэффициент расхода воды принят равным 1 ($K=1$). Количество добавки гипса варьировали в пределах $D = 0-2\%$. В соответствии с технологией производства ячеистых изделий для сохранения теплоты от гашения извести и обеспечения хорошего вспучивания сырьевой смеси композиционного вяжущего необходимо большую часть извести вводить в негашеном виде. Поэтому в исследованиях композиционное вяжущее готовили при замене 10% негашеной извести на предварительно гашеную известь с добавкой двухводного гипса, остальная часть извести участвовала в технологическом процессе без изменений. Компоненты дозировали в соответствии с контрольным составом и смесь, затворенную водой с учетом расчетного количества влаги, интенсивно перемешивали в течение 2 мин, после чего снимали изменение показателей реологических характеристик смеси во времени.

Реологические характеристики смесей измеряли ротационным вискозиметром «Реотест 2.1». Градиент скорости сдвига изменялся от $0,33 \text{ с}^{-1}$ до $145,8 \text{ с}^{-1}$. Соотношение дисперсионной среды (вода) и дисперсной фазы по массе составляло 0,5. Растворные смеси газобетонных изделий автоклавного твердения представляют собой технические высококонцентрированные водные суспензии и относятся к пластичным дисперсным системам. Основными реологическими свойствами такой дисперсной смеси являются пластическая вязкость разрушенной структуры (η , Па·с), предельное напряжение сдвига (P_k , Па).

Реологические параметры исходных суспензий без добавок двухводного гипса показывают, что они являются типичными вязкопластичными структурированными суспензиями. Возникновение вязкости в таких системах относят на счет ван-дер-ваальсовых сил, в той или иной мере связывающих отдельные частички в суспензии. Течение смеси носит тиксотропный характер и соответствует поведению псевдопластических тел, у которых вязкость уменьшается с ростом напряжения сдвига [6].

При производстве газобетона вспучивание продолжается 30–40 мин, что определяет временной промежуток данных исследований. Важно отметить, что продолжительность выдерживания смеси во времени влияет на характер течения суспензий, что очень важно при вспучивании ячеисто-бетонной смеси в формах.

Применение продуктов гашения извести, полученных при различном количестве воды, изменяет вязкость

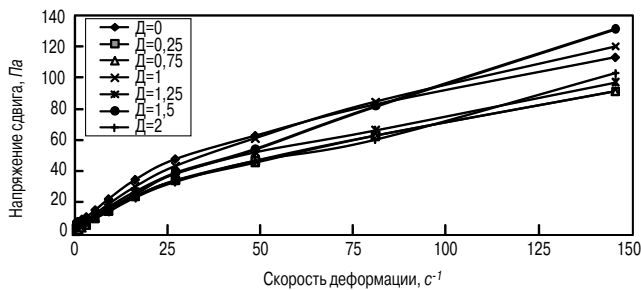


Рис. 1. Реограммы смеси вяжущего с предварительным гашением извести с изменением количества добавки (K = 1)

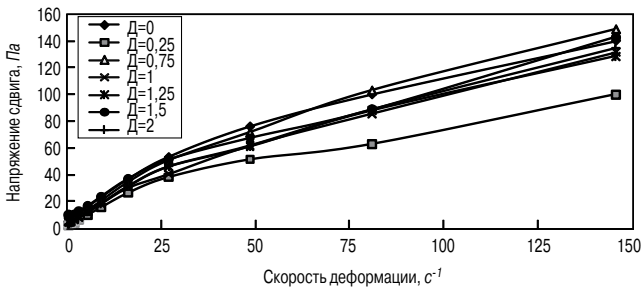


Рис. 2. Реограммы смеси вяжущего с предварительным гашением извести (K = 1,25)

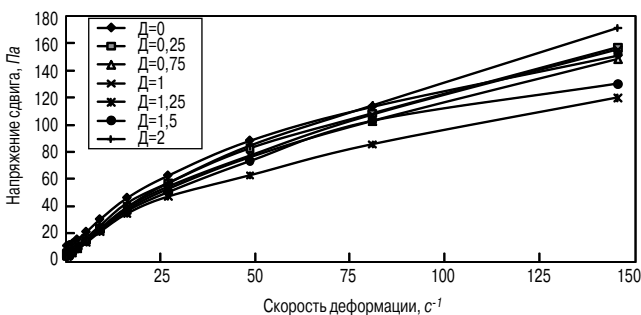


Рис. 3. Реограммы смеси вяжущего с предварительным гашением извести (коэффициент расхода воды на гашение извести K = 1,5)

смеси. При рассмотрении реограмм сырьевой смеси (рис. 1–3) наблюдается увеличение напряжения сдвига, что свидетельствует о снижении вязкости смеси. Наличие в смеси большего количества мелкодисперсных фракций, полученных при меньшем расходе воды на гашение извести, повышает плотность упаковки и приводит к уменьшению общего объема пустот между частицами вяжущего и высвобождению части воды ранее заполнявшей их, т. е. к повышению количества свободной воды в системе. При этом возрастает число контактов между частицами, что приводит к увеличению вязкости.

В смесях вяжущего без добавки гипса при малом градиенте скорости сдвига до 15 с^{-1} наблюдается участок вязкого течения с практически неразрушенной структурой, т. е. структурный режим течения с максимальной пластической вязкостью.

На интервале скорости сдвига от 15 с^{-1} до $\approx 90 \text{ с}^{-1}$ характер ветвей ($D = 0$) различен при $K = 1; 1,25; 1,5$. При $K = 1$ и градиенте скорости сдвига $15\text{--}49 \text{ с}^{-1}$ (рис. 1) наблюдается участок с максимальной вогнутостью кривой ($D = 0$), что свидетельствует о приобретении суспензией дилатантных свойств. При использовании извести, гашенной количеством воды, увеличенным от теоретического в 1,25 и 1,5 раза (рис. 2, 3) на участке от 15 с^{-1} до $\approx 90 \text{ с}^{-1}$, существенной разницы вязкостных свойств нет, нелинейность реограмм выражена довольно слабо. Далее при росте градиента скорости от 90 с^{-1} до $145,8 \text{ с}^{-1}$

Пластическая вязкость сырьевой смеси вяжущего

Количество добавки, %	Пластическая вязкость, Па·с		
	K = 1	K = 1,25	K = 1,5
0	0,5	0,7	0,6
0,25	0,4	0,4	0,8
0,75	0,4	1	0,7
1	0,7	0,9	0,9
1,25	0,5	0,8	1,3
1,5	0,62	0,9	0,9
2	0,4	0,8	0,5

на всех реограммах наблюдается течение с практически полностью разрушенной структурой.

Представленные в таблице реологические характеристики соответствуют выдерживанию смеси в течение 30 мин, при дальнейшем времени выдерживания смеси загустевают, структура практически полностью разрушается и не подвергается деформациям, вязкость суспензий снижается.

Пластическая вязкость смеси с добавками гипса несколько изменяет специфику гидратации вяжущего и ход течения суспензий; на процесс влияют условия гашения извести, а именно характеристики продуктов гашения, полученные при различном количестве добавок и воды затворения.

С введением 0,25% двуводного гипса пластическая вязкость суспензии в обоих случаях уменьшается, причем при $K = 1,25$ происходит большее падение вязкости по сравнению с бездобавочным составом на 44% (таблица). Суспензии этих смесей имеют предел текучести при напряжении сдвига $2,3\text{--}1,73 \text{ Па}$. Деформация этих смесей при пониженном градиенте скорости сдвига ($0\text{--}50 \text{ с}^{-1}$) проявляет слабые тиксотропные свойства, после чего с увеличением скорости сдвига ($50\text{--}80 \text{ с}^{-1}$) участок реограмм приобретает вогнутость, вызываемый дилатантным структурообразованием системы (рис. 1, 2). Уменьшение пластической вязкости при $K = 1,25$, $D = 0,25\%$ связано в первую очередь с наибольшим количеством мелкодисперсных частиц, полученных при гашении данным количеством воды, в таких смесях между частицами значительно возрастают силы внутреннего сцепления за счет действия внутренних межмолекулярных сил. При воздействии внешних факторов происходит ослабление сил внутреннего воздействия, снижая силу сцепления частиц, что ведет к снижению вязкости смеси.

Дальнейшее увеличение содержания гипса до 0,75% при использовании извести с $K = 1$ практически не оказывает влияния на течение смесей. Более яркий эффект наблюдается при использовании в смеси гашеной извести с 1% двуводного гипса; пластическая вязкость повышается до $0,7 \text{ Па·с}$ с напряжением сдвига $5,18 \text{ Па}$ (таблица, рис. 1). Дальнейшее увеличение добавки повышает вязкость, и дальнейшее течение происходит с почти разрушенной структурой смеси.

Реограмма смеси с предварительным гашением извести количеством воды $K = 1,5$ имеет отличия от двух предыдущих ($K = 1, K = 1,25$). С введением добавки до 0,25% кривые имеют слабовытянутый тиксотропный характер с пределом текучести 5 Па (рис. 3). На отрезке при градиентах скорости сдвига $80\text{--}145,8 \text{ с}^{-1}$ реограммы практически линейны. Пластическая вязкость при этом повышается на 33% (табл. 1). При $D = 0,75\%$ гипса наблюдается практически ньютоновское течение со снижением пластической вязкости на 12,5% по сравнению с $D = 0,25\%$.

Сравнительный анализ позволяет выделить оптимальный состав сырьевых смесей вяжущего с использованием извести с добавкой 1,25% двуводного гипса при

$K = 1,5$. В этом случае наблюдается максимум пластической вязкости (1,3 Па·с) с наименьшим напряжением сдвига. Реограмма имеет вид, характерный для модели нелинейного вязкопластичного течения сред [7]; вязкое течение начинается при невысоком пределе текучести 3,11 Па (рис. 3). При низком значении пластичности разрушенная структура восстанавливается медленнее, и в этом случае возникает возможность выравнивания скоростей газовыделения и формирования пористой структуры газобетонной смеси. При этом реологические характеристики приближаются к оптимальным, т. е. предельное напряжение сдвига небольшое, а пластическая вязкость высокая. Если величина предельного напряжения сдвига больше, чем подъемная сила пузырьков газа, то раствор не вспучивается; если же коэффициент пластической вязкости слишком мал, то происходит прорыв газов и масса оседает [2].

Следовательно, регулируя гашение извести, можно управлять реологическими характеристиками газобетонной смеси и приближать их к оптимальным, а значит, стабилизировать поризацию.

Таким образом, стабилизация реологических характеристик смеси вяжущего позволяет моделировать ячеистую структуру изделий и воздействовать на фазообразование и свойства материалов. Следует отметить, что микроструктура ячеистых бетонов, полученных с применением исследованных смесей, отличалась стабильным и равномерным распределением пор по объему массива и повышением прочности изделий в 1,5 раза в сравнении с известными аналогами. Несомненным преимуществом при изменении технологического процесса в соответствии с предложенными исследованиями является возможность их внедрения на уже существующих предприятиях без существенных затрат на перевооружение и временных простоев.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. по лоту «Проведение научных исследований коллективами научно-образовательных центров в области нанотехнологий и наноматериалов».

Ключевые слова: автоклавные ячеистые бетоны, гидратация, гашение извести, реология, вяжущее.

Список литературы

1. *Зейфман М.И.* Изготовление силикатного кирпича и силикатных ячеистых материалов. М.: Стройиздат, 1990. 184 с.
2. *Горлов Ю.П.* Технология теплоизоляционных и акустических материалов и изделий. М.: Высшая школа, 1989. 384 с.
3. *Кудеярова Н.П., Серебряникова М.В.* Получение высокодисперсного и активного гидроксида кальция // Изв. вузов. Строительство. 1996. № 10. С. 86–90.
4. *Фомина Е.В.* Исследование влияния степени гашения извести на прочность вяжущего на основе белитовой составляющей: В сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф. «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии». Белгород, 18–19 сентября 2007. Ч. I. С. 282–284.
5. *Бойнтон Р.С.* Химия и технология извести. М.: Стройиздат, 1972. 240 с.
6. *Пивинский Ю.Е.* Реология дилатантных и тиксотропных дисперсных систем. СПб.: РИО СПбГТИ, 2001. 174 с.
7. *Малкин А.Я., Исаев А.И.* Реология. Концепции, методы, приложения. М.: Профессия, 2007. 560 с.



**ПЕРМСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

С 1953 года ПГТУ подготовил более 118 тысяч специалистов с высшим профессиональным образованием для отраслей разведки и разработки полезных ископаемых; энергетики; металлургии; машиностроения; авиационной и ракетно-космической техники; автоматики и управления; химической и биотехнологии; связи; строительства и др.

АВТОДОРОЖНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ

Подробности на сайте www.pstu.ru

614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, 19а
Тел./факс: +7 (342) 2-391-492
E-mail: dkadf@pstu.ac.ru

Реклама

Т.Е. ШОЕВА, инженер (shoeva_geotom@mail.ru),
 В.С. БАЕВ, канд. хим. наук, Новосибирский архитектурно-строительный университет;
 Ю.Д. КАМИНСКИЙ, канд. техн. наук,
 Институт химии твердого тела и механохимии СО РАН (Новосибирск)

Мелкозернистый бетон на основе МАВС из природного и техногенного сырья Тывы

В прогнозе исследований в области строительного материаловедения до 2030 г. отмечено [1], что перспективными будут оставаться работы, связанные с повышением эффективности производства традиционных строительных материалов. Поэтому актуальными являются решения задач по ресурсо- и энергосбережению, а также, снижению себестоимости строительной продукции. Важным аспектом в этом направлении является использование техногенного сырья.

Одним из энергозатратных и в то же время наиболее востребованным на рынке строительных материалов остается цемент. Его потребление увеличивается приблизительно на 11% в год, что связано с большими объемами дорожного строительства и реализацией государственной программы «Доступное и комфортное жилье – гражданам России». В настоящее время цементная промышленность из-за износа основных фондов не в состоянии обеспечить растущий спрос на цемент. В решении данной проблемы необходимо ориентироваться на производство бесклинкерных и малоклинкерных вяжущих материалов на основе местного сырья и отходов промышленности. Работы российских авторов [2–3] показали, что в основе выбора исходного сырья лежит его совместимость с цементом, наличие в их составе клинкерных соединений или компонентов для синтеза. К отходам, подходящим под эти условия, относятся золы-уноса и шлаки ТЭС. Согласно опыту ОАО «Хакастройматериалы» экономическая эффективность от замены цемента на бесклинкерное зольное вяжущее составляет 500 р./т, малоклинкерное – 300 р./т. Вторым не менее важным фактором является метод получения вяжущего. Широко известны механохимические методы синтеза систем твердения [4, 5].

Авторами была поставлена задача получения вяжущего материала на основе природного и техногенного сырья Республики Тыва с использованием механохимических методов.

Определение оптимального состава вяжущей смеси осуществлялось методом математического планирования эксперимента, где факторами были выбраны процентное содержание золы, извести-пушонки, гипса и применение механохимической активации. О влиянии этих факторов на прочностные характеристики судили по результатам испытаний образцов, изготовленных из смешанного вяжущего и песка при их соотношении 1:3 по ГОСТ 310.4–81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии». Механохимическую активацию смеси проводили в проточной центробежной мельнице ЦМ-7 конструкции ИХТТМ СО РАН.

В качестве основного компонента вяжущей системы использовалась отвальная зола Кызылской ТЭС, характеризующаяся следующим химическим составом, мас. %: SiO₂ – 43,77; CaO – 9,51; Fe₂O₃ – 9,86; MgO – 3,45; Al₂O₃ – 14,51; K₂O – 1,42; Na₂O – 1,21; ППП – 15,1. Согласно результатам рентгенофазового анализа зола представляет материал, где преобладающей является

рентгеноаморфная фаза. Кристаллическая фаза представлена β-кварцем, магнетитом, кальцитом, анортитом, ортоклазом и пирофиллитом (рис. 1, дифрактограмма 1). Отсутствие в составе золы клинкерных соединений и свободного CaO требует его модифицирования щелочными реагентами. В качестве щелочных реагентов использовали известь и строительный гипс. Местную комовую известь получают в результате обжига известняка Хайыраканского месторождения (Республика Тыва). По качеству она относится к 1-му сорту, содержание активных оксидов, мас. %: CaO+MgO – 92,6. Проблему отсутствия местного гипса решили использованием гипса Ангарского завода, который соответствует 1-му классу. Химический состав гипса, мас. %: CaO – 31,25; SO₃ – 44,65; H₂O – 20,09; прочие – 4.

Термодинамические расчеты энергии Гиббса в реакции взаимодействия оксида кремния и оксида кальция [6] показали, что наиболее эффективными являются реакции с участием гидратированных оксидов. Поэтому комовую известь гидратировали до получения извести-пушонки. Соединения, содержащие оксид кремния, после гидрозолюдаления являются гидратированными. В составе строительного гипса вода присутствует.

Согласно полному факторному эксперименту в составе вяжущего одновременно менялись четыре фактора (процентные содержания золы, извести и гипса, наличие механоактивации). Анализ полученных данных показал, что наибольшая прочность образцов при сжатии получена при замене цемента механохимически активированной вяжущей смесью (МАВС) следующего состава, мас. %: зола – 75,5; известь-пушонка – 18,9; строительный гипс – 5,6. Эта пропорция вяжущей смеси была выбрана как оптимальная и использовалась в дальнейших исследованиях.

Фазовый состав МАВС представлен следующими минералами и соединениями (рис. 1, дифрактограмма 2): кварц, кальцит, гипс, Ca(OH)₂, ранкитин Ca₃Si₂O₇, ларнит β-Ca₂SiO₄ и псевдоволастонит α-CaSiO₃. На рис. 1 видно, что для механоактивированной смеси характерно уменьшение интенсивности рефлексов кварца

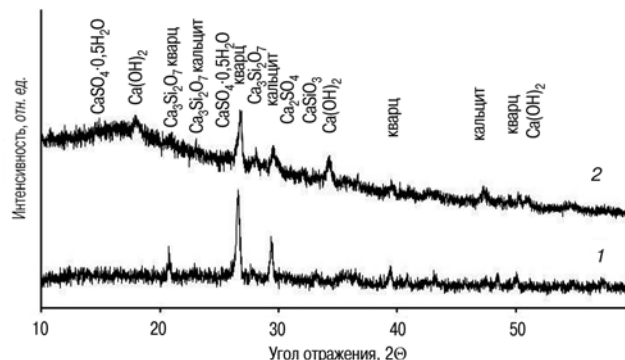


Рис. 1. Дифрактограммы: 1 – отвальной золошлаковой смеси Кызылской ТЭС; 2 – механоактивированной вяжущей смеси

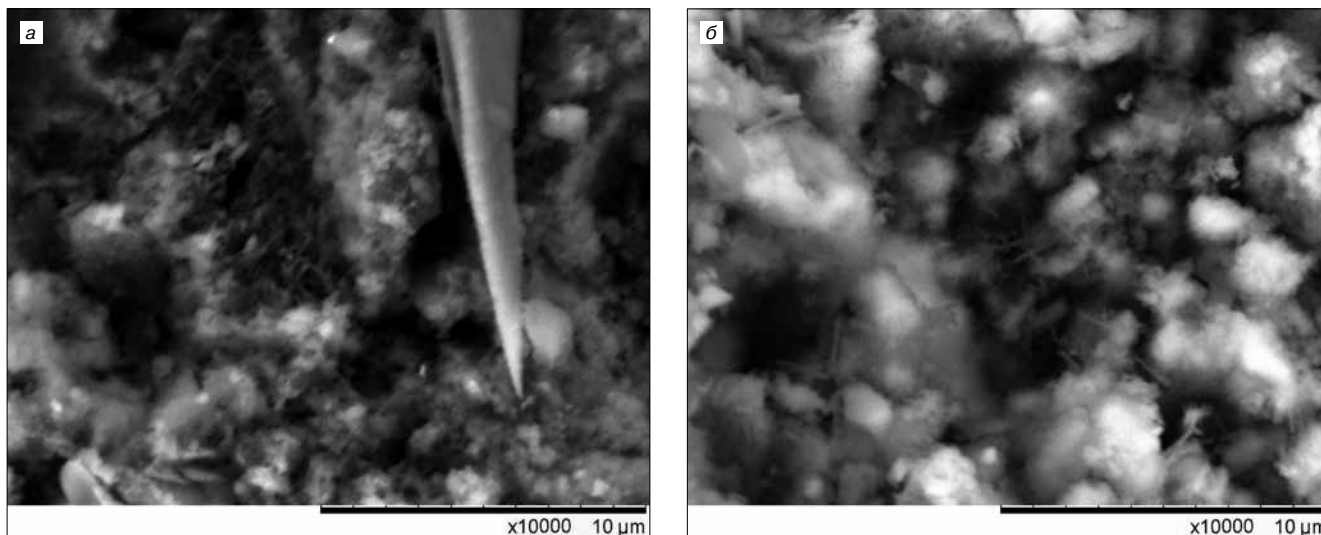


Рис. 2. Структура камня смешанного вяжущего с содержанием МАВС 30% (а) и песчаного раствора на его основе (б)

и кальцита и их уширение. В области углов 20–24, 28 и 30–33 появляются рефлексы, относящиеся к островным и цепочным силикатам [7].

МАВС испытывали как самостоятельное вяжущее и как материал, заменяющий цемент в количестве 20–80 %. В исследованиях использовался портландцемент марки М400 производства ОАО «Искитимцемент», имеющий следующий минеральный состав, мас. %: C_3S – 53,26; C_2S – 20; C_3A – 5,9; C_4AF – 16,53. Из теста нормальной густоты каждого состава вяжущего готовились образцы-кубики размером 3×3×3 см, которые выдерживались в течение 28 сут в нормальных условиях и в воде. Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Испытания показали, что МАВС (состав 9) имеет наибольшую нормальную густоту, быстро схватывается и практически не имеет водоотделения. Данные эффекты связаны с возникновением в результате механической активации на поверхности частиц различного рода нарушений и дефектов, изменяющих энергетическое состояние поверхности материала. Силы поверхностного притяжения материала увеличиваются, что приводит к

росту количества адсорбционно-связанной воды. Эти же силы влияют на удерживающую способность материала при водоотделении. Механическая активация увеличивает реакционную способность частиц вяжущего, что ускоряет его схватывание и влияет на процесс твердения. Основной набор прочности у образцов МАВС происходит за первые 7 сут и составляет 52,5% от прочности образцов, выдержанных 28 сут. Коэффициент размягчения составляет 0,76. Для автоклавной обработки из состава № 9 изготавливались образцы методом полусухого прессования. Режимы обработки представлены в табл. 2.

Испытания полученных образцов показали увеличение прочности до значения 35,6 МПа при сжатии и 4,4 МПа при изгибе. Анализ результатов, приведенных в табл. 1, показывает, что введение вяжущей активированной смеси взамен цемента от 20% до 80% способствует снижению водоотделения и ускорению схватывания (для состава 3 начало схватывания 30 мин, конец – 150 мин, для цемента начало 100 мин, конец – 235 мин). Увеличение содержания цемента в составе смешанного вяжущего ведет к повышению его прочности.

Таблица 1

№	Содержание компонентов, мас. %		*НГ, %	**КВ, %	Предел прочности при сжатии, МПа					
	цемент	МАВС			нормальные условия			в воде		
					7	14	28	7	14	28
1	100	–	25,5	35,4	70,4	74,6	93,6	74,1	71,9	71,9
2	80	20	27,1	не опр.	57,4	61,5	63,9	54,5	57,3	59,1
3	70	30	29	17	53,6	55,7	60,2	39,8	43,7	62,6
4	60	40	31,1	не опр.	33,9	34,4	49,3	32,8	42	49,4
5	50	50	33,6	не опр.	31,9	38,2	44,1	21,6	24,6	29,5
6	40	60	36,5	не опр.	19,1	26,6	30,2	12,2	16,4	22,8
7	30	70	39	3	13,4	20,1	20,2	11,7	14,6	18,2
8	20	80	42	не опр.	13,4	15,7	18,3	8,2	9,8	14
9	–	100	44	0	5,6	6,8	10,5	4,3	4,5	8,3

Примечание. * Нормальная густота вяжущего материала. ** Коэффициент водоотделения (объемный).

Таблица 2

Параметр автоклавной обработки	Время, ч	Давление в автоклаве, МПа	Температура выдержки, °С
Подъем температуры	2	1,01	179
Изотермическая выдержка	8		
Охлаждение	2		

Таблица 3

№	Состав смешанного вяжущего, %		Прочность при изгибе, МПа			Прочность при сжатии, МПа		
	цемент	добавка	7	14	28	7	14	28
1	100	–	–	4,9	6,4	–	25,32	31,9
2	80	20	3,8	4,11	5,9	17,54	16,26	21,76
3	70	30	2,95	3,57	5,32	16,75	16,32	17,46
4	60	40	2,68	3,03	3,47	14,81	14,48	15,56
5	50	50	1,6	2,43	3,48	7,31	10,66	14,09
6	40	60	1,65	2,47	2,44	7,34	8,28	12,46
7	30	70	1,49	2,09	2,14	7,26	9,1	10,75
8	20	80	1,23	1,47	1,74	5,21	5,36	7,39

Способность твердеть в воде у всех составов разная: наилучшие результаты с меньшими потерями прочности показали образцы составов 3 и 4 (коэффициенты размягчения 1,03 и 1 соответственно); у состава 5 – при коэффициенте размягчения 0,66 результат хуже.

О прочностных свойствах мелкозернистых бетонов, приготовленных на основе смешанного вяжущего, судили по результатам испытания образцов-балочек размером 4×4×16 см. Для приготовления образцов использовали полевошпатный песок с модулем крупности 3,34; соотношение смешанного вяжущего и песка 1:3. Контрольный образец готовился на цементе и песке. Значение водоцементного отношения растворов различного состава колебалось в интервале 0,56–0,63. Прочность образцов испытывалась после 7, 14 и 28 сут твердения в нормальных условиях (табл. 3).

Как видно из таблицы, наибольший набор прочности происходит за первые 7 сут и составляет 50–80% от показателей прочности выдержки в возрасте 28 сут. Дальнейший набор прочности протекает медленно. Это связано с возникновением оболочки из гидратных новообразований, создающих экранирующее действие для дальнейшей гидратации.

Морозостойкость образцов определялась в соответствии с методикой ГОСТ 10060.1–95 «Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости». Образцы всех составов выдержали более 25 циклов попеременного замораживания и оттаивания без видимых признаков разрушения и снижения прочности. Отмечено увеличение коэффициента морозостойкости с увеличением содержания МАВС в составе смешанного вяжущего, что свидетельствует о его положительном действии на начальных циклах испытаний.

Для изучения механизма твердения смешанного вяжущего и песчаного раствора на его основе использовали анализ микрофотографий, полученных на электронном микроскопе НІТАСНІ ТМ-1000. Видно, что массу цементного камня (рис. 2, а) образуют гелевидные новообразования, местами отмечено присутствие гексагональных пластинок и кубических кристаллов, свидетельствующих о наличии гидроалюминатов кальция. На микрофотографиях песчаного раствора (рис. 2, б) отчетливо видны длинноволокнистые гидросиликаты кальция, которые армируют межзерновое пространство, что способствует увеличению прочности.

Для изучения возможности получения вяжущего материала в опытно-промышленных условиях проведены испытания на производственных базах ТИКОПР СО РАН (Кызыл) и «Крона-СМ» (Новосибирск).

В результате проведенных исследований предложен состав смеси, механическая обработка которой позволяет осуществить взаимодействие ее компонентов еще на предварительном этапе, в процессе активации.

Показано, что полученную активированную вяжущую смесь можно использовать как бесклнкерное вяжущее, способное показать прочность при нормальном твердении до 10,5 МПа, а в условиях автоклавной обработки – 36 МПа. Замена части цемента механоактивированной вяжущей смесью (МАВС) дает возможность получения малоклинкерных композитных составов гидравлического твердения общестроительного назначения, в которых обеспечивается значительное сокращение расхода цемента. Добавление МАВС в состав цемента способствует ускорению сроков схватывания и снижению водоотделения.

Ключевые слова: механоактивированная вяжущая смесь; кислая зола; известь-пушонка.

Список литературы

1. *Чернышов Е.М.* К проблеме развития исследований и разработок в области материаловедения и высоких строительных технологий: основные аспекты // Материалы XV академических чтений РААСН – Международной научно-технической конференции «Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии». Казань, 14–17 апреля 2010 г. Т. 1. С. 8–9.
2. *Аввакумов Е.Г., Павленко С.И., Косова Н.В., Ляхов Н.З., Меркулова С.И. и др.* Композиционное вяжущее из механически активированных промышленных отходов // Химия в интересах устойчивого развития. 2000. Т. 8. С. 657–660.
3. *Костин В.В., Аввакумов Е.Г.* Применение высокоэнергетического измельчения для получения известково-золяного вяжущего из отходов теплоэлектростанций // Известия вузов. Строительство. 2005. № 11–12. С. 21–24.
4. *Косова Н.В., Девяткина Е.Т., Аввакумов Е.Г.* Механохимический синтез силикатов кальция на основе гидратированных форм оксидов // Сибирский химический журнал. 1992. Вып. 2. С. 135–143.
5. *Клевцов Д.П., Золотовский Б.П., Криворучко О.П., Буянов Р.А.* Взаимодействие в алюмосиликатных смесях при механической и термической обработках // Журнал прикладной химии. 1988. № 4. С. 915–916.
6. *Костин В.В., Аввакумов Е.Г.* Термодинамический анализ реакций, протекающих в вяжущих смесях на основе летучих зол, извести и гипса // Известия вузов. Строительство. 2003. № 10. С. 34–39.
7. *Волженский А.В., Буров Ю.С., Виноградов Б.Н., Гладких К.В.* Бетоны и изделия из шлаковых и золяных материалов (при твердении в пропарочных камерах и автоклавах). М.: Изд-во литературы по строительству, 1969. 392 с.

УДК 691.215.5

В.В. НАЗАРОВА, инженер (1985nvv@mail.ru), Н.П. КУДЕЯРОВА, канд. техн. наук, М.С. ШИМАНСКАЯ, инженер, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Реология меловых суспензий

Процесс сушки весьма энергозатратен, поэтому снижение влагосодержания меловой суспензии при сохранении текучести – важнейшая задача технологии получения тонкодисперсного мела по мокрой технологии. Использование вертикальной бисерной мельницы для мокрого измельчения мела позволяет работать с суспензией плотностью до 1800 кг/м³ при вязкости 350–400 сП.

Меловая суспензия без добавления диспергатора имеет необходимую для технологического процесса вязкость 350–400 сП при влагосодержании 40% (В/Т=0,67), при этом ее плотность составляет около 1600 кг/м³. Для получения суспензии плотностью 1800 кг/м³ необходимо соотношение В/Т=0,39. Без добавления диспергатора такая меловая суспензия не обладает текучестью вследствие высокой динамической вязкости, более 1500 сП. Для снижения влагосодержания меловой суспензии при сохранении подвижности в настоящее время широко применяются диспергаторы – органические поверхностно-активные вещества (ПАВ), представляющие собой водные растворы полиакрилата натрия.

Анализ литературы [1–4] показал, что механизм влияния полиакрилата натрия на реологические свойства меловой суспензии и качество готового продукта остается практически неизученным.

Известно, что органические ПАВ в зависимости от концентрации в растворе в смеси с минеральными наполнителями могут служить стабилизаторами и пептизаторами при малых концентрациях, и напротив, структурообразователями при высоких концентрациях, вызывая резкое структурирование и весьма существенное повышение прочности органоминеральных дисперсных систем в целом [5].

Целью данной работы является изучение реологических свойств меловых суспензий с использованием трех различных диспергаторов Dispex, JauroI и Лакротэн, характеристика которых приведена в табл. 1. У диспергатора Лакротэн ярко выражены адгезионно-когезионные свойства (высокая клеящая способность). В качестве дисперсной фазы использовался мел торговой марки KREIDER со средним размером частиц 3 мкм и содержанием CaCO₃+MgCO₃ не менее 98,5%.

На начальной стадии исследования меловых суспензий плотностью 1800 кг/м³ использовалась методика подбора количества диспергатора по величине динамической вязкости на вискозиметре ВЗ–246. Результаты исследований представлены на рис. 1.

Из полученных данных видно, что, адсорбируясь на поверхности частиц мела, диспергаторы на основе полиакрилата натрия способствуют увеличению подвижности суспензии из-за высвобождения иммобилизованной воды. При увеличении количества диспергатора

Таблица 1

Диспергатор	Вязкость, сП	Плотность, кг/л	Содержание компонента, %	
			активного	твердого
Dispex (Швейцария)	400	1,28	38	50
JauroI (Великобритания)	390	1,28	40	59
Лакротэн (Россия)	540	1,24	35	42

Dispex с 1 кг/т до 1,5 кг/т динамическая вязкость меловой суспензии резко уменьшается (на 32%). При его добавлении из расчета 2 кг/т вязкость меловой суспензии составляет 330 сП. Дальнейшее увеличение количества диспергатора практически не оказывает влияния на вязкость суспензии. Диспергатор JauroI ведет себя аналогично Dispex и при расходе 1,5 кг/т снижает вязкость суспензии до 385 сП, при расходе 2 кг/т – до 350 сП. Диспергатор Лакротэн уже при расходе 1,5 кг/т снижает вязкость до 315 сП. Поэтому для данного вида диспергатора была приготовлена суспензия с содержанием добавки 1,25 кг/т, ее вязкость составила 375 сП. Из полученных данных видно, что на этапе приготовления меловой суспензии диспергатор Лакротэн наиболее эффективен, так как для получения суспензии с требуемой динамической вязкостью его расход на 17 % меньше, чем диспергаторов JauroI и Dispex.

Результаты определения величины адсорбции диспергаторов на поверхности частиц мела со средним размером частиц 3 мкм представлены на рис. 2. Из полученных изотерм видно, что адсорбция диспергаторов на основе полиакрилата натрия на поверхности мела имеет типичный характер мономолекулярной адсорбции и при увеличении концентрации диспергатора кривые выходят на плато. Насыщение монослоя для диспергатора Dispex и JauroI наступает при одних и тех же концентрациях в суспензиях около 2 кг/т, что обусловлено близкими свойствами данных диспергаторов. Для диспергатора Dispex образование монослоя происходит при адсорбции 7,2·10⁻⁴ г/г, адсорбция диспергатора JauroI при образовании монослоя составляет 6,8·10⁻⁴ г/г. Для диспергатора Лакротэн монослой на меловых частицах образуется при более низких значениях концентрации, около 1,5 кг/т, величина адсорбции при этом составляет 8·10⁻⁴ г/г.

Таким образом, полученные данные по адсорбции диспергаторов на поверхности меловых частиц коррелируются с результатами подбора его количества для приготовления суспензии по величине динамической вязкости. Диспергатор Лакротэн образует монослой на частицах мела при меньших концентрациях, поэтому и при приготовлении меловой суспензии требуемая для

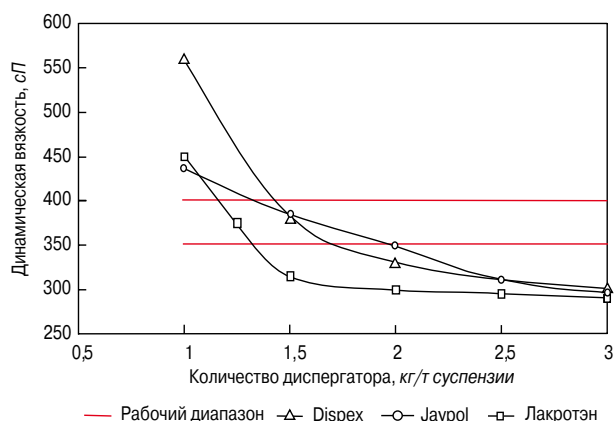


Рис. 1. Зависимость динамической вязкости меловой суспензии от количества и вида диспергатора

Таблица 2

Диспергатор	Количество диспергатора, кг/т суспензии		
	1	1,5	2
	Предельное напряжение сдвига, Па		
Dispex	33	31	29
JauroI	33	30	21
Лакротэн	17	17	38

Таблица 3

Образец	Средний размер частиц, мкм, не более	$S_{уд}^*$, м ² /кг	pH	Расход диспергатора, кг/т мела
Исходный мел	3,08	4325	9,2	
Мел с диспергатором Dispex	0,88	11365	9,8	3,92
Мел с диспергатором JauroI	0,85	11750	9,6	4
Мел с диспергатором Лакротэн	0,63	15870	11	4,58

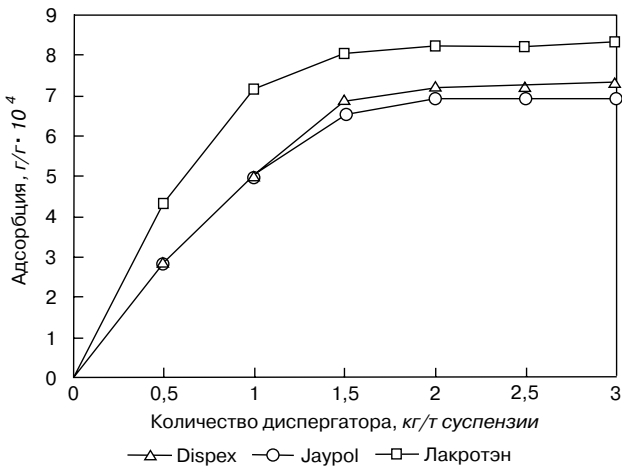


Рис. 2. Изотермы адсорбции диспергаторов на поверхности меловых частиц

технологического процесса вязкость достигается при меньшем его расходе, чем диспергаторов Dispex и JauroI. Данный факт можно объяснить более высокими адгезионно-когезионными свойствами диспергатора Лакротэн и меньшим содержанием твердого неактивного компонента в нем.

Исследования влияния диспергаторов на структурно-реологические свойства меловых суспензий проводились с помощью ротационного вискозиметра Brookfield типа RV с адаптером SS при градиентах скорости сдвига ($\dot{\gamma}$) установившегося течения 0,6–200 с⁻¹. Результаты исследований приведены на рис. 3–5.

Из экспериментальных данных видно, что все исследуемые меловые суспензии проявляют тиксотропные свойства, то есть относятся к псевдопластическим жид-

костям, у которых пластическая вязкость (η) уменьшается с ростом напряжения сдвига (σ). Разрушение структуры выражается в разрыве контактов между частицами дисперсной фазы (мела), а ее восстановление — в возобновлении этих контактов вследствие подвижности среды и броуновского движения частиц. Данный фактор необходимо учитывать при работе с меловыми суспензиями, так как за счет разжижения суспензии уменьшаются энергетические затраты на ее приготовление и перекачивание по трубопроводу. Кривые течения всех меловых суспензий исходят не из начала координат, что свидетельствует о соответствии характера их течения модели Бингама, то есть течение начинается после преодоления некоторого предела [6]. Предельные напряжения сдвига меловых суспензий с использованием различных диспергаторов представлены в табл. 2.

Из полученных реограмм видно, что увеличение содержания диспергатора Лакротэн в суспензии с 1 до 2 кг/т вызывает рост напряжения сдвига, увеличение тиксотропных свойств и повышение вязкости. Увеличение количества диспергатора Dispex и JauroI в том же интервале концентраций, наоборот, снижает их структурно-механические показатели, тиксотропные свойства суспензий ослабевают. Диспергатор Dispex при расходе 1,5 и 2 кг/т суспензии более эффективен, чем диспергатор JauroI, так как сильнее снижает напряжение сдвига суспензии.

Из данных табл. 2 видно, что предельное напряжение сдвига меловой суспензии при малых скоростях деформации и увеличении количества диспергатора Dispex с 1 до 2 кг/т уменьшается на 12 %, диспергатора JauroI — на 35%. Для диспергатора Лакротэн с увеличением его количества в суспензии предельное напряжение сдвига возрастает на 21 Па, то есть в два раза.

Таким образом, при увеличении количества диспергаторов Dispex и JauroI снижается предельное на-

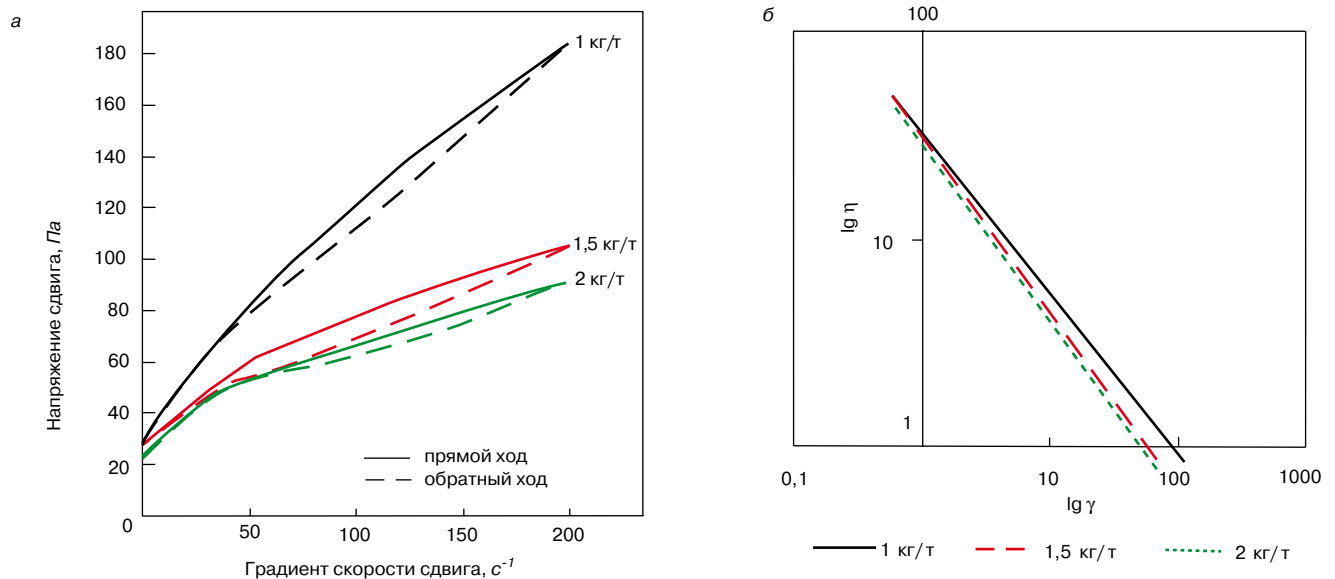


Рис. 3. Реограммы меловых суспензий с различным содержанием диспергатора Dispex: а – предельное напряжение сдвига; б – пластическая вязкость

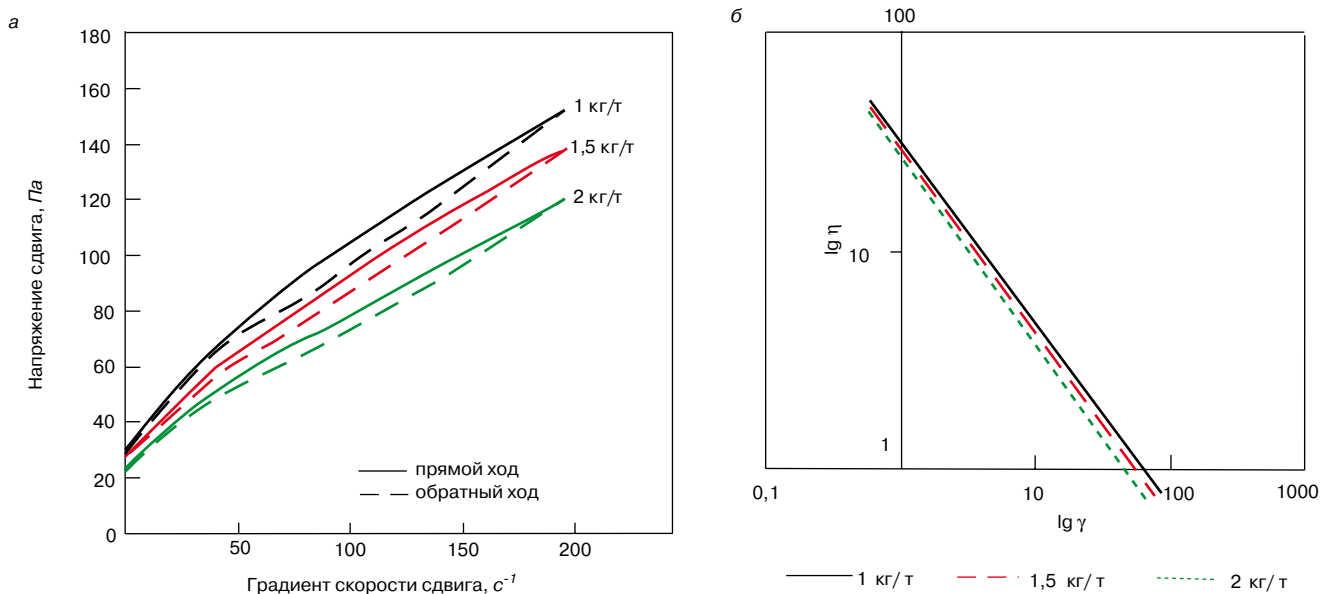


Рис. 4. Реограммы меловых суспензий с различным содержанием диспергатора Жаурол: а – предельное напряжение сдвига; б – пластическая вязкость

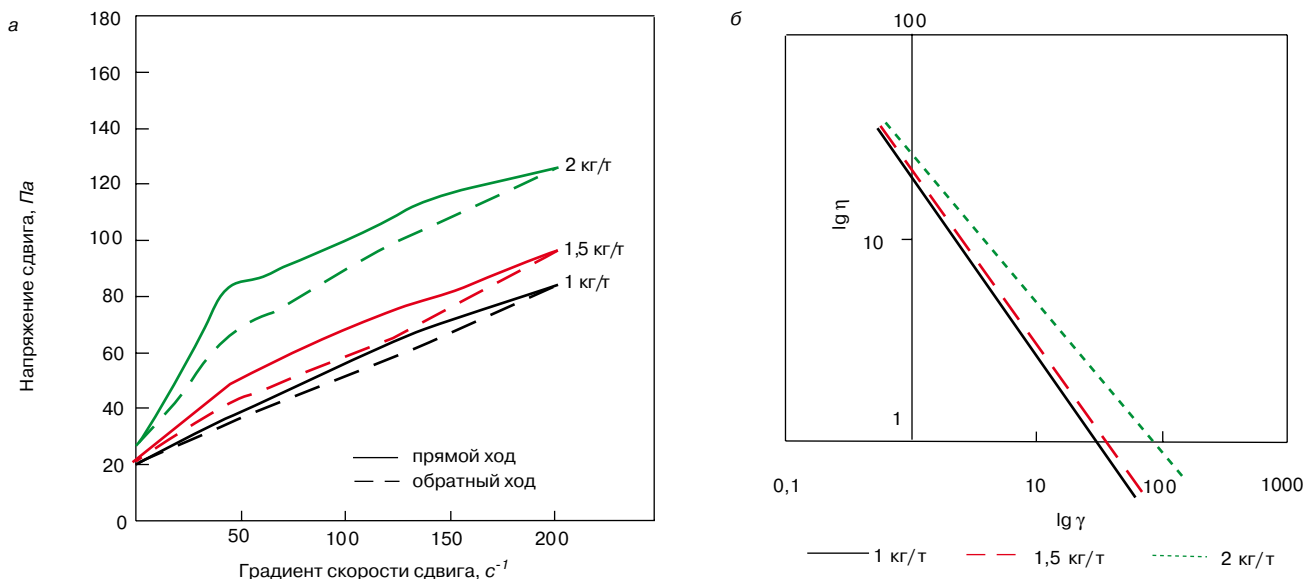


Рис. 5. Реограммы меловых суспензий с различным содержанием диспергатора Лакротэн: а – предельное напряжение сдвига; б – пластическая вязкость

пряжение сдвига, пластическая вязкость и тиксотропные свойства меловых суспензий, что свидетельствует об уменьшении тенденции частиц мела к агрегации. При увеличении количества диспергатора Лакротэн в меловых суспензиях наблюдается увеличение предельного напряжения сдвига и пластической вязкости, что объясняется происходящими в суспензиях процессами коагуляционного структурообразования, которые кардинальным образом изменяют основные структурно-механические свойства суспензий. Меловые системы полностью утрачивают агрегативную устойчивость, но при этом становятся седиментационно-устойчивыми, так как наличие структурной сетки удерживает частицы мела, зафиксированные в ней, от осаждения [7]. Такое влияние диспергатора Лакротэн на реологические свойства меловой суспензии можно объяснить более высокими адгезионно-когезионными свойствами, чем у других исследуемых диспергаторов. При увеличении количества диспергатора Лакротэн в меловой суспензии более 1,5 кг/т он начинает играть роль клея, способствуя

образованию структурной сетки, увеличивающей седиментационную устойчивость суспензии.

После изучения реологических характеристик меловых суспензий с добавлением разных диспергаторов на их основе был получен тонкодисперсный мел. По технологии получения тонкодисперсного мела диспергатор вводится как при приготовлении суспензии, так и в шахту бисерной мельницы, потому что происходит увеличение удельной поверхности частиц, приводящее к повышению вязкости, а следовательно, и к снижению подвижности суспензии. В ходе проведения исследований технологические параметры работы бисерной мельницы не изменялись. Основные показатели качества готового продукта и расход каждого диспергатора на весь технологический процесс представлены в табл. 3.

Из полученных данных видно, что использование диспергаторов с разными физическими свойствами позволяет получить тонкодисперсный мел различного гранулометрического состава и с разным значением рН. При использовании диспергаторов Displex и Jaupol удельная поверхность мела увеличивается более чем в 2,5 раза,

средний размер частиц при этом составляет менее 0,9 мкм. Диспергатор Лакротэн увеличивает удельную площадь поверхности в 3,6 раза при среднем размере частиц 0,63 мкм, но тонкодисперсный мел с его использованием имеет самое высокое значение $pH=11$, что отрицательно может сказаться на качестве композиционного материала. Известно, что pH наполнителя влияет на смачиваемость, состав межфазного слоя, кинетику реакции отверждения и в итоге влияет на свойства наполненных полимерных композиций. Так, например, наполнители, имеющие щелочную реакцию, непригодны для полимербетонов на основе фенолформальдегидных и фурановых смол, отверждаемых кислотными катализаторами.

Данные табл. 3 показывают, что на этапе измельчения меловой суспензии наиболее эффективны диспергаторы Disprex и Jauro1, так как при переработке в бисерной мельнице требуется меньшее их количество, чем диспергатора Лакротэн. В итоге общий расход диспергатора Disprex на 1 т готового продукта составил на 14% меньше, чем диспергатора Лакротэн. Разница между расходом диспергатора Disprex и Jauro1 составила менее 0,1 кг/т. Более высокий расход диспергатора Лакротэн на стадии помола связан с тем, что при увеличении его количества кардинальным образом изменяются основные структурно-реологические свойства меловых суспензий. Повышение прочности меловой суспензии при использовании диспергатора Лакротэн требует дополнительного истирающего воздействия, что позволяет получить более тонкий продукт, но влечет за собой более быстрый износ мелющих тел.

Анализ всех полученных результатов свидетельствует, что наиболее эффективными для технологии мокрого помола мела являются диспергаторы Disprex и Jauro1, то есть диспергаторы с меньшими адгезионно-когезионными свойствами.

Таким образом, при производстве тонкодисперсного мела с использованием бисерной мельницы с применением диспергатора необходимо детальное изучение физико-химических свойств вводимой добавки, так как они оказывают решающее воздействие на качество готового продукта.

Ключевые слова: меловая суспензия, диспергатор, реологические свойства, вязкость

Список литературы

1. Taylor, J.J., Sigmund W.M. Adsorption of sodium polyacrylate in high solids loading calcium carbonate slurries. University of Florida. 2008. 131 p.
2. Rasmus E., Merta J., Rosenholm J.B.. The calcite/water interface II. Effect of added lattice ions on the charge properties and adsorption of sodium polyacrylate // Journal of Colloid and Interface Science, Volume 326, Issue 2. 2008. p. 396-402.
3. Rogan K.P., A.C. Bentham, I.A. George. Colloidal stability of calcite dispersion treated with sodium polyacrylate // Colloid and Polymer Science. 1994. p. 1175-1189.
4. Иванов Н.С., Мясников Н.Ф. Производство и потребление мела. Белгород: Полиграф-Интер, 2000. 263 с.
5. Горькова И.М., Душкина Н.А., Окнина Н.А. Природа прочности и деформационные особенности мела и некоторых меловых пород. М.: Издательство АН СССР, 1962. 486 с.
7. Урьев Н.Б. Физико-химические основы технологии дисперсных систем и материалов. М.: Химия, 1988. 256 с.
6. Бибик Е.Е. Реология дисперсных систем. Л.: Издательство Ленинградского университета, 1981. 172 с.



Национальный исследовательский университет Московский государственный строительный университет



Союз Производителей Сухих Строительных Смесей



ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

- Министерства образования и науки РФ
- Министерства регионального развития РФ
- Правительства Москвы
- Правительства Московской области
- Российской академии архитектуры и строительных наук (РААСН)
- Федерального агентства специального строительства (Спецстрой РФ)
- ГК «Олимпстрой»
- Российского Союза строителей
- Ассоциации строителей России
- Ассоциации строительных вузов (АСВ)

проводят

ВТОРУЮ МЕЖДУНАРОДНУЮ КОНФЕРЕНЦИЮ

«РОССИЙСКИЕ ДНИ СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЕЙ»

28 – 29 ноября 2011 г. Москва, Ярославское шоссе, д.26, МГСУ, Актный зал

Конференция посвящена 90-летию со дня основания МГСУ-МИСИ

Тематика конференции

- Основные тенденции в производстве ССС в России и мире
- Интеграция российских технологий на мировом уровне
- Строительный рынок в России и тенденции развития в мире
- Сравнение и развитие норм и методов контроля
- Пути расширения рынка ССС
- Включение тематики ССС в учебные программы российских вузов (для инженеров, консультантов и разработчиков)
- Воздействие на окружающую среду и преимущество рационального строительства
- Инновационные продукты (производство, упаковка и логистика ССС; механические/автоматические технологии применения; разработка состава раствора; исследования по специфическому применению ССС; улучшение качества; вяжущие растворы, наполнители, добавки)

Прямая трансляция конференции будет производиться через открытую сеть на 150 Российских вузов и 30 вузов стран СНГ членов АСВ и 280 саморегулируемых организаций строительного комплекса РФ.

В РАМКАХ КОНФЕРЕНЦИИ ПРОЙДЕТ ОТРАСЛЕВАЯ ВЫСТАВКА РОССИЙСКОЙ ИНДУСТРИИ ССС

Телефоны: ЦИРС МГСУ (499) 183-2856, 183-3356 СП ССС (812) 350-54-11, 703-10-19

E-mail: maria_ch@spsss.ru, expo@mgsu.ru, expo-1@mgsu.ru, expo-1@mail.ru

www.mgsu.ru, www.spsss.ru

Специальная модификация для суперустойчивости к сползанию

гидроксиэтилцеллюлоза
гидроксипропилметилцеллюлоза

гидроксиэтилметилцеллюлоза
метилцеллюлоза
карбоксиметилцеллюлоза

HEC

MP

MAT

ME

MET

MC



РОССИЯ

УКРАИНА

БЕЛАРУСЬ

КАЗАХСТАН

Штукатурка гипсовая
ручная, машинная

Адгезивы
цементные

Клеи для фасадного утепления

Новые марки MAT, MET:

- улучшенное открытое время - до 35 мин.,
- стойкость к сползанию для тяжелой плитки,
- использование при высокой и низкой температуре



Группа компаний
«Единая Торговая Система»

Тел. +7 812 703 103 5

www.utsrus.com

В.Н. ЛЕВЧЕНКО, президент, Г.И. ГРИНФЕЛЬД, исполнительный директор,
Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона (Санкт-Петербург)

Производство автоклавного газобетона в России: перспективы развития подотрасли

Основные вехи развития производства ячеистого бетона в СССР

Производство ячеистых бетонов в СССР стало активно развиваться в 1930-е гг. В силу структурных особенностей становления советской экономики преимущество тогда отдавалось пенному способу поризации и естественному твердению бетона.

Производство автоклавных ячеистых бетонов с газовой поризацией в промышленных масштабах развернулось в 1950-е гг. К 1960-м гг. производство автоклавных ячеистых бетонов стало самостоятельным активно развивающимся научным направлением, во многом опережающим европейские разработки в этой области. В 1960–70-е гг. разрабатывались и внедрялись технологии воздействия на растущий массив (вибрационная, ударная), позволяющие менее критично относиться к качеству сырья. Велись исследования зависимости свойств бетонов от характеристик сырьевых компонентов, технологических режимов, построение корреляционных зависимостей прочности от плотности, морозостойкости от плотности, состава и технологии производства.

К концу 1980-х гг. производство армированных изделий и мелких блоков в СССР составляло около 6 млн м³ в год. В 1989 г. средняя плотность бетона панелей наружных стен составляла 687 кг/м³, средняя плотность бетона мелких блоков — 643 кг/м³. В то же время в УралНИИСтромпроекте и в ЛенЗНИИЭП были выполнены работы, позволившие начать опытно-промышленное производство армированных панелей из вариотропного газобетона со средней плотностью 350 кг/м³.

К этому времени в СССР из ячеистого бетона было построено более 200 млн м² общей площади жилья, более 400 млн м² промышленных зданий, более 5 млн м² животноводческих комплексов и более 20 млн м² культурно-бытовых и общественных зданий [1].

Однако несмотря на высокий уровень отечественных научных разработок, ориентиром для советской промышленности служили западноевропейские достижения (понижение плотности панелей и блоков вплоть до 300 кг/м³), основанные в первую очередь на стабильном качестве сырья и высокотехнологичном оборудовании, обеспечивающем высокую однородность материала.

Программа развития производства автоклавного газобетона

В 1987 г. с принятием очередной жилищной программы СССР одним из направлений ее реализации стала научно-производственно-техническая программа «Система эффективного строительства жилых и общественных зданий из ячеистых бетонов», утвержденная постановлением Госстроя № 157 от 09.08.87 г. и сформированная из шести подпрограмм:

1. Организация массового производства комплектных изделий для жилищного и общественного строительства из ячеистых бетонов на базе новейших технологий.

2. Организация изготовления комплектного оборудования для заводов нового поколения по производству ячеистых бетонов мощностью 150–200 тыс. м³ в год.
3. Развитие мощностей по производству извести для полного удовлетворения потребности выпуска ячеистых бетонов.
4. Система эффективных проектных решений жилых домов и объектов социальной сферы, образующих градостроительные комплексы из ячеистых бетонов.
5. Разработка комплексных проектно-технологических решений зданий и их элементов из ячеистого бетона.
6. Экспериментальное и головное проектирование и строительство градостроительных комплексов из ячеистых бетонов.

Принятая программа предполагала строительство около 250 новых заводов автоклавного ячеистого бетона с доведением его общего выпуска к 1995 г. до 40–45 млн м³ в год.

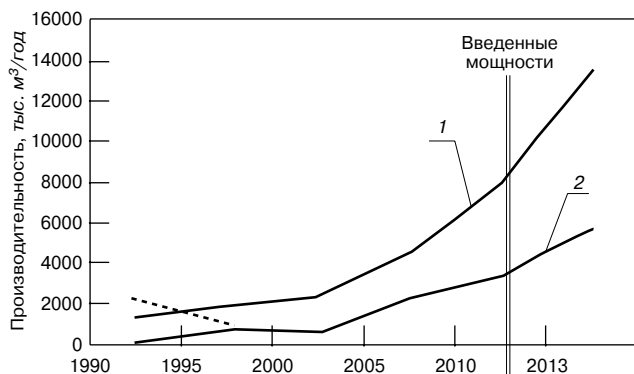
Планы предусматривали не только механическое наращивание объемов выпуска автоклавного бетона. Важной задачей было объявлено снижение средней плотности выпускаемой продукции: «При снижении объемной массы ячеистого бетона можно утоньшить стены и снизить расход материала на 1 м² общей площади, что эквивалентно росту производства материала. Так, снижением плотности с 600 кг/м³ до 300 кг/м³ толщину стены можно уменьшить вдвое, а расход материалов — в 4 раза». «Таким образом, 7-кратное увеличение производства ячеистых бетонов в нашей стране следует сопроводить двукратным снижением их объемной массы...» [1].

Новейшая история автоклавного газобетона в России

Начавшаяся перестройка социально-экономических отношений в стране не способствовала реализации столь амбициозных планов. Вместо предполагаемого роста производства автоклавных армированных изделий и мелких блоков до 40 млн м³ произошло падение до уровня 3,5 млн м³ (из них в России около 2 млн м³).

Кроме того, советские инвестиционные программы обладали некоторой инерцией. Так, закупленное в конце 1980-х гг. с правом копирования оборудование немецкой фирмы «Итонг» (Ytong) было смонтировано в Самаре уже в постсоветское время, и ОАО «Коттедж» начало выпуск блоков из автоклавного бетона в 1995 г. Оборудование в упрощенном исполнении было скопировано в г. Набережные Челны (Татарстан) для оснащения Завода ячеистых бетонов.

Практически параллельно с монтажом оборудования, закупленного у фирмы «Итонг» в рамках программы вывода советских войск из Германии, в России и ряде стран СНГ было построено несколько заводов по выпуску изделий из автоклавного газобетона на оборудовании фирмы «Хебель» (Hebel): заводы в Липецке, г. Сертолово Ленинградской обл., п. Чисть в Белоруссии. В то же время в Новосибирске был запущен завод «Сибит» также на оборудовании фирмы «Итонг».



Ввод мощностей по производству АЯБ в России, тыс. м³: 1 – уст. мощность; 2 – ввод

Заводы, работающие на импортном оборудовании и запущенные в 1994–1997 гг., обеспечили появление на российском строительном рынке более 0,5 млн м² газобетонных блоков с высокой точностью геометрических размеров, что позволяло вести кладку на клеевых растворах. Продукция этих заводов, ставшая действительно газобетоном нового поколения, существенно повлияла на конструктивные решения жилых и офисных зданий с монолитным каркасом, рост коммерческого строительства которых пришелся именно на конец 1990-х гг.

До 1998 г. инвестиционный климат в России не способствовал притоку сравнительно крупных частных капиталов в производство строительных материалов. Такая ситуация обусловила появление мелких и средних местных производителей неавтоклавного ячеистого бетона. Во многих регионах России понятие «пеноблок» прочно вошло в обиход и стало синонимом понятия «ячеистый бетон», что было вполне обоснованно по причине практически полного отсутствия стеновых камней из автоклавного ячеистого бетона.

Изменения инвестиционного климата после кризиса 1998 г. и последовавший рост спроса и цен на жилье, а также общий рост объемов строительства, привели к постепенному увеличению объемов инвестиций в промышленность строительных материалов, что обусловило заметный рост производства автоклавного газобетона (см. таблицу и рисунок).

Нормативные требования к АЯБ и их нормативные эксплуатационные характеристики

Если к концу 1980-х гг. кладка на клею считалась перспективным направлением в строительной технологии, предусматривалась в проектах, но на практике применялась достаточно редко, то к концу 1990-х гг. на строительных объектах Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирска и ряда других городов кладка газобетонных блоков на клею стала применяться массово.

В это время вновь стал актуальным вопрос о нормативных характеристиках конструкций из ячеистых бетонов. Появляется ряд публикаций о фактическом значении равновесной влажности ячеистого бетона в конструкциях наружных ограждений на уровне 4–6%, этот же вопрос по инициативе НИИЖБ обсуждается в Госстрое России. Было принято компромиссное решение о возможности выдачи разъяснительных писем о расчетных значениях влажности и коэффициентов теплопроводности, предоставляемых по запросам кон-

кретных заводов. В 2001 г. был опубликован научно-технический отчет «Определение теплотехнических характеристик ячеистого бетона», выполненный НИИСФ РААСН по заказу центра «Поликварт».

Тогда же на основании отдельных испытаний НИИЖБ в ГОСТе включаются в ряд конструкционно-теплоизоляционных бетоны марок по средней плотности D350 и D400, хотя разъяснительные письма выдаются с указанием конкретных производителей. Работа по уточнению расчетных характеристик автоклавных ячеистых бетонов носит в начале 2000-х гг. характер отдельных НИР по заказу и при финансировании конкретных заводов или их торговых представителей. В силу такого характера финансирования научно-исследовательская работа служила инструментом получения конкурентных преимуществ и не привела к формированию изменений в общей нормативной базе. **Именно стремление отдельных специалистов к получению финансирования повторения уже проведенных испытаний и исследований, исключило головные институты, ответственные за нормирование характеристик материалов, из числа потенциальных исполнителей, заинтересованных в реальном обновлении нормативных документов.**

Такое положение дел сохранялось до 2005 г. Однако продолжающийся ввод в строй новых заводов привел к качественному изменению ситуации. Такие заводы, как «Теплит», «ЭКО», «Аэрок» и ряд других предприятий, инициировали включение в план работы ТК465 «Строительство» программы по пересмотру ГОСТ 25485–89 и 21520–89 в части автоклавных ячеистых бетонов. Головной организацией, ответственной за координацию работ по пересмотру, стал разработчик пересматриваемых стандартов НИИЖБ им. А.А. Гвоздева.

Полтора года работы над стандартами привели к выходу в свет ГОСТ 31359–2007 «Бетоны ячеистые автоклавно-твердения. Технические условия» и ГОСТ 31360–2007 «Изделия стеновые неармированные из бетонов ячеистых автоклавно-твердения. Технические условия», которые были приняты на заседании Межгосударственной научно-технической комиссии по стандартизации, техническому нормированию и стандартизации в строительстве (протокол № 32 от 21 ноября 2007 г.) и введены в действие на территории России в качестве национальных стандартов приказами Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии №№ 109-ст и 110-ст от 21 мая 2008 г.

В принятых стандартах были устранены ограничения, введенные по принципу «от достигнутого», упорядочено разграничение бетонов по видам, табулированные требования заменены параметрическими рядами, произведена унификация требований к материалам и определен исчерпывающий перечень показателей качества бетонов и изделий из них. С момента опубликования этих стандартов применение автоклавного газобетона в России стало окончательно узаконенным.

Национальная ассоциация производителей автоклавно-твердеющего газобетона

Консолидация усилий руководителей ряда предприятий способствовала логическому развитию простой кооперации в создание некоммерческого партнерства «Национальная ассоциация производителей автоклавно-твердеющего газобетона», которое в настоящее время объединяет

Установленные мощности заводов АЯБ в России

Год	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2013*
Установленные мощности, тыс. м³/год	1291	1928	2348	4508	7850	10050	13575
Прирост за период, тыс. м³	0	637	420	2160	3342		5725

* Данные на 2013-й г. приведены по объявленным планам и заключенным контрактам на поставку оборудования.

12 заводов с суммарной производительностью более 4 млн м³ в год, что составляет более 40% от общего объема установленных мощностей по производству АЯБ в России.

Работа Ассоциации НААГ, начатая в нормотворческом русле, во многом сохраняет свою направленность на оптимизацию нормативного поля для более рационального применения автоклавного газобетона. В 2009 г. было принято решение о создании норматива, облегчающего проектирование конструкций с применением АЯБ. Но попытки заказать разработку такого документа, поручив всю работу единственному генеральному подрядчику, не привели к желаемому результату, в первую очередь по причине окончательного разрушения отделов нормирования в бывших отраслевых НИИ и созданных на их базе самостоятельных структурах. Поэтому окончание работы над нормативом по применению газобетона, которое планировалось на осень 2010 г., теперь ожидается к концу нынешнего. Функции генподрядчика и координатора работ по разработке единого документа взял на себя Научно-технический совет Ассоциации, а разработка отдельных разделов норматива поручается различным учреждениям высшей школы, в которые на фоне упадка отраслевых научных учреждений переместился пульс научной жизни страны.

Помимо нормотворчества Ассоциация ведет просветительскую работу и способствует обмену опытом между предприятиями в вопросах производства, стратегии взаимодействия с поставщиками и практики применения готовой продукции. Отдельным пунктом следует обозначить взаимодействие с федеральными и региональными органами, отвечающими за техническую политику государства в области нормирования, строительства и энергетики.

Перспективы развития подотрасли

В настоящее время в России действует 56 заводов по производству автоклавного газобетона производитель-

ностью более 30 тыс. м³. Строится и готовится к запуску 17 заводов, законсервировано 5 заводов.

Суммарная установленная мощность всех предприятий составляет около 10 млн м³ в год. Суммарная, с учетом заявленной к пуску мощность к 2013 г. может составить до 14 млн м³.

Около 90% газобетона в России производится на современном оборудовании, позволяющем обеспечивать высокую точность геометрических размеров и добиваться высокой прочности при относительно низкой средней плотности.

Перспективы производства автоклавного газобетона в России тесно связаны с общими тенденциями экономического развития нашей страны и с направлением развития структуры ЖКХ и тарифной политики в области энергетики. Доля применения газобетона в строительстве в последнее десятилетие неуклонно росла, поскольку он является объективно самым дешевым стеновым материалом.

Но удельное применение газобетона сильно различается по регионам. Например, в Санкт-Петербурге применяется около 0,2 м³ газобетона на 1 м² вводимого жилья, а в некоторых областях центрального Нечерноземья — менее 0,05 м³. Причиной тому строительные традиции, неравномерное распределение производственных мощностей и незаконченность работы по актуализации нормативной базы, регулирующей применение автоклавного газобетона. Поэтому потенциал для роста потребления газобетона в России достаточно велик.

Литература

1. Малоэтажные дома из ячеистых бетонов. Каталог. Госкомархитектуры. ЛенЗНИИЭП. Ленинград, 1989.



www.gazo-beton.org

НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

Шленк Металлик Пигментс ГмбХ

16–18 ноября 2011 г., Санкт-Петербург

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ



Современное производство автоклавного газобетона

Формат конференции: обмен опытом между производителями автоклавного газобетона для дальнейшего совершенствования технологических процессов и улучшения качества выпускаемой продукции, обмен маркетинговыми решениями в условиях различных рынков сбыта, а также объединение производителей для решения общих задач, стоящих перед отраслью.

План работы конференции

16 ноября 2011 г. Пленарное заседание

Доклады Ассоциации НААГ, ведущих специалистов об основных тенденциях, проблемах и результатах работы отрасли, доклад генерального спонсора.

Секция 1. Технология производства

Доклады по сырьевым компонентам для производства АГБ (основное сырье, газообразователи, добавки и др.); особенности технологического процесса (наработки и исследования в области приготовления смеси, автоклавирования, подготовки сырья и др.); мероприятия по снижению выпуска некондиционной продукции.

17 ноября 2011 г. Секция 2. Эксплуатация оборудования

Доклады производителей и пользователей оборудования об оптимальных режимах работы, новых видах (изменениях), обеспечении запасными частями, повышении эффективности работы оборудования.

Секция 3. Продвижение продукции на рынке

Доклады о способах продвижения продукции на рынке, результатах реализации, способах конкуренции с аналогами и др.

18 ноября 2011 г. Посещение предприятия по производству автоклавного газобетона компании «Н+Н».

Оргкомитет конференции: +7-904-634-3888, e-mail: as@gazo-beton.org, контактное лицо – Анастасия Смирнова



Материалы для дорожного строительства

III научно-практическая конференция

29 ноября 2011 г.

Москва

Тематика конференции:

Материалы для устройства оснований (песок, щебень и др.)

•
Специальные бетоны для строительства дорог

•
Геотекстиль, георешетки

•
Асфальтобетоны (битум, наполнители, добавки, модификаторы)

•
Материалы для обустройства, эксплуатации и ремонта дорог
(материалы для дорожной разметки, специальные покрытия,
антигололедные препараты, посыпки и др.)

•
Оборудование для производства материалов для дорожного строительства,
ведения дорожно-строительных работ
и эксплуатации дорог

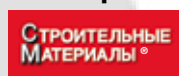
•
Наука практике дорожного строительства



К проведению конференции будет выпущен тематический номер журнала «Строительные материалы»® №10–2011, включающий пленарные доклады. Предоставление текстов докладов и иллюстраций до 01.10.2011

Место проведения конференции: Москва, Ленинградский проспект, д. 64, МАДИ, конференц-зал нового корпуса

Организаторы конференции:



Федеральное дорожное агентство «РОСАВТОДОР»

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

журнал «Строительные материалы»®

Научные руководители проекта – Быстров Николай Викторович, Котлярский Эдуард Владимирович, Козина Виктория Леонидовна

Менеджер проекта – Юмашева Тамара Алексеевна

Телефон/факс: (499) 976-22-08, 976-20-36, телефон: (926) 574-04-31

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

Адрес для корреспонденции: 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3

Специализированные газообразователи для ячеистых бетонов автоклавного твердения

В России за последние четыре года существенно возросли требования производителей газобетона к сырьевым компонентам, в том числе к газообразователям. Это связано в первую очередь с введением в строй более двух десятков предприятий, оснащенных современным высокопроизводительным оборудованием фирм Wehrhahn, Masa-Henke, Xella, H+N, W+K.

Традиционно алюминиевые газообразователи делятся на пасты и пудры. Пасты относятся к специализированным газообразователям, т. е. не требуют дополнительной обработки ПАВ, пожаро- и взрывобезопасны в применении, отвечают современным санитарно-гигиеническим нормам условий труда. Активное использование алюминиевых паст в России началось со второй половины 2000-х, и сегодня их доля в общем объеме газообразователей составляет 25–27%. В настоящее время большинство современных технологических линий по производству газобетона ориентировано на применение паст. Что касается алюминиевых пудр, то опыт их применения насчитывает без малого сто лет, и до сих пор они занимают большую часть рынка газообразователей. Вместе с тем пудры имеют существенные недостатки, главными из которых являются высокое пыление и гидрофобность, что обуславливает необходимость дополнительных мер безопасности и применения ПАВ в процессе приготовления алюминиевой суспензии. Также к недостаткам относится отсутствие контроля со стороны производителей пудр таких показателей, как кинетика газовыделения и содержание активного алюминия, т. е. качество пудры оценивается в первую очередь с точки зрения использования ее в производстве лакокрасочной продукции, огнеупоров и твердых сплавов.

Если обратить внимание на экономические аспекты, то алюминиевые пасты в сравнении с пудрами имеют более высокую стоимость и повышенный расход, что часто является решающим аргументом при выборе газообразователя. Особенно актуальным вопрос цены проявил себя в период кризиса 2008–2009 гг. Именно в это время ООО «НСК-ТЕК» активизировало разработку и производство новых газообразователей с несвязанной структурой (пудры) под маркой «Газобето+», которые соединили в себе преимущества паст и экономичность пудр.

Газообразователи марок «Газобето+» представляют собой тонкоизмельченный алюминиевый порошок серебристо-серого цвета с пониженным пылением при пересыпании. Частицы газообразователя обработаны

специальными органическими добавками, обеспечивающими стабильность свойств во времени, гидрофильность (смачиваемость) и пониженное пыление. Кроющая способность и показатель всплываемости у газообразователей (в отличие от пудр алюминиевых пигментных – ПАП) не регламентируются и не определяются. Взамен этого в сертификат качества «Газобето+» включены: кинетика газовыделения, содержание активного Al, смачиваемость. Изготовление «Газобето+» основано на классической технологии получения пудр. Помол алюминиевого пульверизата осуществляется сухим способом в шаровой мельнице в атмосфере азотно-кислородной смеси. На тонкоизмельченный продукт в процессе производства наносится органическая добавка, которая обеспечивает гидрофильность газообразователя, пониженное пыление, заданную активность и кинетику газовыделения. Уникальность составов «Газобето+» заключается в их специализации. Они дифференцированы по маркам в зависимости от требуемой плотности готовой продукции и изготовлены для производителей газобетона с учетом основных требований к газообразователям.

Газообразователи «Газобето+» успешно прошли испытания и сегодня применяются более чем на 10 заводах, в числе которых ООО «ПСО «Теплит» (Свердловская обл.), ЗАО «КСМ» (Тюменская обл.), ЗАО «ДЗГИ» (Московская обл.), ООО «НЗСМ» (Челябинская обл.), ТОО «Экотон-Батыс» (Казахстан) и др.

В настоящее время предприятие ООО «НСК-ТЕК» продолжает работу по внедрению эффективных газообразователей, совершенствует качество и эксплуатационную стабильность новых продуктов. Являясь центром по разработке и внедрению специализированных газообразователей в России и странах СНГ, ООО «НСК-ТЕК» производит поставку фирменных газообразователей, осуществляет консультационно-информационные услуги, проводит полное предпродажное и послепродажное сопровождение.

Список литературы

1. Семериков И.С., Вишневецкий А.А., Запольская А.А. Сравнительная оценка новых газообразователей для производства автоклавного газобетона // Строительные материалы. 2010. № 1. С. 47–49.
2. Прохоров С.Б., Вишневецкий А.А. Газообразователи для получения ячеистых бетонов пониженной плотности // Материалы VI Международной научно-практической конференции. Минск, 26–28 мая 2010. С. 51–53.

Характеристика газообразователей «Газобето+»

Марка	Кинетика газовыделения, см ³ (справочно)			Степень измельчения (остаток на сите), %, не более			Смачиваемость	Степень пыления*, %	Активность Al, %
	2 мин	8 мин	16 мин	008	0056	0045			
Газобето+500®	20	90	120	1		15	смачивается	1,6	90–92
Газобето+400®	30	110	130		0,3	0,5	смачивается	2,1	89–91
ПАП I	–	–	–	1		15	не смачивается	3,5	–
ПАП II	–	–	–		0,3	0,5	не смачивается	5,9	–

* Оценка степени пыления производилась по специально разработанной методике, изложенной в работе [1].



ООО «НСК-ТЕК»
Группа компаний. Основана в 1999 г.

Центр по разработке и внедрению
специализированных газообразователей

www.nsktek.ru

АЛЮМИНИЕВЫЕ ГАЗООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОБЕТОНА
марок

ГАЗОБЕТОЛАЙТ® , ГАЗОБЕТОЛЮКС® , ГАЗОБЕТО+500® , ГАЗОБЕТО+400®

преимущества использования:

- разработаны специально для производства газобетона
- дифференцированы по маркам, в зависимости от требуемой плотности газобетона
- отличаются пониженным пылением
- гидрофильны - не требуют обработки ПАВ
- характеризуются высокой степенью стабильности по содержанию активного Al и кинетике газовыделения
- экономичны
- повышают уровень безопасности производства

Реклама

г. Екатеринбург; (343) 373-45-20, 373-45-21, 216-46-48, 345-46-79; nsk@nsktek.ru



5-7
сентября
2012 г.
Пермь

Оргкомитет:
140050, Московская обл.,
п. Красково,
ул. К. Маркса, д. 117,
ВНИИСТРОМ
Телефоны:
(495) 557-30-11
E-mail: gips@rescom.ru
www.rosgips.ru

Российская гипсовая ассоциация
Московский государственный строительный университет
ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова
Научно-исследовательский институт строительной физики
ГУП «НИИМосстрой»

Шестая Международная конференция
«Повышение эффективности производства
и применения гипсовых материалов и изделий»

Тематика конференции:

- технический прогресс в области гипсовых материалов и изделий (исследования, производство и применение)
- ангидритовые вяжущие
- гипсовые материалы в малоэтажном строительстве
- привлекательность и механизмы инноваций в гипсовой отрасли
- современное оборудование для производства гипсовых вяжущих, материалов и изделий на их основе
- лаборатории, менеджмент качества, экологический менеджмент и их роль в обеспечении качества и долговечности гипсовых материалов
- нормативно-техническая документация в соответствии с современными требованиями
- обучение и переподготовка специалистов в области производства и применения гипсовых материалов и изделий

Генеральный информационный спонсор: журнал

СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ

А.А. СЕМЕНОВ, канд. техн. наук, генеральный директор ООО «ГС-Эксперт» (Москва)

Российский рынок извести в I полугодии 2011 года

По данным Росстата, в январе–июне 2011 г. в России было произведено 4863,2 тыс. т извести, что на 6,7% больше, чем в аналогичный период 2010 г. При этом темпы роста технологической и строительной извести существенно различались. Объем производства технологической извести увеличился лишь на 3,3% и составил 3963,1 тыс. т, а объем производства строительной извести вырос на 19,7%, до 900,1 тыс. т (рис. 1).

Рассматривая производство извести в России, можно отметить неоднородность распределения производственных мощностей по территории страны. Больше всего извести строительной производится в европейской части страны, прежде всего в Центральном федеральном округе, на долю которого по итогам 6 месяцев 2011 г. пришлось около 54% общероссийского выпуска этой продукции (рис. 2). При этом по сравнению с аналогичным периодом 2010 г. доля региона сократилась на 4,4%. Технологическая известь выпускается преимущественно в Приволжском, Уральском и Центральном федеральных округах, где расположены крупные предприятия черной металлургии и химической промышленности (рис. 3).

По итогам I полугодия 2011 г. в семи из восьми федеральных округов отмечалось увеличение объемов производства строительной извести. Лидером по темпам роста производства стал Южный федеральный округ –

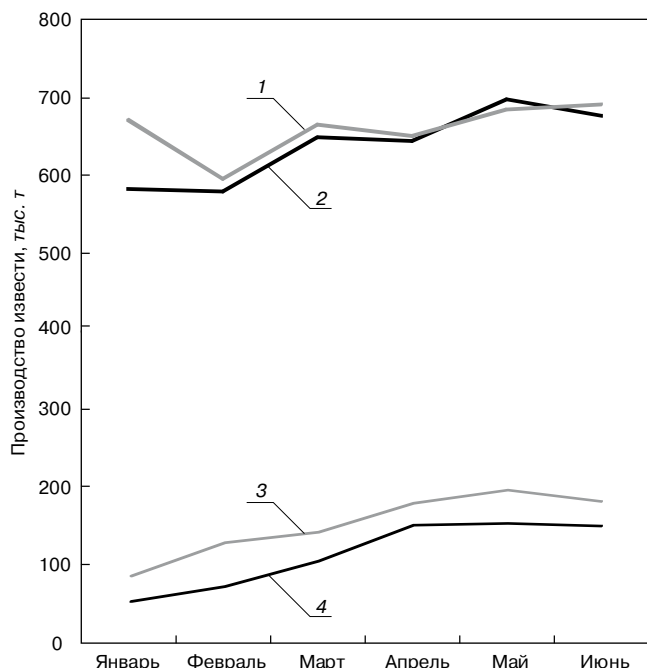


Рис. 1. Помесечная динамика производства технологической и строительной извести в России в январе–июне 2010 и 2011 гг.: 1 – производство технологической извести в 2011 г.; 2 – производство технологической извести в 2010 г.; 3 – производство строительной извести в 2011 г.; 4 – производство строительной извести в 2010 г. Источник: Росстат

136% по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года. Снижение объемов производства строительной извести было зафиксировано только в Дальневосточном федеральном округе – 75% к аналогичному периоду 2010 г.

В январе–июне текущего года увеличение объемов производства технологической извести наблюдалось в 5 из 7 федеральных округов, где осуществляется ее выпуск. Лидером по темпам роста производства стал Дальневосточный федеральный округ – 124% по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года. На втором месте по темпам роста производства извести находится Приволжский федеральный округ – 109%. Производство технологической извести в Южном и Сибирском федеральных округах в рассматриваемый период сократилось на 0,8% и 4,7% по сравнению с I полугодием 2010 г. соответственно.

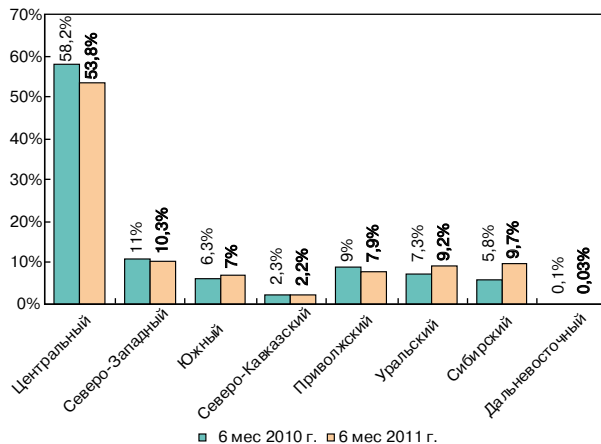


Рис. 2. Структура производства строительной извести в России в разрезе федеральных округов по итогам 6 мес 2010 и 2011 гг. Источник: оценка «ГС-Эксперт» на основе данных Росстата

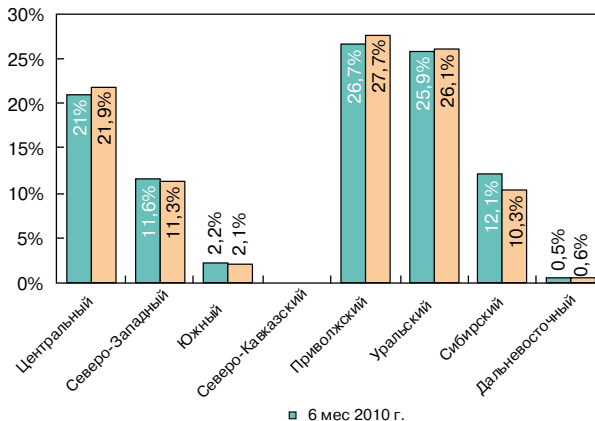


Рис. 3. Структура производства технологической извести в России в разрезе федеральных округов по итогам 6 мес 2010 и 2011 гг. Источник: оценка «ГС-Эксперт» на основе данных Росстата

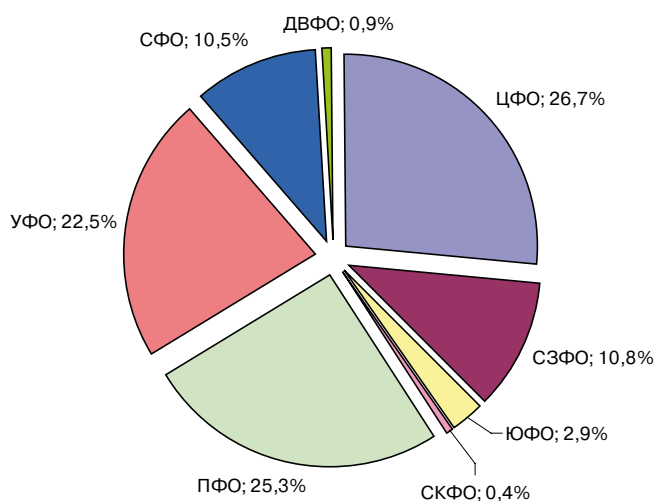


Рис. 4. Структура потребления извести в разрезе федеральных округов по итогам 6 мес 2011 г., %. Источник: оценка «ГС-Эксперт»

По итогам I полугодия 2011 г. объем отгрузки извести железнодорожным транспортом увеличился на 12,5% по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года и составил 523,3 тыс. т (10,8% от объема ее производства в стране).

Среди российских известковых заводов наибольшие темпы роста объемов отгрузки извести железнодорожным транспортом в I полугодии 2011 г. показали: ЗАО «Копанищенский КСМ», увеличившее отгрузку в 3,6 раза по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года; ООО «Силикат» – в 1,8 раза, ООО «Фельс-Известь» – в 1,6 раза.

Потребление извести в России по итогам I полугодия 2010 г. составило 4,9 млн т, что на 7% превышает объем потребления этой продукции за аналогичный период 2010 г. Следует отметить, что внешнеторговые операции с известью в рассматриваемый период были незначительны и не оказывали существенного влияния на рынок этой продукции. Доля импорта в структуре потребления не превышала 1%.

Потребление извести в различных регионах России довольно неравномерно (рис. 4). Так, в I полугодии 2011 г. около 26,7% от общего объема потребленной в России извести пришлось на долю Центрального федерального округа, в то время как доля Дальне-

восточного и Северо-Кавказского округов составила менее 1% общероссийского потребления данной продукции. Всего же на долю трех основных регионов потребления извести (Центральный, Приволжский и Уральский федеральные округа) пришлось 74,5% общероссийского потребления.

Среди субъектов федерации основными регионами, потребляющими известь, в рассматриваемый период были Челябинская область (17,2% общероссийского потребления извести), а также Липецкая область и Республика Башкортостан (по 12,6% в каждом регионе). Еще в 7 российских регионах по итогам I полугодия 2011 г. объем потребления извести превысил 100 тыс. т.

В январе–июне 2011 г. средние цены производителей (без НДС) на технологическую известь в России, по данным Росстата, увеличились на 32,3% по сравнению с аналогичным периодом 2010 г. При этом во II квартале 2011 г. средние цены производителей на технологическую известь снизились на 44% по сравнению с I кварталом текущего года.

По итогам 6 месяцев 2011 г. средние цены производителей на негашеную строительную известь составили 1915,9 р./т, что на 8,7% превышает уровень цен за аналогичный период предыдущего года. По итогам II квартала текущего года средние цены производителей на негашеную известь увеличились на 10,9% по сравнению с уровнем I квартала.

Средние цены на гашеную известь по итогам 6 месяцев 2011 г. увеличились на 15,8% по сравнению с аналогичным периодом 2010 г. и превысили 4000 р./т (см. таблицу).

Среди федеральных округов наиболее низкие цены производителей на негашеную строительную известь традиционно характерны для Центрального, Уральского и Сибирского федеральных округов.

По данным Росстата, в I полугодии 2011 г. отмечалось увеличение объемов выпуска основных видов строительных материалов, в производстве которых используется известь, – силикатного кирпича, блоков из ячеистых бетонов, сухих строительных смесей.

Так, объем производства силикатного кирпича по итогам 6 месяцев 2011 г. составил 937,3 млн шт. усл. кирпича (117,4% к аналогичному периоду предыдущего года); выпуск блоков из ячеистых бетонов увеличился на 42% по сравнению с I полугодием 2010 г. до 2414,2 млн шт. усл. кирпича; производство сухих строительных смесей выросло на 24% по сравнению с аналогичным периодом предыдущего года до 3,3 млн т.

Помесячная динамика цен производителей на известь в январе–июне 2010–2011 гг., р./т

Период	Средняя цена производителей, р./т					
	Известь гашеная		Известь негашеная		Известь технологическая	
	2010	2011	2010	2011	2010	2011
Январь	3234,4	4686	1766,3	1724,3	1281,4	1899
Февраль	3213,3	4450	1603,1	1806,7	1428,6	1792,8
Март	3323,7	4100,2	1812,8	1920,4	1349,6	1834,5
Средняя за I квартал	3257,1	4412,1	1727,4	1817,1	1353,2	1842,1
Апрель	3248,3	3883,6	1714,2	2008,4	867,1	998,6
Май	3377,8	2898	1806,7	1966,1	829,2	1202
Июнь	4344,5	–	1867,9	2069,6	760,6	895,8
Средняя за II квартал	3656,9	3390,8	1796,3	2014,7	819	1032,1
Средняя за 6 мес	3457	4003,6	1761,8	1915,9	1086,1	1437,1

Источник: Росстат, оценка «ГС-Эксперт»



НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЕДИНЕНИЕ «КОСМОС»



Проектирование и строительство
любых объектов любой сложности;
реставрация архитектурных объектов.

г. Москва, ш. Энтузиастов, дом 38

Тел. : (495) 673-6336, факс: (495) 916-6434

г. Санкт-Петербург, Васильевский остров, 17-я линия, дом 2

Тел. : (812) 323-2499, факс: (812) 327-4271

<http://www.concern-kosmos.ru>

Профиль КНАУФ – основа сухого строительства

Строительные и ремонтные работы с использованием минимума мокрых процессов (оштукатуривания, крепления с помощью цемента, на основе растворов и др.) получили название сухое строительство. Массовое применение технологий сухого строительства в нашей стране началось в начале 90-х гг., после того как на российский рынок пришел немецкий производитель строительных материалов – фирма КНАУФ.

Технологии сухого строительства базируются на применении каркасно-обшивных конструкций. Основой такого сооружения является металлический или деревянный каркас, прикрепленный к ограждающим конструкциям. Каркас обшивается листовыми материалами, например гипсокартонными листами или гипсоволокнистыми плитами, и при необходимости заполняется минеральной ватой или другим изолирующим материалом. Фирма КНАУФ известна как производитель гипсокартона, сухих строительных смесей, однако общий перечень выпускаемой продукции будет неполным без упоминания КНАУФ-профиля, изготавливаемого предприятиями группы из стального оцинкованного листа.

Для обеспечения строительного рынка качественным профилем для комплектных систем сухого строительства фирма КНАУФ выпускает на своих предприятиях профиль и поставляет его под своей торговой маркой. Качество КНАУФ-профиля постоянно контролируется в процессе его производства на предприятиях группы, ведь от качества сборки каркаса зависит прочность, долговечность и устойчивость готовой конструкции, а значит, и репутация производителя всех материалов.

Каким должен быть качественный профиль?

Специалисты фирмы КНАУФ выработали собственные требования к идеальному профилю для систем КНАУФ.

Во-первых, профиль должен быть изготовлен из стального листа оптимальной толщины. Толщина стали имеет непосредственное влияние на жесткость профиля и всей конструкции. Толщина стали также влияет на прочность удержания шурупа в профиле – этот параметр обеспечивает надежное крепление обшивки к каркасу. Опытным путем установлено, что оптимальная толщина стального профиля составляет 0,55–0,6 мм. По стандарту КНАУФ шуруп должен удерживаться в профиле при выдергивающем усилии не менее 45 кг. Профиль толщиной 0,6 мм обеспечивает это условие с запасом. Если же толщина стали менее 0,55 мм, требование не выполняется.

Вторым важным показателем качества является коррозионная стойкость профиля – от этого зависит долговечность конструкции. Это свойство обеспечивается применением для изготовления качественной оцинкованной стали 2-го класса цинкового покрытия по ГОСТ 14918. Цинк на воздухе покрывается слоем углекислого цинка, который защищает его от окисления. Для профилей КНАУФ применяется только такая сталь.

Третьим важным параметром качества профиля является конфигурация и размеры его поперечного сечения. Фирма КНАУФ выпускает несколько видов профилей, которые отличаются друг от друга геометрической формой сечения.

Стоечные профили (ПС-профили) имеют с-образную форму и служат в качестве вертикальных стоек каркасов перегородок и облицовок стен, применяются в паре с соответствующим направляющим ПН-профилем, выпускаются с размером стенки 50, 75 и 100 мм. Стенка ПС-профиля имеет два продольных гофра (ребра жесткости), предназначенных для обеспечения жесткости. Отсутствие гофр уменьшает жесткость. На стенке ПС-профиля имеются три пары отверстий, которые позволяют произвести монтаж электропроводки внутри каркаса.

Направляющие профили (ПН-профили) имеют П-образную форму и служат в качестве направляющих для ПС-профилей, а также в качестве перемычек между стойками каркаса перегородок и облицовок. Монтируются в паре с соответствующими по размеру ПС-профилями. Выпускается профиль с размером стенки 50, 75 и 100 мм, размеры стенки которого немного меньше, что обеспечивает надежную стыковку с ПС-профилем. Стенка ПН-профиля имеет два продольных гофра.



Потолочные профили (ПП-профили) имеют С-образную форму и предназначены для устройства каркасов подвесных потолков и облицовок стен. Еще одним важным фактором является совместимость подвесов и соединителей с профилем, т. е. формы пазов должны соответствовать опорным загибам. Так, при испытаниях подвес с зажимом и тягой, вставленный в ПП-профиль, должен выдерживать нагрузку в 25 кг. При этом загибы на полках профиля не должны разгибаться. Некачественное соединение непроверенных элементов может быть одним из факторов обрушения конструкций подвесных потолков.

Комплектные системы КНАУФ

Профили КНАУФ используются во всех категориях зданий – жилых, общественных, производственных. Они являются одной из главных составляющих комплектных систем сухой отделки. Конструкции на основе комплектных систем имеют рассчитанные и подтвержденные испытаниями характеристики (максимальная высота, огнестойкость, звукоизоляция и др.). При этом обязательным условием достижения данных параметров конструкции является применение материалов с определенными характеристиками. Создавая документацию на применение комплектных систем, фирма КНАУФ четко прописывает требования к каждому изделию системы. Различают три основных вида комплектных систем с использованием металлических профилей: потолочные системы, перегородки и облицовки.

Подвесные потолки с использованием КНАУФ-листов предназначены для повышения предела огнестойкости несущих конструкций перекрытий, улучшения тепло- и звукоизоляции, скрытия электропроводки и инженерного оборудования, а также для декоративной отделки помещения. Несущая конструкция подвесного потолка состоит из металлического каркаса. Его элементами являются профиль потолочный и профиль направляющий. В качестве облицовочного материала используется КНАУФ-лист.

Перегородки поэлементной сборки с обшивкой КНАУФ-листами предназначены для применения в жилых, общественных и производственных зданиях. Использование перегородок из КНАУФ-листов в большинстве случаев оказывается более выгодным по сравнению с известными конструкциями (кирпич, бетон), так как скорость их монтажа выше, а масса меньше. Важное преимущество межкомнатных перегородок из КНАУФ-листов – возможность их быстрого демонтажа с приданием помещению первоначального вида и монтажа по индивидуальной планировке. Перегородки состоят из несущего каркаса, обшитого с обеих сторон одним и более слоями КНАУФ-листов. Элементы металлического каркаса в комплектных системах перегородок – профиль стоечный (ПС) и профиль направляющий (ПН).

Гипсокартонные облицовки КНАУФ применяются для отделки стен, а также для повышения их звукоизоляционных и теплоизоляционных свойств в помещениях с сухим, нормальным и влажным режимом; с высотами помещений до 10 м; с неагрессивной средой. Представляют собой конструкцию из каркаса, обшитого с одной стороны гипсокартонными листами в один или два слоя.

В издательстве «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ» Вы можете приобрести дайджесты и специальную литературу по антикризисным ценам

Учебное пособие «Практикум по технологии керамики»

Авторы – коллектив ученых РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Рассмотрены основные методы отбора проб, испытаний сырьевых материалов, контроля и исследования технологических процессов, а также определения свойств готовой продукции, применяемые в керамической, огнеупорной и смежных отраслях промышленности. Пособие может быть использовано не только как учебное, но и в качестве полезного руководства для инженеров заводских и научно-исследовательских лабораторий.



Монография «Производство деревянных клееных конструкций»

Автор – заслуженный деятель науки России, д-р техн. наук Л.М. Ковальчук.

В книге рассмотрены основные вопросы технологии изготовления ДКК, показаны области их применения, описаны материалы для их изготовления. Особое внимание уделено вопросам оценки качества, методам испытаний, приемке и сертификации клееных конструкций. В книге приведен полный перечень отечественных и зарубежных нормативных документов, регламентирующих производство и применение ДКК.



Книга «Сырьевые материалы, шихта и стекловарение»

Автор – В.Е. Маневич, К.Ю. Субботин, В.В. Ефременков

В книге подробно рассмотрены сырьевые материалы для производства стекла различного назначения, влияние технологических факторов на качество шихты и варку стекла, приведены последние разработки в области автоматизации производства стекольной шихты и других многокомпонентных смесей. Представлено различное оборудование, разработанное ЗАО «Стромизмеритель», которое успешно работает не только в России, но и в других странах СНГ и дальнего зарубежья.



Книга «Керамические пигменты»

Авторы – доктора техн. наук Г.Н. Масленникова, И.В. Пищ

В монографии рассмотрены физико-химические основы синтеза пигментов, в том числе термодинамическое обоснование реакций, теория цветности, современные методы синтеза пигментов и их классификация, методы оценки качества. Приведены сведения по технологии пигментов и красок различных цветов и кристаллических структур. Описаны современные методы декорирования керамическими красками изделий из сортового стекла, фарфора, фаянса и майолики.

Книга предназначена для научных сотрудников, студентов, специализирующихся в области технологии керамики и стекла, а также для инженерно-технических работников, занятых в производстве керамических изделий и красок. Будет полезна для специалистов других отраслей промышленности, где применяются высокотемпературные пигменты.

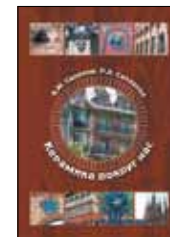


Книга «Керамика вокруг нас»

Авторы – А.М. Салахов, Р.А. Салахова

Авторы представляют керамику как искусство и как продукт тонкой технологии. Показано, что свойства керамических изделий определяются химическим, минералогическим и гранулометрическим составом исходных компонентов. Множество иллюстраций наглядно демонстрируют возможности использования керамических материалов в строительстве и архитектуре.

Книга предназначена специалистам предприятий, производящих керамические материалы, ученым-материаловедам, преподавателям, аспирантам и студентам, всем заинтересованным лицам.



Книга «Пестроцветные глины Гжельского месторождения»

Авторы – Н.С. Русович-Югай, В.М. Логинов

Монография посвящена изучению глин Гжельского месторождения с целью их использования в производствах тонкой керамики, майолики, народных промыслах, а также в архитектурной и художественной керамике. Представлены результаты геологоразведочных работ, описаны рас

пространенность и запасы глин, отмечена их особенность – широкая цветовая гамма от светло- до темноокрашенных. Рассмотрены геологические условия образования полиминеральных легкоплавких глин и глинистых минералов, показана их структура и свойства, влияние гранулометрического, химического и минерального составов, структуры и текстуры на пластичность, пористость, огнеупорность. Изложены результаты исследования влияния различных технологических факторов и добавок на поведение различных глин Гжельского месторождения, предложена их классификация глин.

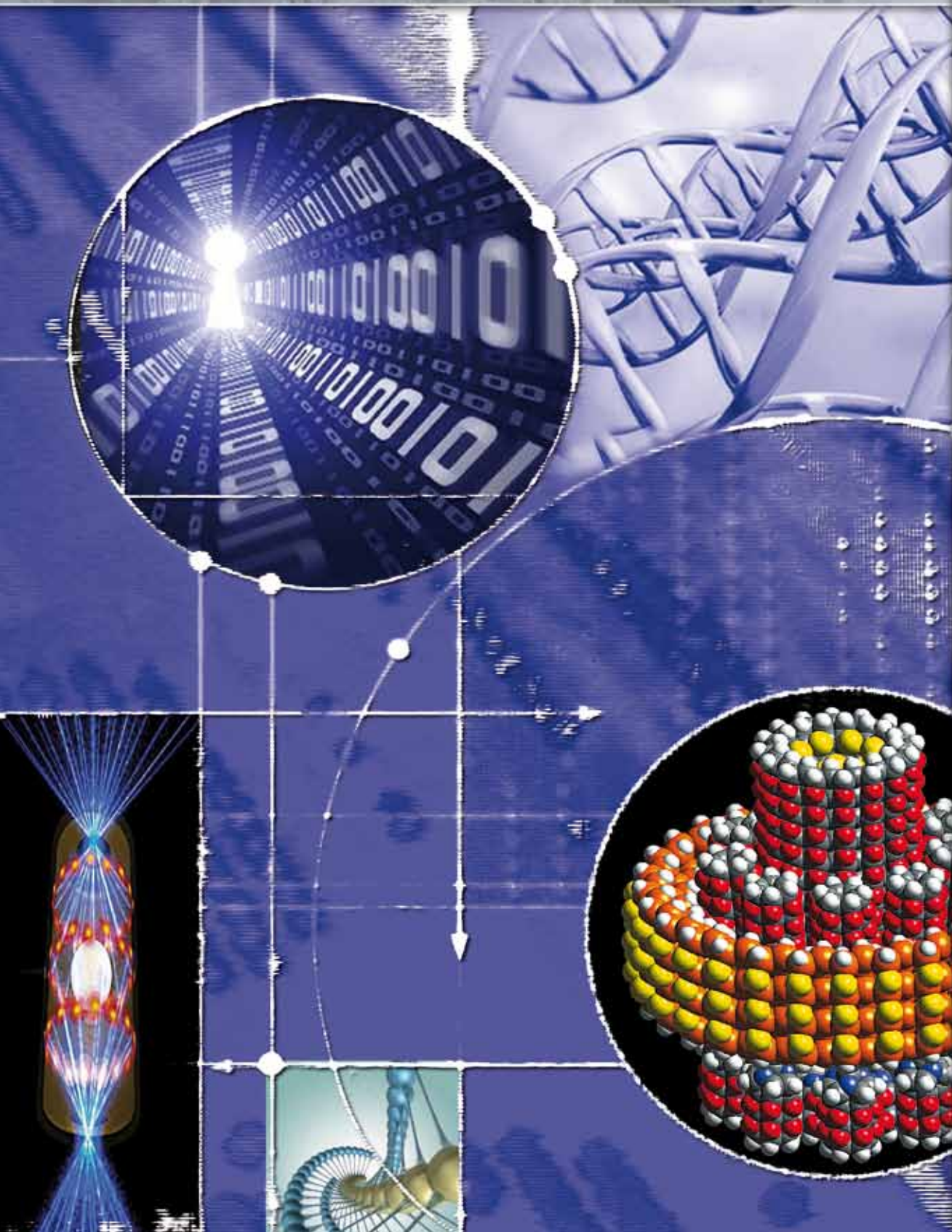


Подробнее на www.rifsm.ru

**Для приобретения специальной литературы обращайтесь в издательство «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»
Тел./факс: (499) 976-22-08, 976-20-36 E-mail: mail@rifsm.ru**

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

тематический раздел журнала «Строительные Материалы» №9-2011 г.



ЖУРНАЛ



13-я специализированная выставка

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ОСМ 2012



25 – 28 ЯНВАРЯ
Москва, ЦВК «Экспоцентр»



ЕВРОЭКСПО

www.osmexpo.ru



ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ
КОМПЛЕКС ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОЙ
ПОЛИТИКИ И СТРОИТЕЛЬСТВА
ГОРОДА МОСКВЫ

ОФИСИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:



ПРИ СОДЕЙСТВИИ:

ЭКСПОЦЕНТР



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ПАРТНЕР ВЫСТАВКИ:

РОСНАНО

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
СПОНСОР ВЫСТАВКИ:

Всё для строительства

ПАРТНЕР ВЫСТАВКИ:

АПКСМ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ
СПОНСОР:

Стройка
ГРУППА ГАЗЕТ

ИНФОРМАЦИОННАЯ
ПОДДЕРЖКА:

ВОСК



ПЕРВЫЙ
ДОМ

СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ЭКСПЕРТ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ*

Коттеджей



УДК 666.9.017

Д.И. ШТАКЕЛЬБЕРГ, д-р техн. наук,
Б.И. ВИЛЬГЕ, С.В. БОЙКО, кандидаты техн. наук, Компания Concretex Ltd (Израиль)

Энергетика развития структурно-влажностного состояния при твердении цементно-бетонных композиций

Введение: понятие структурно-влажностного состояния. В исходном состоянии цементно-бетонные композиции — это химически активные дисперсные системы, в которых полидисперсные частицы минерального вяжущего вещества статистически равномерно распределены в водной дисперсионной среде.

В зависимости от специфических коллоидно-химических свойств дисперсной фазы и технологических особенностей изготовления конкретных материалов и изделий толщина водных пленок и прослоек в исходных структурах может существенно различаться. В одних случаях начальное количество дисперсионной среды лимитируется водоудерживающей способностью системы, а в других — ее пределом текучести, т. е. способностью сохранять форму под действием собственной массы. В шликерных или литевых технологиях применяют дисперсии, в которых начальные количества дисперсионной среды (водных растворов солей, электролитов и др.) значительно выше предела текучести; расстояния между дисперсными частицами становятся столь значительными, что межмолекулярные силы притяжения уже не могут противостоять действию поля гравитационных сил.

Во многих дисперсных системах одновременно существуют и совместно развиваются различные типы структур. Так, согласно М.М. Сычеву при твердении минеральных вяжущих веществ «...после схватывания в системе уже присутствуют две структуры: коагуляционная на основе ван-дер-ваальсового взаимодействия и твердения, являющаяся результатом сильных взаимодействий» [1].

В химически активных водно-силикатных дисперсиях в результате химического взаимодействия минерального вяжущего и воды продукты химических реакций гидратации и гидролиза — новообразования чрезвычайно высокой степени дисперсности (до 900 м²/г и более [2]) под действием сил химической и коллоидно-химической природы коагулируют, агрегируются, срастаются, и исходная смесь — предельно концентрированная суспензия постепенно превращается в твердообразное конденсированное тело.

Начальное состояние твердеющей цементно-бетонной композиции — это *всегда* структура уплотнения [3]. Физико-механические свойства такой структуры обусловлены преимущественно сжимающим действием лапласовых давлений, действующих на разделяющих поверхностях вода—воздух. В результате интенсивного развития химических реакций гидратации и гидролиза клинкерных минералов состояние системы начинает изменяться. Однако это еще не твердение и даже не схватывание — это так называемый индукционный период (IP) [1 и др.], определяемый структурированием физической влаги в результате увеличения в ее объеме концентрации микродисперсных продуктов реакций — гидратных фаз.

Последующее формирование и развитие прочностных свойств системы — это ряд последовательных переходов материала из одного структурного состояния в другое [4]: I: коагуляционная структура — капиллярно-пористое коллоидное тело (состояние системы на этом этапе характеризуется непрерывностью жидкой и дискретностью твердой фаз); → II: коллоидно-кристаллизационная структура — квазитвердое капиллярно-пористое тело (состояние системы характеризуется дискретностью как жидкой, так и твердой фаз); → III: конденсационная или конденсационно-кристаллизационная структура (состояние системы характеризуется дискретностью жидкой и непрерывностью твердой фаз).

Совокупность этих переходов определяет развитие структурно-влажностного состояния материала, причем понятие «влажностное» играет здесь ключевую роль, поскольку [4]:

- 1) структурированная (физическая) влага — дисперсионная среда является единственным элементом твердеющей системы, однозначно идентифицируемым на всех стадиях процесса, от начального состояния структуры уплотнения до конечного (в любом возрасте) состояния искусственного камня;
- 2) на начальных этапах структурообразования физическая влага водно-силикатных дисперсий является полноправной структурной составляющей, *соединяющей* твердофазные элементы; здесь структурированная жидкая фаза — матричная дисперсионная среда вносит прямой вклад в баланс прочности материала;
- 3) жидкая фаза обладает чрезвычайно важным свойством: она всегда находится в термодинамическом равновесии с твердой фазой, на которой она адсорбирована (или которой она абсорбирована); именно поэтому физически связанная вода является наиболее информативным компонентом водно-силикатных дисперсий: изменение ее состояния адекватно отражает закономерности развития структуры и, следовательно, упрочнения на всех стадиях твердения.

Экспериментальные исследования. Экспериментальное изучение структурно-влажностного состояния цементно-бетонных композиций осуществляли комплексом методов ядерного магнитного резонанса (ЯМР) и кондуктометрии. Эффективность совместного применения именно этих методов обусловлена тем, что в обоих случаях значения измеряемых величин определяются исключительно состоянием структурированной (физически связанной) воды.

Для проведения ЯМР-измерений использовали спектрометр типа Minispec 10 mq фирмы «Bruker» с рабочей частотой 10 МГц, диаметром приемно-измерительного устройства 40 мм при напряженности магнитного поля в измерительном объеме 0,23 Тл.

Измерение электрического сопротивления (импеданса) твердеющих цементно-бетонных композиций осуществляли измерительной системой Contest-8 кон-

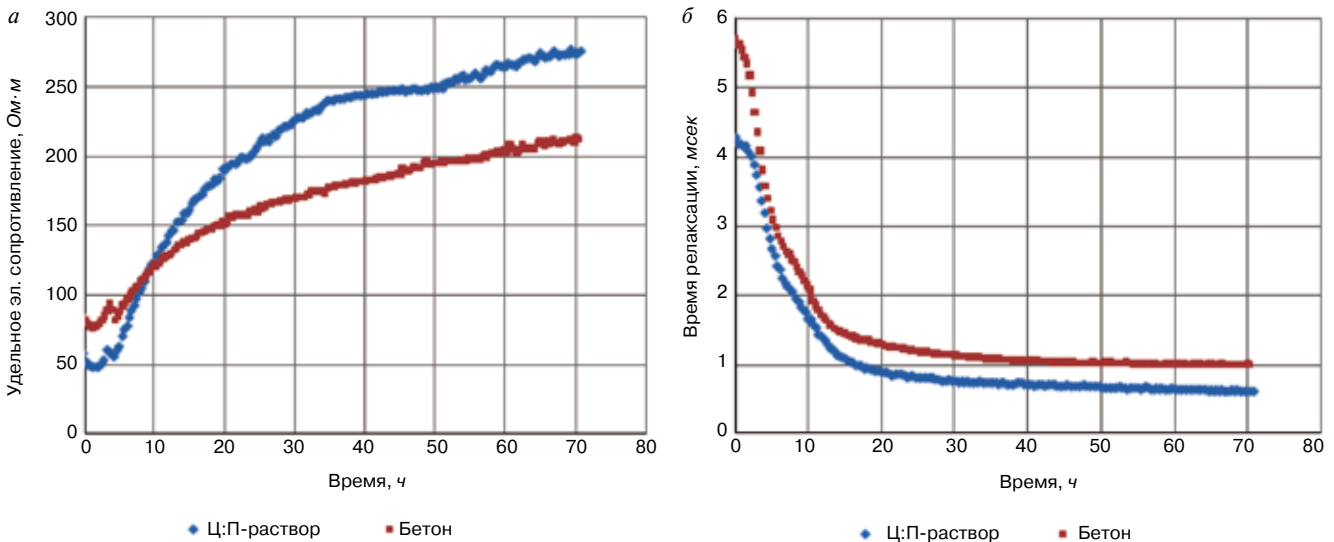


Рис. 1. Изменение удельного электрического сопротивления R (а) и времени релаксации $T_{(2)}$ (б) при твердении стандартного Ц:П-раствора и бетона

струкции компании Concretec Ltd. Датчик-контейнер, содержащий исследуемый образец, представляет собой цилиндр, изготовленный из электрически нейтрального материала. С целью стабилизации потока электричества между двумя электродами, расположенными на дне датчика, цилиндр разделен специальной перегородкой, отношение высоты которой h к высоте датчика-контейнера H равно $h/H = 0,65$ согласно [5].

Измерения ЯМР-сигналов и электрического сопротивления синхронизировали и осуществляли непрерывно с шагом 6 мин (величина шага измерений и их общая продолжительность обеспечивались пакетом оригинальных управляющих и обрабатывающих программ).

Основным измеряемым параметром метода ЯМР является время спин-спиновой релаксации $T_{(2)}$ — величина, пропорциональная энергии поглощения RF-поля при переходе ядер H^+ из случайно ориентированного состояния в упорядоченное, соответствующее внешнему магнитному полю применяемого ЯМР-спектрометра [6]. Следовательно, конкретные значения $T_{(2)}$ зависят исключительно от состояния ядер H^+ жидкости, которое определяется суммарным воздействием на молекулы H_2O молекулярных силовых полей.

Особенностью метода ЯМР является его безразличие к состоянию молекулы H_2O : если физически связанная влага рассматривается как однородная среда, то измеряемая величина $T_{(2)}$ — это усредненное время релаксации всей структурированной жидкости, находящейся в замкнутых порах, сквозных капиллярах, адсорбированной на поверхностях твердых частиц и т. д., независимо от формы и размеров этих структурных элементов.

Поэтому в исследованиях ограничиваемся использованием первого члена B -экспоненциального разложения ЯМР-сигналов, т. е. величиной $T_{(2)}$, определяющей время релаксации более устойчивых, малоподвижных молекул H_2O физически связанной влаги [6].

Полный диапазон изменения времени спин-спиновой релаксации H_2O может быть установлен на основании результатов работ [7 и др.]. Так, величина $T_{(2)}$ чистой объемной (находящейся вне зоны действия молекулярных силовых полей) воды равна ~3 с; время релаксации монослоя адсорбированной влаги составляет ~40 мс; для химически связанной влаги $T_{(2)} = 17$ мс.

Кроме того, величина электропроводности и/или электросопротивления твердеющих цементно-бетонных материалов, фиксируемая при проведении кондуктометрических измерений [3,8 и др.], также определяется исключительно свойствами (состоянием)

физической влаги ведь только жидкая фаза является проводящей.

Комплексом обоих методов исследовали твердение цементно-песчаного раствора и бетона, изготовленных на одном и том же цементе СЕМ I 42,5N.

Растворную смесь состава цемент:песок = 1:3 с водоцементным отношением $B/C = 0,5$ приготавливали в соответствии с требованиями стандарта EN-196 Part. 1: «Methods of testing cement. Determination of strength».

Состав бетонной смеси, $кг/м^3$: цемент — 330; вода — 200; песок = 650; щебень фракции (14/10) = 700 и фракции (10/5) = 440, без химических добавок ($B/C = 0,61$, максимальная крупность щебня 14 мм, осадка конуса ОК = 130 мм).

Приготовленными смесями контролируемой степени уплотнения заполняли датчики для ЯМР- и кондуктометрических [5] измерений, которые непрерывно осуществляли в течение 72 ч (рис. 1).

На рис. 1 видно, что характер изменения времени релаксации $T_{(2)}$ и удельного электрического сопротивления R одинаков: кривые $T_{(2)} = f(\tau)$ и $R = \psi(\tau)$ практически зеркальны. Скачкообразные изменения сопротивления в течение первых 4 ч после начала измерений связаны с одновременным развитием и взаимодействием химических и структурных (схватывание) процессов.

Однако амплитудные характеристики кривых $T_{(2)} = f(\tau)$ и $R = \psi(\tau)$ отличаются весьма существенно в зависимости от вида контролируемого материала.

В частности, на начальном этапе, примерно до 8 ч после уплотнения, значения удельного электрического сопротивления раствора меньше, чем у бетона (рис. 1, а), что обусловлено более высокой концентрацией ионов в объеме структурированной влаги. Но уже через ~3–4 ч после начального этапа, т. е. по завершении схватывания скорость возрастания электрического сопротивления раствора гораздо выше, чем у бетона, и в дальнейшем это различие увеличивается. На этапе кристаллического упрочнения большие значения электрического сопротивления в твердеющем растворе определяются более высокой степенью структурирования дисперсионной среды и как результат пониженной подвижностью ионов проводящей фазы в тонких слоях физической влаги.

Более высокий уровень развития структуры твердеющего Ц:П-раствора подтверждается также сравнением кривых $T_{(2)} = f(\tau)$ (рис. 1, б): меньшие значения времени релаксации $T_{(2)}$ раствора свидетельствуют о большей интенсивности энергии связи влаги с материалом.

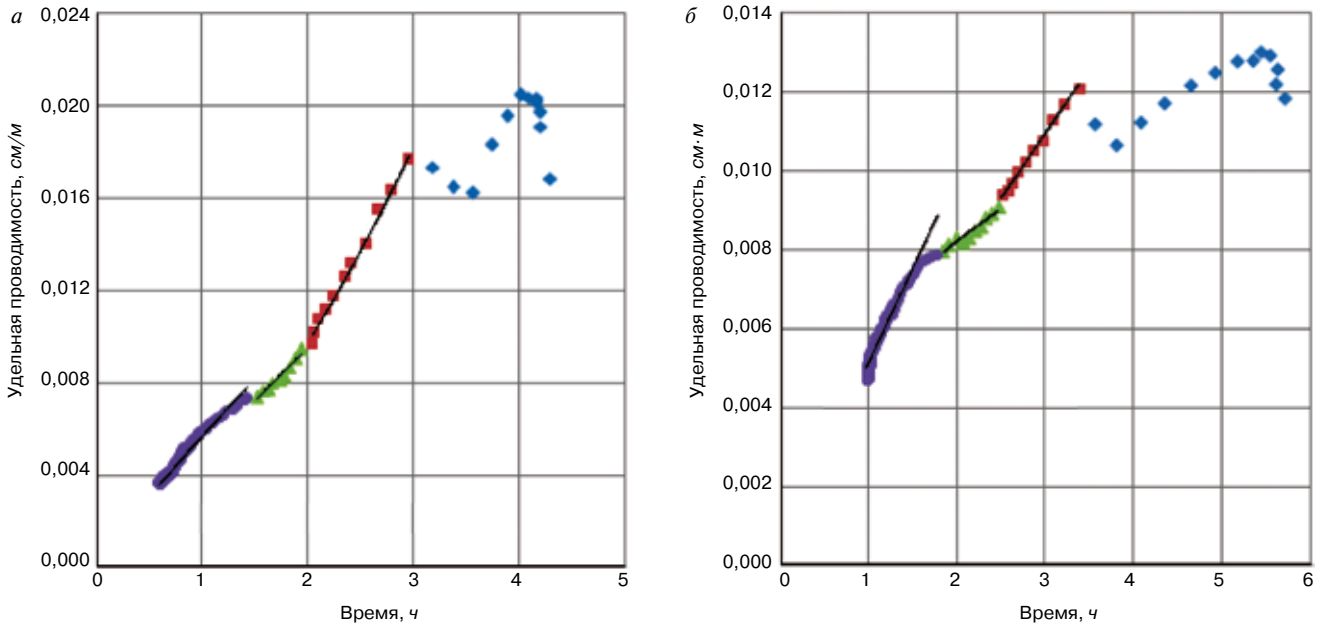


Рис. 2. Зависимость ρ - $T_{(2)}$ для первых трех суток твердения стандартного Ц:П-раствора (а); бетона (б)

Отмеченные количественные и качественные различия между кривыми $T_{(2)} = f(\tau)$ и $R = \psi(\tau)$, очевидно, связаны с более высоким уровнем структурированности раствора по сравнению с бетоном вследствие более высокой концентрации цемента: ~535 и 330 кг/м³ соответственно.

Анализ развития структурно-влажностного состояния. Практически зеркальный характер кривых $T_{(2)} = f(\tau)$ и $R = \psi(\tau)$ в течение всего времени проведения измерений (рис. 1) свидетельствует, что оба метода адекватно отражают изменения состояния структурированной влаги при твердении. Поэтому вполне логичным представляется объединение экспериментальных данных и анализ зависимости время релаксации – удельная электропроводность (рис. 2).

В большинстве фундаментальных исследований электропроводящих свойств различных материалов и систем используется понятие «электрическая проводимость» [9, 10]. Поэтому на рис. 2 и далее удельное электрическое сопротивление R заменено на удельную проводимость ρ .

На рис. 2 видно, что характер зависимостей время релаксации – удельная электропроводность для цементно-песчаного раствора и бетона практически одинаков. Графические отображения этих зависимостей представляют собой ломаные линии, где точки перегиба определяют характерные этапы структурно-влажностного состояния твердеющих цементных композиций.

На каждом отдельном этапе график зависимости $\rho = \varphi(T_{(2)})$ описывается степенной функцией вида:

$$\rho = \gamma T_{(2)}^x, \quad (1)$$

при весьма высоких коэффициентах корреляции.

Вместе с тем экспериментально установлено [11], что между временем спин-спиновой релаксации $T_{(2)}$ и динамической вязкостью η существует прямая взаимосвязь, характеризующаяся линейной зависимостью в двойном логарифмическом масштабе:

$$T_{(2)} = \frac{a}{\eta^\beta}, \quad (2)$$

где коэффициенты $a = 1200$ и $\beta = 0,9$ постоянны во всем диапазоне изменения вязкости.

Выразив в (1) время релаксации $T_{(2)}$ в соответствии с (2) через вязкость η , приходим к соотношению:

$$\rho^v \eta = k, \quad (3)$$

полностью соответствующему зависимости между электропроводностью и вязкостью расплавов бинарных

кристаллов, полученной Я.И. Френкелем [10], или при условии $\nu = 1$ правилу П. Вальдена [9] для соотношения между электропроводностью и вязкостью электролитов (здесь: показатель степени $\nu = 1/\beta x$, а постоянная в правой части $k = (a\gamma)^{1/\beta x}$).

Необходимо отметить, что соотношение (2) получено на основании результатов измерений, проведенных в однородной среде и стационарном состоянии. Поэтому его использование при выводе выражения (3) допустимо лишь как некоторое приближение.

Выше уже отмечалось, что физическая влага является полноправным структурным элементом, существенно влияющим на физико-механическое состояние цементно-бетонных композиций при их твердении. Именно поэтому полученная зависимость (3) позволяет установить новые взаимосвязи между электропроводящими и вязкими свойствами твердеющих цементных композиций, с одной стороны, и закономерностями их упрочнения – с другой.

Проанализируем формулу (3) с учетом зависимости электропроводности и вязкости от температуры. Очевидно, что при возрастании температуры $T \rightarrow \max$ электропроводность структурированной влаги (электролита) увеличивается:

$$\rho = \rho_0 \exp(E_L/kT) \rightarrow \max, \quad (4)$$

а вязкость соответственно уменьшается:

$$\eta = \eta_0 \exp(-E_D/kT) \rightarrow \min. \quad (5)$$

Здесь: E_L и E_D – соответственно свободные энергии активации подвижных молекул объемной влаги (свойства которой определяются действием капиллярного давления Лапласа) и вязких малоподвижных, согласно терминологии [10] молекул слоев поверхностной влаги (свойства которых определяются действием расклинивающего давления Дерягина) согласно терминологии [10] молекул структурированной влаги; ρ_0 и η_0 – значения электропроводности и вязкости при стандартной температуре (обычно $T_{\text{STAND}} = 298^\circ\text{K}$).

Подставляя зависимости (4) и (5) в базовую формулу (3), получаем выражение:

$$E = \nu E_L - E_D = \text{const}, \quad (6)$$

определяющее баланс энергии физической влаги в процессе перераспределения структурированной жидкости – перехода части ее из относительно свободного в более устойчивое состояние.

Для понимания сущности сложных и многообразных химико-структурных превращений необходимо более детально рассмотреть закономерности переходов влаги при твердении цементных композиций.

Уравнение баланса сохранения массы влаги для термодинамически закрытой системы записывается в виде:

$$n = n_{\xi} + n_{\eta} = n_{\xi} + n_L + n_D, \quad (7)$$

где n — общее (начальное) количество молей влаги в системе, определяющее В/Ц-отношение; n_{ξ} — количество молей химически связанной влаги; $n_{\eta} = n_L + n_D$ — количество молей физической (структурной) влаги [4 и др.].

Химическое связывание влаги в реакциях гидратации и гидролиза минеральных вяжущих (образование массы n_{ξ}) можно рассматривать как переход молекул влаги адсорбционных слоев через разделяющую поверхность поверхностная влага — твердая фаза. При этом образуются новые твердые частицы — гидратные фазы. Размеры этих частиц на порядки меньше размеров зерен цемента. Так, по данным [2], радиусы базовых элементов, образующих C-S-H-гели, составляют от 1,1 нм (коллоидная частица) до 2,8 нм (глобула). В то же время расчетный радиус зерен цемента с удельной поверхностью 400 м²/г составляет всего 2,38 мк. Следовательно, размер продуктов реакции примерно в 2000 раз меньше размера исходных зерен цемента.

Эти микродисперсные частицы отделяются от поверхности зерен вяжущего и мгновенно оводняются образованием сольватных оболочек за счет объемной (капиллярно-связанной) жидкости: переходы $n_L \rightarrow n_D$.

При условии $\nu = 1$, определяющем состоянии предельно разбавленной суспензии — чистого электролита, выражения (3–6) упрощаются и тогда:

$$E = E_L - E_D = \text{const}, \quad (8)$$

общая энергия E зависит исключительно от температуры процесса.

Следовательно, величина E в (8) — это свободная энергия активации, определяющая изменения уровня связи физической влаги с твердыми поверхностями при переходе подвижных L -молекул из состояния временного равновесия в объеме в устойчивые D -молекулы поверхностной, например сольватированной, жидкости.

При $\nu < 1$ и его уменьшении ($\nu \rightarrow 0$) в балансе энергии доминирует устойчивая вязкая составляющая E_D , т. е. большая часть физической влаги уже находится в прочносвязанном пленочном состоянии, что свидетельствует об образовании и развитии структуры твердения.

В предельном случае: $\nu = 0$, выражение (8) упрощается:

$$E = E_D = \text{const} \quad (9)$$

и определяет состояние капиллярно-пористой структуры, в котором вся физическая влага находится в устойчивом вязком состоянии сольватных оболочек толщиной $\leq 10^{-7}$ м. В таких слоях вода приобретает даже упругие свойства, имея измеряемые модуль сдвига и предел текучести [12]; поэтому можно допустить, что их (слоев) электрическая проводимость минимальна или вообще отсутствует, как это следует из выражений (3–8). Отсутствие электропроводности в предельно тонких слоях прочносвязанной воды зафиксировано экспериментально [13].

Таким образом, параметр ν , найденный из (6) в виде:

$$\nu = \frac{E + E_D}{E_L} = \text{const}, \quad (10)$$

по физическому смыслу является критерием структурообразования, определяющим развитие структурно-влажностного состояния в процессах твердения цементно-бетонных композиций.

Выводы. Разработана новая методология изучения состояния физически связанной влаги в химически активных водно-силикатных дисперсных системах, основанная на комплексном использовании методов ЯМР и кондуктометрии при твердении.

Результаты применения этой методологии для изучения твердения цементно-бетонных композиций позволили распространить правило Вальдена–Френкеля, устанавливающее взаимосвязь вязкость — электропроводность в однородных системах, на гораздо более сложный случай структурообразования многокомпонентных химически активных дисперсных систем.

Сформулированы энергетические основы развития структурно-влажностного состояния при твердении цементных композиций.

На основании анализа установленной взаимосвязи между вязкостью и электропроводностью структурированной физической влаги введено понятие критерия развития структурно-влажностного состояния, позволяющего количественно оценивать процесс формирования структуры цементных композиций при их твердении.

Ключевые слова: ядерный магнитный резонанс, кондуктометрия, цементно-бетонная композиция, структурно-влажностное состояние, структурообразование.

Список литературы

1. Сычев М.М. Твердение вяжущих веществ. М.: Стройиздат, 1974. 79 с.
2. Thomas J.J., Jennings H.M. A colloidal interpretation of chemical aging of the C-S-H gel and its effects on the properties of cement paste // Cement and Concrete Research, 2006. V. 36. Pp. 30–38.
3. Штакельберг Д.И., Вильге Б.И., Бойко С.В., Гольдман Ф.А. Физическая сущность линейных корреляций прочность — электрическое сопротивление при контроле упрочнения цементно-бетонных композиций // Строительные материалы. 2010. № 3. С. 118–122.
4. Штакельберг Д.И., Сычев М.М. Самоорганизация в дисперсных системах. Рига: Зинатне, 1990. 175 с.
5. US Patent No. 7,225,682 Methods, apparatus and system for monitoring hardening and forecasting strength of cementitious material / Shtakelberg D.I., Wilge B.I., Boiko S.V., Milman O. // 5 June 2007.
6. Abragam A. The principles of nuclear magnetism. London-NY-Toronto: Oxford Univ. Press, 1961. 842 p.
7. Mendelson K.S., Halperin W.P., Jehng J.Y., Song Y.Q. Surface magnetic relaxation in cement pastes. // Magnetic Resonance Imaging. 1994. Vol. 12. № 2. Pp. 207–208.
8. Backe K.R., Lile O.B., Lomov S.K. Characterizing curing cement slurries by electrical conductivity // SPE Drilling & Completion. 2001. December. Pp. 201–207.
9. Walden P. Über organische Lösungs- und Ionisierungsmittel. III. Teil: Innere Reibung und Zusammenhang mit dem Leitvermögen // Zeitschrift für Elektrochemie. 1906. № 55. Pp. 207–216.
10. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкости. Ленинград: Наука, 1975. 592 с.
11. Morriss C.E., Freedman R., Straley C., Johncton M., Vinegar H.G., Tutungian P.N. Hydrocarbon saturation and viscosity estimation from NMR logging in the Belrige Diatomite // Logging Analyst. 1997. Vol. 38. № 2. Pp. 1–24.
12. Дерягин Б.В., Кусаков М.М. Экспериментальное исследование сольватации поверхности // Изв. АН СССР. Сер. хим. 1937. № 5. С. 1119–1152.
13. Долгов С.И. Исследование подвижности почвенной влаги и ее доступность для растений. М.—Л.: Изд-во АН СССР, 1948. 268 с.

УДК 666.972: 691.322

С.Н. ТОЛМАЧЕВ, канд. техн. наук, Е.А. БЕЛИЧЕНКО, инженер, Т.М. МИСЬКО, бакалавр, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)

Исследование механизма структурообразования прессованными цементно-песчаных бетонов с углеродными наночастицами

Строительное материаловедение все чаще сталкивается с нанотехнологиями, которые называют индустриальной революцией XXI в. Новые закономерности создают большой потенциал для производства высокотехнологичных продуктов, которые отличаются гарантированными показателями надежности, развивают принципы получения новых материалов с заранее заданными свойствами и новыми функциональными возможностями.

При производстве строительных материалов в качестве наномодифицирующих добавок в основном используются диоксид титана [1], алюмосиликатная разновидность вулканического стекла – перлит [2], шунгит [3, 4] или нанодисперсный кремнезем [4, 5].

В основе теории синтеза высококачественных строительных материалов на основе использования наночастиц лежат классические представления и закономерности коллоидной и физической химии.

Проведенный литературный анализ показал, что исследования в области применения углеродных наночастиц в технологии цементных композитов малочисленны, нет четкой определенности в объяснении механизма действия наночастиц на цементные системы. Это затрудняет разработку новых материалов с заранее заданными высокими характеристиками.

На свойства бетона огромное влияние оказывают способы уплотнения бетонной смеси. Основным способом уплотнения, применяемым при изготовлении бетонных изделий, является виброуплотнение. Для изготовления малоразмерных бетонных изделий из жестких бетонных смесей в основном применяют прессование или прессование в сочетании с вибрацией – вибропрессование. Этот метод уплотнения позволяет уменьшить водопотребность бетонных смесей, повысить эксплуатационные свойства получаемых бетонов и изделий. Введение в состав таких бетонных смесей наночастиц может привести к изменению характера структурообразования и повлиять на свойства бетонов. Поэтому актуальным является выявление механизма и роли углеродных наночастиц (УНЧ) в технологии мелкозернистых прессованных цементных бетонов. Целью исследований является изучение закономерностей влияния углеродных наночастиц на прочность и структурообразование прессованных цементно-песчаных бетонов.

В исследованиях применяли следующие материалы: цемент ПЦ I–500Н Балаклейского цементного комбината; кварцевый песок Вознесенского карьера с модулем крупности $M_{кр} = 2,4$ мм; углеродные наночастицы (УНЧ) размером 10^{-9} – 10^{-10} м в виде малоконцентрированной водной суспензии (гидрозоля), получаемой путем ультразвукового диспергирования коксовой пыли в воде. Метод синтеза водной суспензии разработан в Украинском государственном научно-исследовательском углехимическом институте [6]. Концентрация УНЧ составляет 0,9 г/л.

Проведенные ранее исследования показали, что наночастицы уже в гидрозоле способны создавать сферические скопления частиц, а также удлиненные и цепочкоподобные агрегаты частиц. Введение их в виброуплотненные цементсодержащие композиты приводит к быстрому образованию вокруг них плотных кристаллических сростков не только на уровне субмикроструктуры, но и на более грубодисперсных уровнях. Установлено, что в виброуплотненных цементных композитах наночастицы способны выступать в качестве центров кристаллизации, обеспечивая более высокую степень гидратации цемента и создание прочной структуры цементного камня и растворов. Физико-химические исследования гидрозоля с углеродными коллоидными частицами (наночастицами) позволили определить области критической концентрации мицеллообразования (ККМ) при концентрации частиц 0,075 и 0,6 г/л (что соответствует 0,0225 и 0,18% массы цемента). Установлена взаимосвязь между областями ККМ гидрозоля с УНЧ и увеличением прочности в виброуплотненных цементных композитах естественного твердения и после тепловлажностной обработки. Было показано, что введение наночастиц в цементное тесто приводит к изменению его подвижности, что свидетельствует о пластифицирующих свойствах УНЧ.

Исследования прочности прессованного цементного камня влажностью 10% показали (рис. 1), что на 3 сут естественного твердения очевидны экстремумы в области содержания УНЧ 0,0045 и 0,0225% массы цемента. Прочность при этом расходе УНЧ возрастает в 1,4 и 1,37 раза соответственно по сравнению с контрольным составом. К 28 сут твердения наблюдается экстремум для содержания УНЧ 0,0225% массы цемента, прочность возрастает в 1,3 раза по сравнению с контрольным составом. Дальнейшее увеличение содержания УНЧ приводит к снижению прочности прессованного цементного камня.

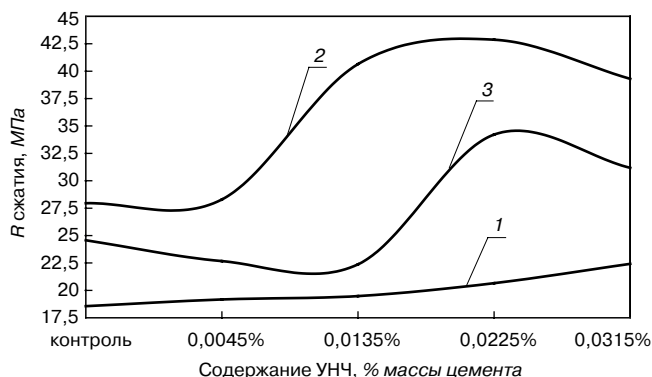


Рис. 1. Зависимость прочности бетона состава Ц:П=1:1,5 после ТВО от содержания УНЧ при давлении прессования 40 МПа: 1 – влажность 8%; 2 – влажность 8,5%; 3 – влажность 9%

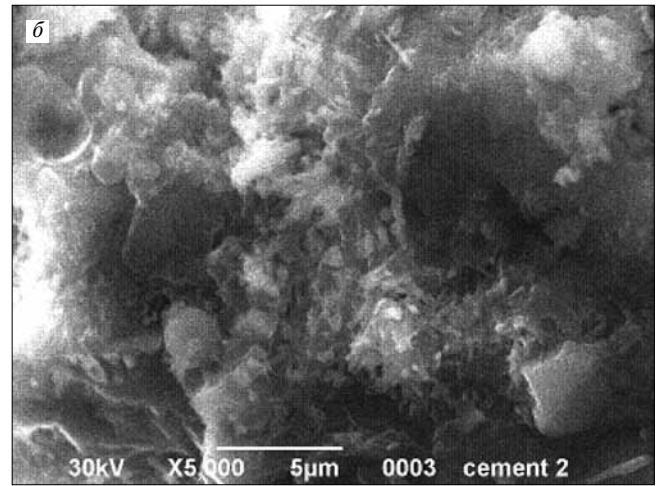
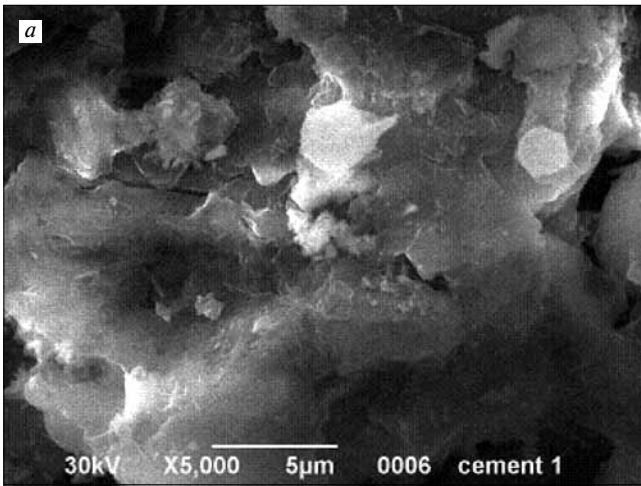


Рис. 2. Электронно-микроскопическое изображение прессованного цементного камня при увеличении $\times 5000$: а – контрольный состав; б – состав с содержанием УНЧ 0,0225% массы цемента

Известно, что при прессовании наибольший прирост прочности достигается при оптимальной влажности составов. Меньшее или большее содержание влаги по сравнению с оптимальным приводит к снижению прочности.

Для определения оптимальной влажности составов цементно-песчаного бетона с разным содержанием УНЧ проводили исследования прочности для составов бетона Ц:П = 1:1,5 естественного твердения и после ТВО при давлении прессования 40 МПа (рис. 1). Очевидно, что для всех составов оптимальная влажность не зависит от содержания УНЧ в составах.

Для прессованного бетона состава Ц:П = 1:1,5 как при естественном твердении, так и после ТВО оптимальным содержанием УНЧ является 0,0225% массы цемента. При содержании УНЧ 0,0135% массы цемента прочность бетона после ТВО увеличивается в 1,43 раза по сравнению с контрольным составом без УНЧ (рис. 1). Увеличение расхода УНЧ до 0,0225% массы цемента приводит к увеличению прочности в 1,54 раза по сравнению с контрольным составом.

Для бетона с УНЧ естественного твердения наблюдаются аналогичные закономерности. При расходе УНЧ 0,0135 и 0,0225% массы цемента прочность увеличивается в 1,3 и 1,36 раза соответственно по сравнению с контрольным составом.

Исследование влияния условий твердения на прочность бетонов показывает, что прочность всех составов бетона с УНЧ после ТВО значительно выше по сравнению

с естественным твердением (рис. 1). При содержании УНЧ 0,0135% массы цемента и оптимальной влажности прочность бетона после ТВО выше на 10% по сравнению с естественным твердением.

При расходе УНЧ 0,0225% массы цемента прочность бетона после ТВО выше на 12% по сравнению с бетоном естественного твердения.

Определяли влияние уровня давления прессования на прочность бетона с УНЧ при разном отношении вяжущего и заполнителя. На основании анализа экспериментальных данных можно сказать, что наблюдается тенденция увеличения прочности с увеличением уровня давления прессования при всех отношениях вяжущего и заполнителя.

Для состава Ц:П = 1:1 с оптимальным содержанием УНЧ 0,0225% массы цемента прочность увеличивается на 15% по сравнению с контрольным составом. Дальнейшее увеличение содержания УНЧ до 0,0315% массы цемента приводит к стабилизации прочности бетона с УНЧ.

Для состава Ц:П = 1:3 при давлениях прессования 20 и 40 МПа наблюдается плавное изменение прочности бетона с УНЧ. Очевидно, что с увеличением количества заполнителя прочность прессованного бетона с УНЧ снижается.

Для выявления влияния УНЧ на характер твердения и структурообразование прессованного цементного камня были проведены электронно-микроскопические исследования на растровом электронном микроскопе JSM – 6390.

Для контрольного состава (рис. 2, а) характерна рыхлая крупнокристаллическая структура с хаотическим рас-

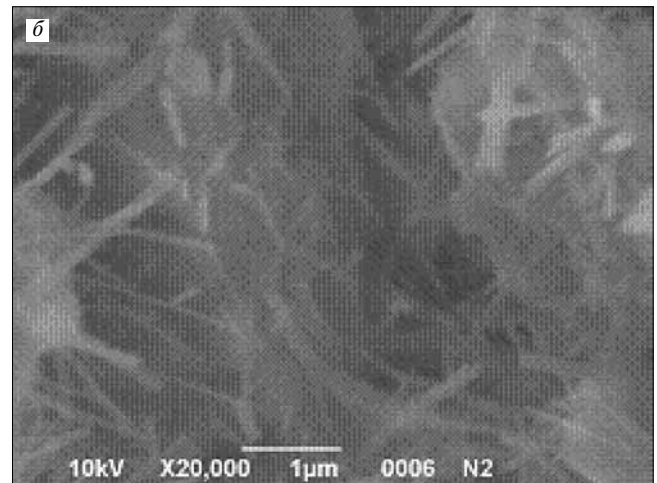
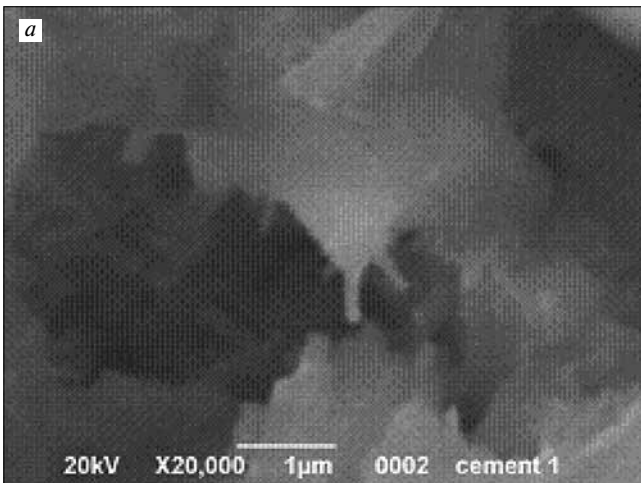


Рис. 3. Электронно-микроскопическое изображение прессованного цементного камня при увеличении $\times 20000$: а – контрольный состав; б – состав с содержанием УНЧ 0,0225% массы цемента

Образец	Прочность при сжатии, МПа	Водопоглощение в 5% NaCl, %	Водопоглощение в воде, %	Коэффициент морозостойкости после количества циклов		
				10	20	37
Контроль	10,29	11,82	11,17	1,07	0,87	0,58
0,0045% УНЧ	11,5	10,73	9,29	1,16	1,21	1,11
0,0225% УНЧ	15,35	11,08	11,2	1,18	1,1	0,98

положением кристаллических сростков. Присутствуют поры разного диаметра. Для составов с расходом УНЧ 0,0225% от массы цемента (рис. 2, б) характерна мелкокристаллическая структура с более плотными новообразованиями и равномерно распределенными порами меньшего радиуса. Это свидетельствует о большей степени кристаллизации структуры цементного камня с УНЧ.

Сферические наночастицы способны собираться в упорядоченные структурные агрегаты под действием слабых сил (электростатические, капиллярные взаимодействия, поверхностное натяжение). Однородные по размеру наночастицы способны собираться в пространственно-упорядоченные структуры, представляющие собой одномерные нити, двумерные плотно упакованные слои, трехмерные массивы или малые кластеры. Тип организации наночастиц и структура образующегося кристалла зависят от условий синтеза, диаметра частиц и дисперсионной среды.

Проведенные исследования подтвердили эти данные и показали, что наночастицы уже в гидрозоль способны создавать сферические скопления частиц, а также удлиненные и цепочкоподобные агрегаты частиц. Это позволяет сформулировать следующий механизм влияния наночастиц на структурообразование в цементной системе. В прессованном цементном камне наночастицы способны собираться в пространственно упорядоченные, удлиненные и цепочкоподобные структуры, образуя пространственный каркас (рис. 3, б), который в дальнейшем зарастает новообразованиями.

Данное предположение подтверждается электронно-микроскопическими снимками прессованного цементного камня при большем увеличении $\times 20000$ (рис. 3, б). Для состава с содержанием УНЧ 0,0225% массы цемента (рис. 3, б) наблюдаются удлиненные структуры размером 50–400 нм, которые образуют пространственный каркас, связывающий в единое целое весь цементный камень. Этим предположением, возможно, объясняется более плотная и мелкокристаллическая структура цементного камня с УНЧ (рис. 2, б).

По результатам лабораторных исследований на цементобетонном заводе ООО «Геомакс» (Харьковская обл.) была выпущена опытная партия вибропрессованных бетонных тротуарных бортовых камней, бетонная смесь которых содержала углеродные наночастицы.

Проводили исследования прочности, водопоглощения и морозостойкости бетонных тротуарных бортовых камней. В таблице приведены данные испытаний на прочность, водопоглощения в воде и 5% растворе NaCl, а также испытания на морозостойкость образцов вибропрессованного бетона контрольного состава и составов с расходом УНЧ 0,0045 и 0,0225% массы цемента. Как видно из приведенных данных, прочность составов вибропрессованного бетона с расходом УНЧ 0,0225% массы цемента возрастает в 1,5 раза по сравнению с контрольным составом, водопоглощение в воде и в 5% растворе NaCl снижается по сравнению с контрольным составом. Для содержания УНЧ 0,0045% массы цемента водопоглощение в 5% растворе NaCl снижается на 10%, а в воде снижается на 20% по сравнению с контрольным составом.

Испытания на морозостойкость проводили по основной методике согласно ДСТУ Б В.2.7-49-96. После 37 циклов испытания на морозостойкость образцов вибропрессованного бетона контрольного состава

видны разрушения и сколы. Для состава бетона с расходом УНЧ 0,0225% массы цемента наблюдаются несущественные разрушения после 37 циклов испытания на морозостойкость.

Таким образом, результаты испытаний показали, что для вибропрессованных бетонов с УНЧ увеличивается прочность в 1,5 раза, снижается водопоглощение, а морозостойкость увеличивается на 2 марки по сравнению с контрольным составом без УНЧ.

Теоретически обосновано и экспериментально доказано существование пространственных нанокоркасов, вокруг и внутри которых начинается кристаллизация новообразований и интенсификация структурообразования.

Показано, что прочность бетонов с УНЧ возрастает в 1,32 и 1,55 раза по сравнению с контрольным составом в условиях естественного твердения и ТВО соответственно. Применение тепловлажностной обработки позволяет повысить прочность бетонов с оптимальным содержанием УНЧ 0,0225% массы цемента на 10% по сравнению с бетонами естественного твердения.

Экспериментально установлено, что оптимальное содержание наночастиц составляет 0,0225% от массы цемента. Оптимальная влажность для давления прессования 40 МПа составляет 8,5%.

Ключевые слова: углеродные наночастицы, прочность, структурообразование, прессованный цементный камень, прессованный цементно-песчаный бетон.

Список литературы

1. Чудакова О.А. и др. Роль наночастиц диоксида титана в улучшении свойств строительных растворов: В сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф. «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов», 5–8 октября 2010 г., Белгород. Ч. 1. С. 380–384.
2. Мирошников Е.В., Строчкова В.В., Череватова А.В., Павленко Н.В. Наноструктурированный перлитовый вяжущее и пенобетон на его основе // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 105–106.
3. Пыкин А.А. и др. Регулирование свойств бетонов добавками на основе нанодисперсного шунгита: В сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф. «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов», 5–8 октября 2010 г., Белгород. Ч. 1. С. 292–296.
4. Лукутцова Н.П. Наномодифицирующие добавки в бетон // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 101–104.
5. Урханова Л.А. и др. Исследование возможности применения наномодификаторов в технологии эффективных строительных материалов: В сб. докл. Междунар. науч.-практич. конф. «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов», 5–8 октября 2010 г. Белгород. Ч. 1. С. 351–360.
6. Зеленский О.И. Виды углеродных наночастиц, выделенных из углей и продуктов его термической переработки: Сб. научн. трудов Междунар. научн. конф. «Физико-химические основы формирования и модификации микро- и наноструктур». Харьков, 2009. Т. 1. С. 66–69.

УДК 666.9

В. В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, Л. Н. СОЛОВЬЕВА, канд. техн. наук,
А. В. МАКСАКОВ, инженер, Ю. Н. ОГУРЦОВА, студентка,
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова

Механизм структурообразования строительных композитов с гранулированным наноструктурирующим наполнителем

Конструкционно-теплоизоляционные бетоны, обладающие полифункциональным назначением, широко востребованы в промышленном и гражданском строительстве. Для повышения качества бетонов целесообразно разработать механизмы оптимизации структуры на всех размерных уровнях [1–3].

Физико-механические характеристики легких бетонов зависят от таких свойств наполнителей, как плотность, прочность, гранулометрический состав, количество и степень его адгезии к матрице. При рациональном подборе состава легких бетонов и достаточно прочном наполнителе наиболее слабым участком композита является контактная зона, по которой происходит разрушение. В связи с этим актуальным направлением является разработка наполнителей, способных к активному химическому взаимодействию с цементной матрицей, повышению ее водостойкости и прочности, снижению теплопроводности композита в целом.

Ранее была установлена принципиальная возможность получения гранулированного наноструктурирующего наполнителя (ГНЗ) пролонгированного действия, состоящего из ядра и защитной оболочки на основе скрытокристаллических кремнеземсодержащих минеральных образований и щелочных добавок [4]. Ядром является молотая смесь из кремнеземистого компонента, гидроксида щелочного металла и раствора жидкого стекла в определенном массовом соотношении. Защитная оболочка состоит из молотой извести и кремнефтористого натрия. В результате формируется гранулированный наноструктурирующий наполнитель с размером гранул 5–10 мм и насыпной плотностью 700–750 кг/м³ [4–7].

На основании проведенных исследований предлагается следующий механизм структурообразования материала с гранулированным наноструктурирующим наполнителем, который включает две стадии.

На первой стадии происходит схватывание цементного камня и набор прочности. Твердение композита протекает в естественных условиях. В этот период гранулированный наполнитель выступает как инертный компонент системы, т. е. происходит взаимодействие цементного камня с поверхностью гранулированного наполнителя, а содержимое гранул остается неизменным. На момент окончания первой стадии композит имеет плотную непористую структуру.

Согласно теоретическим представлениям о кинетике гидратации клинкерных минералов, а также экспериментальным исследованиям определено рациональное время, необходимое для достижения цементным камнем 30% прочности.

На второй стадии происходит создание монолитной крупнопористой структуры композита при тепловлажностной обработке в пропарочной камере при температуре изотермической выдержки 80–90°C и режиме пропаривания 3–6–2 ч. В этот период происходит взаимодействие компонентов содержимого гранулированного наполнителя. Оболочка гранул, состоящая из молотой извести и

кремнефтористого натрия, пропускает образующиеся в результате взаимодействия щелочных металлов с активным кремнеземом растворимые гидросиликаты, которые проникают в затвердевшую матрицу между гранулами, заполняя микропоры цементного композита. Таким образом, происходит монолитизация цементного каркаса композита, с одной стороны, и формирование пор на месте ядра гранулированного наполнителя – с другой.

Объем пор, сформированных гранулированным наноструктурирующим наполнителем, можно рассчитать по следующей формуле:

$$V_{\text{м.пор}} = V_{\text{ГНЗ}} - V_{\text{об.}} - V_{\text{н.в.}}, \quad (1)$$

где $V_{\text{м.пор}}$ – объем макропор композита; $V_{\text{ГНЗ}}$ – объем активного гранулированного наполнителя; $V_{\text{об.}}$ – объем плотной оболочки порового пространства ГНЗ; $V_{\text{н.в.}}$ – объем непрореагировавшего вещества ГНЗ.

Плотная, прочная, водонепроницаемая оболочка порового пространства согласно данным количественного полнопрофильного РФА представлена минеральной композицией, мас. %: кальцит – 10, аморфная фаза – 90. Ее толщина определяется количеством вещества защитной оболочки.

Состав непрореагировавшего вещества и его количество определяются составом и реакционной способностью сырья, используемого для получения ГНЗ. Как показали результаты экспериментальных исследований, при использовании 100% реакционного кремнеземистого компонента, в качестве которого при проектировании модельных систем была использована кремнекислота, объем непрореагировавшего вещества ГНЗ равняется нулю. Тогда формула (1) будет иметь вид:

$$V_{\text{пор.}} = V_{\text{ГНЗ}} - V_{\text{об.}} \quad (2)$$

При использовании в качестве кремнеземистого компонента горных пород либо отходов промышленности, по минералогическому составу удовлетворяющих требованиям, предъявляемым к сырью для получения ГНЗ, $V_{\text{н.в.}}$ будет определяться видом и количеством примесей.

Так, объем непрореагировавшего вещества при использовании опоки Коркинского угольного месторождения составляет не более 30% общего объема ГНЗ. Ввиду наличия плотной водонепроницаемой оболочки порового пространства данный остаток не оказывает существенного влияния на прочность и водопотребность композита в целом.

Истинная плотность композита на момент завершения как первой, так и второй стадий остается практически неизменной. Незначительное снижение происходит за счет испарения воды, не вступившей в реакцию гидратации с клинкерными минералами и испарившейся.

Формирование монолитной контактной зоны между ГНЗ и цементной матрицей пропиткой композита содержимым гранул позволяет перераспределить локальную плотность в композите. Это обеспечивает создание

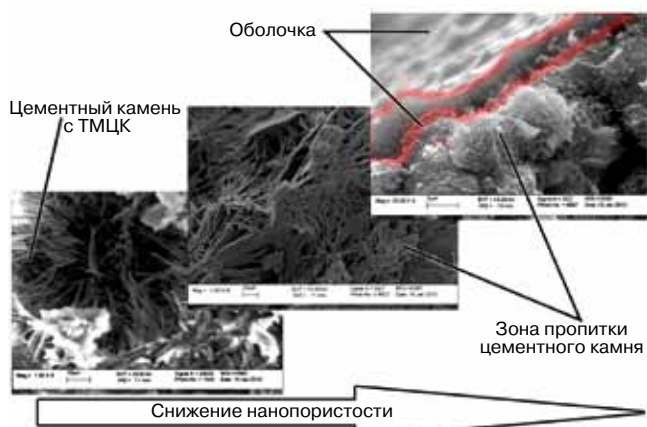


Рис. 1. Зоны гетеропористого композита

плотных стенок пор, препятствующих заполнению пустот водой, и способствует повышению прочности и водостойкости цементного камня. Таким образом, использование гранулированного наноструктурирующего заполнителя позволяет создать макропористую структуру композита с одновременной модификацией матрицы на нано- и микроуровне.

Для обеспечения последовательно направленной гетерогенизации объема композита и интенсификации структурообразования на микроуровне ранее была рассмотрена возможность введения затравок кристаллизации в виде тонкомолотого частично прогидратированного цементного камня (ТМЦК) [9].

Согласно анализу пористости отдельных участков бетона на основе ГНЗ по методу БЭТ¹ зоны гетеропористого композита (рис. 1) проранжированы по степени снижения нанопористости в следующей последовательности: цементный камень² → цементный камень с ТМЦК → зоны пропитки цементного камня содержащим гранул → оболочка порового пространства.

Таким образом, установленная совокупность процессов, протекающих при формировании разработанного композита, является инструментом для проектирования и управляемого синтеза гетеропористого материала через направленное воздействие на его макро-, микро- и наномасштабную структурную организацию (рис. 2).

Дальнейшие исследования направлены на расширение минерально-сырьевой базы компонентов гранулированного наноструктурирующего заполнителя пролонгированного действия с целью адаптации технологии производства материала в различных регионах и привязки к запасам кремнеземсодержащих сырьевых компонентов с достаточной реакционной активностью, а также на разработку экспресс-метода ее определения. С целью расширения области применения эффективных композитов планируется исследование их поведения в агрессивных средах, в том числе при геохимическом выветривании, и определение их долговечности.

Ключевые слова: структурообразование, гранулированный заполнитель, композит, гетеропористость.

Список литературы

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Стройиздат, 1990. 395 с.
2. Бужевич Г.А. Технология и свойства новых видов легких бетонов на пористых заполнителях. М.: Стройиздат, 1971. 207 с.

¹ По данным SoftSorbi-II ver.1.0, БГТУ им. В.Г. Шухова.

² При анализе нанопористости бездобавочный цементный камень использовали в качестве эталона для сравнения и выявления влияния ТМЦК. В разработанном композите он отсутствует.

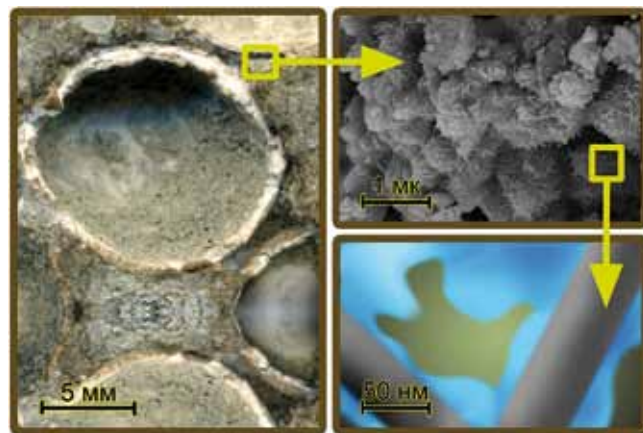


Рис. 2. Структурная организация конструкционно-теплоизоляционного бетона при использовании ГНЗ

3. Юдин И.В., Ярмаковский В.Н. Инновационные технологии в индустриальном домостроении с использованием конструкционных легких бетонов // Строительные материалы. 2010. № 1. С. 15–17.
4. Пат. 2358936 РФ, МПК7 С 04 В 28/04, С 04 В 20/00, С 04 В 40/02. Гранулированный заполнитель на основе кремнистых цеолитовых пород для бетонной смеси, состав бетонной смеси для получения бетонных строительных изделий, способ получения бетонных строительных изделий и бетонное строительное изделие / Гридчин А.М., Строкова В.В., Лесовик Р.В., Соловьева Л.Н., Мосьпан А.В. // Заявл. 15.11.07. Оpubл. 20.06.09. Б.И. № 17. С. 9.
5. Пат. 2358937 РФ, МПК С 04 В 28/04, С 04 В 20/00, С 04 В 40/02, С 04 В 111/27. Гранулированный заполнитель на основе перлита пород для бетонной смеси, состав бетонной смеси для получения бетонных строительных изделий, способ получения бетонных строительных изделий и бетонное строительное изделие / Лесовик В.С., Строкова В.В., Лесовик Р.В., Соловьева Л.Н., Мосьпан А.В. // Заявл. 15.11.07. Оpubл. 20.06.09. Б.И. № 17. С. 10.
6. Пат. 2361834 РФ, МПК С 04 В 28/04, С 04 В 20/00. Гранулированный заполнитель на основе природных осадочных высококремнеземистых пород для бетонной смеси, состав бетонной смеси для получения бетонных строительных изделий, способ получения бетонных строительных изделий и бетонное строительное изделие / Строкова В.В., Соловьева Л.Н., Ходыкин Е.И., Гринев А.П., Сопин Д.М., Мосьпан А.В. // Заявл. 15.11.07. Оpubл. 20.07.09. Б.И. № 20. С. 11.
7. Пат. 2361835 РФ, МПК С 04 В 28/04, С 04 В 20/00, С 04 В 40/02, С 04 В 111/27. Гранулированный заполнитель на основе стеклобоя для бетонной смеси, состав бетонной смеси для получения бетонных строительных изделий, способ получения бетонных строительных изделий и бетонное строительное изделие / Строкова В.В., Мосьпан А.В., Соловьева Л.Н., Лесовик Р.В. // Заявл. 15.11.07. Оpubл. 20.07.09. Б.И. № 20. С. 8.
8. Ходыкин Е.И., Соловьева Л.Н., Мосьпан А.В. Перспективы использования кремнеземсодержащего сырья для получения гранулированного заполнителя легких бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2008. № 1. С. 9–11.
9. Строкова В.В., Соловьева Л.Н. Оценка влияния кристаллических затравок на процессы структурообразования цементного камня // Строительные материалы. 2009. № 3. С. 97–98.

УДК 691.322:621.21:620.3

Н.П. ЛУКУТЦОВА, д-р техн. наук, А.А. ПЫКИН, инженер, Е.Г. КАРПИКОВ, магистр,
Брянская государственная инженерно-технологическая академия

Особенности структурообразования цементного камня с углерод-кремнеземистой нанодисперсной добавкой

Современные тенденции развития строительной индустрии связаны с необходимостью разработки новых технологий получения высококачественных и долговечных цементных композитов в условиях минимизации материальных, энергетических и трудовых затрат. При этом актуальной проблемой является экономия цемента и интенсификация его гидратации.

Одним из решений данной проблемы может быть модифицирование структуры цементных композитов нанодисперсными порошками оксидов металлов и углеродными наночастицами.

Для получения более доступных по стоимости наномодификаторов наиболее приемлемым является использование суспензий, приготовленных из минеральных наполнителей, уже содержащих наноструктурную составляющую, например из шунгитов, серпентинитов, смектитов, палыгорскитов, хризотила и др. [1].

Целью работы является исследование влияния углерод-кремнеземистой нанодисперсной (УКН) добавки на структурообразование и прочность цементного камня (ЦК).

Для получения УКН-добавки использовали отходы от производства облицовочных материалов из шунгитового камня Зажогинского месторождения (Карелия) III разновидности с содержанием углерода 28–32% и 51–67% диоксида кремния.

Особенностью структуры шунгита является присутствие углеродной фазы, представляющей собой аморфную форму углерода с графитоподобными слоями длиной 4–6 нм, которые сблокированы в пачки с количеством слоев от 3 до 8. Пачки создают глобулярные фуллереноподобные образования размером 10–20 нм с луковичной структурой, а также эллипсоидные многослойные частицы размером от 6 до 10 нм [2].

Несмотря на отсутствие химических связей между породообразующими минералами шунгита (кремнезем – основной, а кианит, альбит, микроклин, доломит, кальцит, гидрослюда, хлорит – примеси) и углеродом, они представляют собой две взаимопроникающие фазы с контактной поверхностью около 20 м²/г и не разделяются даже при диспергировании до размеров 1 мкм [2].

Приготовление УКН-добавки осуществляли в два этапа. Вначале производили помол применяемых отходов совместно с ПАВ нафталин-формальдегидного типа (НФТ) в шаровой мельнице в течение 1 ч. Выбор типа мельницы, времени операции, а также использование ПАВ обусловлены возможностью повышения эффективности измельчения шунгитовых отходов до порошка с большей удельной поверхностью при минимальных затратах энергии на помол.

Далее проводили диспергирование полученного порошка с удельной поверхностью 320–350 м²/кг в воде при его концентрации 1 г/100 мл под воздействием ультразвука с частотой 22 и 35 кГц.

Наиболее оптимальным условием ультразвукового диспергирования (УЗД) шунгитового порошка в присутствии ПАВ НФТ является воздействие ультразвуком с частотой 35 кГц в течение 15 мин при температуре водной среды (20±2)°С.

В результате образуется суспензия, которая в возрасте 3 сут содержит 72% частиц размером 100–300 нм и 28% частиц размером 300–500 нм, что подтверждают данные фотон-корреляционной спектроскопии. При этом в возрасте 3 мес суспензия практически не теряет свою устойчивость: около 89% частиц имеет размер 300–400 нм.

При тех же равных условиях снижение частоты ультразвука до 22 кГц нецелесообразно, так как около 58% шунгитовых частиц после УЗД имеют размер 400–700 нм в возрасте 3 сут. Полученная суспензия менее устойчива, поскольку через 3 мес происходит агрегация частиц.

Исследование структуры твердой фазы и характера ее распределения в объеме водной среды осуществляли сканирующей электронной микроскопией (СЭМ) на микроскопе Quanta 600 FEG. Полученные суспензии помещали на подложки и высушивали до образования пленок.

Результаты исследования показали, что пленки, полученные из шунгита, не содержащего ПАВ НФТ, представляют собой агрегаты частиц, неравномерно распределенные по объему, размером свыше 1000 нм. Отдельные агрегаты достигают размера 15 мкм.

В то же время в пленках, полученных из шунгита с ПАВ НФТ, наблюдается более плотное и равномерное распределение частиц.

Методом микронного анализа установлено, что элементный состав центральной части пленки шунгита с ПАВ НФТ включает, %: Si – 85,11; C – 3,28; O – 10,27; Al – 0,6; P – 0,18; S – 0,15; K – 0,23; Fe – 0,18. У края пленки химический состав отличается от центральной части, %: C – 60,79; Si – 6,25; O – 16,42; Na – 8,82; Mg – 1,19; Al – 0,3; P – 0,05; S – 18,77; K – 0,54; Ca – 3,41; Fe – 0,35.

Это скорее всего связано с тем, что ультразвуковое диспергирование шунгитового порошка способствует разделению его углеродной и кремнеземистой фаз. При этом кремнеземистая составляющая шунгита, отделенная от углерода, под действием ультразвука подвергается диспергированию, вследствие чего образуются более мелкие микро- и наноразмерные частицы с аморфизированным поверхностным слоем (рис. 1). В свою очередь, анионы ПАВ НФТ препятствуют обратной агрегации углеродных наноструктур и образующихся микро- и наночастиц SiO₂.

Для изучения влияния УКН-добавки на структурообразование и прочность цементного камня изготавливали образцы размером 3×3×3 см из цементного теста. Использовали портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Н РУП «Белорусский цементный завод».

В качестве добавки применяли суспензию, полученную при наиболее оптимальных условиях, представленных ранее, которую вводили в количестве 1,5 и 10% массы цемента вместе с водой затворения.

Установлено, что введение УКН-добавки в количестве 1% приводит к изменению pH воды затворения от 7,12 до 6,87, а при 5 и 10% – до 6,97 и 7,25 соответственно. Подкисление воды затворения связано с наличием в составе углеродной фазы шунгита элементной серы, высво-

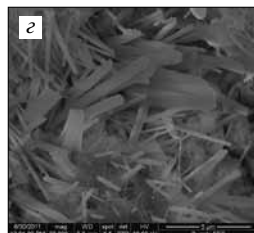
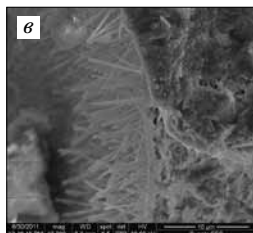
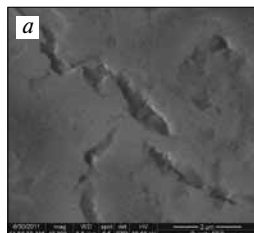
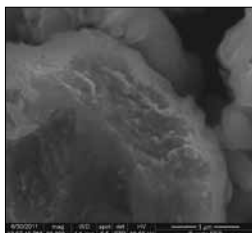


Рис. 1. Результаты сканирующей электронной микроскопии пленок из частиц шунгита после УЗД с ПАВ, поверхность кремнезема, отделенная от углерода, $\times 80000$

Рис. 2. Особенности микроструктуры цементного камня в возрасте 28 сут: а – трещины в микропоре контрольного ЦК, $\times 40000$; б – зарастающая трещина с новообразованиями ЦК с добавкой, $\times 40000$; в – морфология новообразований ЦК с добавкой на границе микропоры, $\times 10000$; г – морфология новообразований ЦК с добавкой внутри микропоры, $\times 20000$

Состав	НГ, %	Сроки схватывания, мин		Предел прочности при сжатии, МПа			
		начало	конец	1 сут	3 сут	7 сут	28 сут
Без добавки	25,75	215	328	29,7	30,3	35,9	43,4
1% добавки	25,25	193	300	41,6	48,8	62,4	87,6
5% добавки	24,75	186	285	37,7	41,3	55,5	74
10% добавки	24,5	183	277	35,5	37,6	48,9	61,9

бождаемой под действием ультразвука, что подтверждается микронзондовым анализом. Сера вступает в химическую реакцию с кислородом и водой с образованием сульфат-ионов, способствующих снижению pH системы [3].

В то же время введение УКН-добавки в количестве 10% приводит к незначительному повышению pH воды затвердения от 7,12 до 7,25, что связано с увеличением содержания в системе подщелачивающих анионов ПАВ НФТ.

Известно, что подкисление цементных и растворных смесей способствует образованию более высокой концентрации ионов кальция по $\text{Ca}(\text{OH})_2$, а чем выше степень оптимального перенасыщения жидкой фазы по отношению к гидратным фазам по Ca^{2+} , тем больше скорость гидратообразования и твердения [4, 5].

По данным рентгенофазового анализа установлено, что при введении добавки в количестве 1% происходит перераспределение содержания $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в твердеющем цементном камне. Через 1 сут твердения интенсивность отражения портландита резко повышается от 203 до 850 имп/с, затем наблюдается снижение до 525 имп/с через 3 сут, до 426 имп/с через 7 сут, до 213 имп/с через 28 сут твердения цементного камня.

Результаты СЭМ показали, что структура цементного камня (ЦК) с УКН-добавкой в возрасте 28 сут (рис. 2, а, б) имеет в трещинах (рис. 2, б) и микропорах (рис. 2, в, г) волокнистые столбчатые кристаллы длиной 0,5–10 мкм, шириной 0,3–1,5 мкм.

Морфология данных кристаллов характерна для гидросиликатов кальция типа $\text{CSH}(\text{I})$ и $\text{CSH}(\text{II})$, количество которых, по данным рентгенофазового анализа, в бездобавочном ЦК меньше на 38–40%.

Образование дополнительного количества продуктов гидратации, способствующих уплотнению структуры и повышению прочности цементного камня, происходит за счет взаимодействия интенсивно выделяющегося портландита с аморфизированной поверхностью кремнеземистой фазы добавки. При этом углеродные наночастицы скорее всего выполняют роль центров кристаллизации новообразований при твердении цементного камня [6].

Анализ полученных результатов показал (см. таблицу), что УКН-добавка способствует ускорению схватывания и твердения цементного теста. Начало схватывания наступает на 22–32 мин, а конец – на 28–51 мин раньше, чем у цементного теста без добавки.

При этом прочность цементного камня возрастает в 1,2–1,4 раза через 1 сут, в 1,2–1,6 раза через 3 сут, 1,4–

1,7 раза через 7 сут, 1,4–2 раза через 28 сут твердения. Максимальный прирост прочности ЦК наблюдается при введении добавки в количестве 1%.

Таким образом, применение углерод-кремнеземистой нанодисперсной добавки на основе шунгита, полученной ультразвуковым диспергированием, способствует ускорению гидратации цемента, снижению сроков схватывания цементного теста, образованию дополнительно количества низко- и высокоосновных гидросиликатов кальция, а также повышению прочности цементного камня как в ранние, так и в поздние сроки твердения.

На технологию получения углерод-кремнеземистой нанодисперсной добавки на основе шунгита получено положительное решение по заявке на полезную модель [7].

Ключевые слова: шунгит, ультразвуковое диспергирование, нанодисперсная добавка, структурообразование, цементный камень.

Список литературы

1. *Войтович В.А.* Нанонаука, нанотехнологии, строительные наноматериалы // *Стройпрофиль*. 2006. № 6 (52). С. 43–45.
2. *Калинин Ю.К.* Структура углерода шунгитов и возможности существования в нем фуллеренов // *Химия твердого топлива*. 2002. № 1. С. 20–28.
3. *Рафиенко В.А.* Технология переработки шунгитовых пород. Москва: ГЕОС, 2008. 216 с.
4. *Королев Е.В., Баженов Ю.М., Береговой В.А.* Модифицирование строительных материалов наночастицами и фуллеренами // *Строительные материалы*. 2006. № 8 / Наука. С. 2–4.
5. *Брыков А.С., Камалиев Р.Т., Корнеев В.И. и др.* Влияние ультрадисперсных кремнеземов на гидратацию портландцемента и состав цементного камня // *Цемент и его применение*. 2009. № 1. С. 91–93.
6. *Лукутцова Н.П., Пыкин А.А., Костюченко Г.В.* К вопросу о повышении свойств мелкозернистого бетона микро- и нанодисперсными добавками на основе шунгита // *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2011. № 2. С. 16–21.
8. Энергоэффективная технологическая линия производства нанодисперсной добавки для бетонов / *Н.П. Лукутцова, С.А. Ахременко, А.А. Пыкин и др.* // Положительное решение по заявке на полезную модель № 2011113558/03 от 07.04.2011 г.

Е.В. ГОНЧИКОВА, канд. техн. наук (egonchikova@mail.ru),
Н.В. АРХИНЧЕЕВА, канд. хим. наук, Е.В. ДОРЖИЕВА, инженер, Восточно-Сибирский
государственный технологический университет (Улан-Удэ, Республика Бурятия)

Наномодифицирование цементного камня введением многокомпонентного золя

Особая роль в задачах формирования оптимальной структуры цементных композитов отводится воде затворения как основному компоненту, который определяет кинетику обособленных процессов гидратации и структурообразования. В настоящее время большое количество исследований посвящено золь-гель-технологии в производстве строительных материалов [1–3].

Интерес к золь-гель-технологии связан с тем, что при использовании золя как добавки в бетон при небольших дозировках получается бетон с высокими физико-механическими свойствами. Существует несколько гипотез механизма действия золя, связанных либо со свойствами самих частиц, а именно с высокой удельной поверхностью, либо с их способностью взаимодействовать на воду, превращая ее в более активный компонент вяжущей системы. Но большинство авторов склоняются к идее, что использование золя как добавки в бетон состоит в создании дополнительного структур-

ного элемента, обладающего высокой удельной поверхностью и повышающего гидратационную активность цемента, что в свою очередь способствует сокращению количества пор и микрокапилляров [1].

Следует отметить, что все известные работы посвящены исследованиям однокомпонентных зелей, существующих в нейтральной среде, при этом они получены либо из щелочной среды путем разбавления жидкого стекла водой, либо из кислой среды при гидролизе хлорида железа и сульфата алюминия [3].

В данной работе исследовали многокомпонентный золь, содержащий одновременно кремниевую кислоту, гидроксид алюминия, гидроксид железа и хлорид кальция (табл. 1).

Учитывая, что для бетона существуют определенные требования к pH воды затворения (pH воды должен быть больше 4), а исследуемый золь имеет сильнокислую среду, представляло интерес исследовать значение pH водных растворов для цементных и бетонных композиций при водоцементных соотношениях соответственно 0,24 и 0,36. Значения В/Ц выбраны из расчета нормальной густоты цементного теста и получения жестких бетонных смесей. Дозировка вводимого золя составляла 0,2–1% (табл. 2).

Снижение pH с увеличением дозировки золя свидетельствует об изменении ионного произведения воды, вызванного сорбцией гидроксильных групп OH^- на поверхности введенного в жидкость золя. При специфической сорбции анионов воды на поверхности частиц золя возникает избыточный отрицательный заряд, изменяющий ориентацию дипольных молекул воды. Результатом этого является изменение равновесия в диссоциации кислотных и основных групп, приводящее к разрушению близкодистанционных связей между молекулами воды и образованию избыточного количества активных ионов H_3O^+ , H^+ . Таким образом, в случае наноструктурного модифицирования введением золя происходит ориентационное взаимодействие молекул воды с частицами золя,

Таблица 1

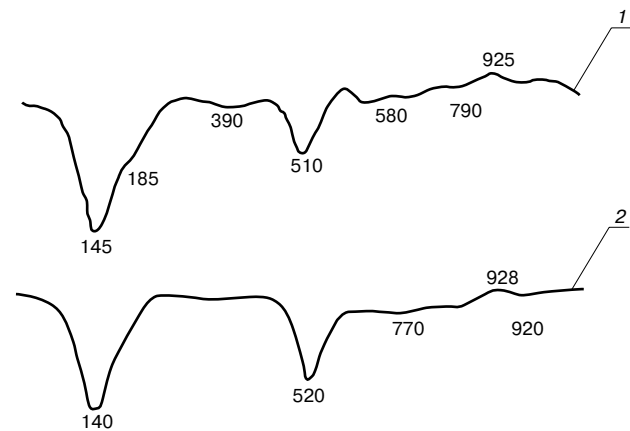
pH	ρ , г/см ³	Расчетное содержание в 100 г золя, г			
		H_4SiO_4	$\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$	CaCl_2
2,48	1,04	0,99	0,24	0,11	0,381

Таблица 2

Дозировка золя, %	pH водного раствора затворения цемента	pH водного раствора затворения бетонной смеси
0,2	5,8	5,1
0,4	5,4	4,8
0,6	4,9	4,6
0,8	4,5	4,5
1	4,1	4,4

Таблица 3

Время твердения, сут	Условия твердения	Количество золя, % массы цемента					
		0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
		Предел прочности при сжатии, МПа					
3	В воде	46	59	55,1	51,2	53,5	48,8
7	В воде	49	63	62	62	55,4	49,7
7	В воде, сушка 1 ч при $t=100^\circ\text{C}$	51,8	77,5	89,8	87,2	80,5	69,7
28	В воде	60	65,4	70,9	68,5	66,1	62,5
28	В воде, сушка 1 ч при $t=100^\circ\text{C}$	60,1	90,2	99,7	87	83,1	79



Дериватограммы образцов цементного камня с золе содержащей добавкой в возрасте 28 сут: 1 – контрольный; 2 – с добавкой золя № 3

переводящее систему в активированное состояние. В водной среде с золом возникает новая структура, зависящая от межмолекулярного взаимодействия, в значительной мере искажающая собственную структуру чистой воды, при этом пространственная водородная сетка не разрушается, и ее устойчивость не нарушается. Частицы золя выступают как стабилизаторы процессов самоорганизации водной системы. Развитие данного процесса приводит к возникновению вторичной наноструктуры – фрактальной сетки, которая располагается во всем объеме воды.

Были изготовлены образцы цементного камня пластичного формования размером 2×2×2 см при постоянном В/Ц= 0,24 в количестве 6 шт. на каждую серию. Образцы хранились в стандартных условиях, использовали портландцемент М500Д0 Тимлюйского цементного завода. Полученные образцы испытывали на сжатие (табл. 3) и водопоглощение. С целью ускорения гелеобразования часть образцов подвергали сушке до постоянной массы. Для определения оптимальной дозировки золя вводили в различных количествах 0,2–1% массы цемента.

Анализ полученных результатов выявляет тенденцию повышения прочностных характеристик при введении в цементный камень золя. Следует отметить, что гелеобразование не заканчивается в возрасте 28 сут, об этом свидетельствует повышение прочности при высушивании.

Ряд исследователей полагает, что механизм действия наночастиц золя может быть связан с воздействием на воду, превращением ее в более активный по отношению к вяжущему реагент. Поэтому представляло интерес исследовать влияние золя на свойства воды, в которой хранились образцы. Часть образцов из цементного теста без добавки и с добавкой золя хранили 7 сут в дистиллированной воде, часть – в воде с добавкой золя. В воду для хранения образцов вводили такое же количество золя, как и для затворения образцов. Значения предела прочности при сжатии в зависимости от условий хранения представлены в табл. 4.

Как показывают результаты, в обоих случаях прочность при хранении образцов в воде с добавкой золя немного повышается, что косвенно свидетельствует о повышении химической активности воды в случае добавления золя в воду для хранения образцов.

Известно, что наночастицы обладают высокой удельной поверхностью, что приводит не только к повышению гидратационной активности цемента, но и к коагуляции пор и микрокапилляров цементного камня, к снижению водопоглощения. Данный факт под-

Таблица 4

Условия хранения	Предел прочности образцов при сжатии, МПа, в возрасте 7 сут	
	без добавки	с добавкой
В дистиллированной воде	53,7	61,7
В воде с добавкой золя	62,2	67,7

твержден определением водопоглощения цементных образцов с добавкой золя. Водопоглощение по массе и объему, характеризующее открытую пористость, понижается на 50–70%. Выявлено, что наибольшее снижение водопоглощения наблюдается в случае использования модифицированной воды затворения с концентрацией золя 0,4–0,6%. В этом же интервале концентраций золя в воде затворения наблюдается увеличение предела прочности при сжатии цементного камня.

Повышение гидратационной активности цемента в присутствии золя кремниевой кислоты, гидроксидов железа и алюминия подтверждается данными дериватографического анализа. На дериватограмме цементного камня с добавкой (см. рисунок) выявляются более глубокие эндотермические эффекты по сравнению с контрольным образцом, связанные с удалением более прочно химически связанной воды при 185; 390; 580; 790°С. При этом критерием оценки повышения гидравлической активности является эндоэффект при температуре 510°С, связанный с дегидратацией извести, который на кривой ДТА образцов с добавкой меньше, чем у контрольных образцов. Это означает, что большее количество извести вступило в реакцию с кремнеземом с образованием гидросиликатов. Эндоэффект при температуре 790°С, связанный с дегидратацией силикатов, также более глубокий у образцов с добавкой. Появившиеся дополнительные небольшие эндоэффекты у образцов с добавкой при 185, 380 и 580°С обусловлены ступенчатой потерей воды из коллоидных гидроксидов железа и алюминия.

Наноструктурное модифицирование воды затворения, заключающееся в применении многокомпонентного золя, приводит к улучшению реологических характеристик цементного теста и физико-механических свойств цементного камня, изготовленного на его основе, за счет активации жидкой фазы и физико-химических процессов, сопровождающих формирование структуры композитов.

Ключевые слова: многокомпонентный золь, показатель pH, прочность, цементный камень, бетон.

Список литературы

1. Войтович В.А., Хряпченкова И.Н., Яворский А.А. Нанотехнологии в производстве силикатного кирпича // Строительные материалы. 2010. № 3 / Наука. С. 60–61.
2. Комохов П.Г. Золя-гель как концепция нанотехнологии цементного композита, структура системы и пути ее реализации // Строительные материалы. 2006. № 9 / Наука. С. 14–15.
3. Коробов Н.В., Которажук Я.Д., Старчуков Д.С. Высокопрочный бетон. Патент RU № 2331602 РФ, С04В28/04 // 20.08.2008.

В.А. ЕЗЕРСКИЙ, д-р техн. наук, Белостокский технический университет (Республика Польша); П.В. МОНАСТЫРЕВ, д-р техн. наук, Н.В. КУЗНЕЦОВА, канд. техн. наук, И.И. СТЕРХОВ, инженер, Тамбовский государственный технический университет

Перспективы применения наномодифицированного бетона

Задача инновационного развития строительного комплекса Российской Федерации позволила сформулировать перспективные направления исследований в строительной науке. Одним из важнейших направлений в строительном материаловедении является разработка бетона нового поколения, сверхплотного и высокопрочного, ультрапористого, высокотеплоэффективного, особокоррозионно-стойкого и др. Выбор такого направления обусловлен экстремальными эксплуатационными воздействиями на здания и сооружения, а именно: постоянно возрастающей высотой строящихся зданий; разнообразной динамикой нагрузок; необходимостью строительства в сейсмоопасных районах; необходимостью эксплуатации в широком температурном диапазоне и при подверженности различным химико-физическим воздействиям [1].

Как известно, бетон нового поколения представляет собой высокотехнологичные бетонные смеси и бетон с добавками, приобретающий и сохраняющий требуемые свойства при твердении и службе в любых эксплуатационных условиях. Отличительной особенностью бетона нового поколения является многокомпонентность, что подразумевает использование разнообразных минеральных дисперсных компонентов, двух-трехфракционного мелкого и крупного заполнителя, комплексных химических добавок, комбинаций полимерной и стальной фибры [2].

Проектный уровень прочности и эксплуатационных свойств бетона нового поколения достигается качественным подбором состава, выбором технологии изготовления, уходом за бетоном, доведением качества бетонных изделий до требуемого уровня технического состояния на стадии эксплуатации. Однако для получения высокотехнологичного бетона необходимо направленное формирование структуры [3].

Наряду с традиционными способами регулирования структуры бетона нового поколения перспективной также является модификация бетона наноразмерными частицами, при введении которых в минеральную матрицу вяжущего происходит ее структурирование; в результате получают наномодифицированные материалы с совершенно новыми свойствами.

В настоящее время получены различные виды наночастиц. Молекулярные углеродные кластеры представляют частицы размером 10–100 нм и имеют упорядоченную пространственную структуру из атомов углерода, связанную посредством сил молекулярного взаимодействия.

Можно ожидать, что введение в состав бетона наночастиц приведет к улучшению структуры цементного камня, повышению его трещиностойкости, динамической вязкости. Нанотрубки ведут себя в цементном растворе как центры кристаллообразования, но поскольку они имеют не точечную, а протяженную форму, кристаллы образуются вытянутые. Разрастаясь, кристаллы переплетаются, частично прорастают друг в друга и об-

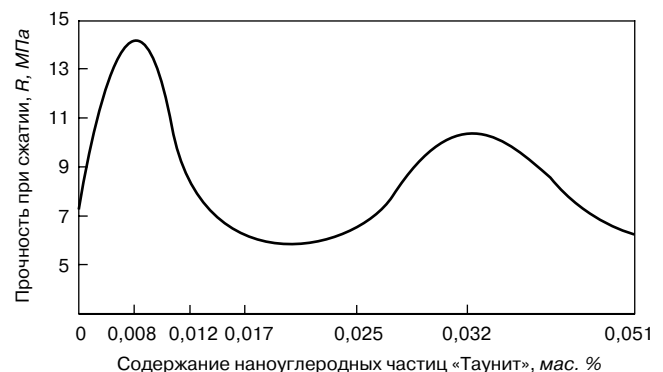
разуют пространственную сеть, пронизывающую и связывающую в единое целое весь цементный камень.

Основной проблемой создания наномодифицированных бетонов является равномерное распределение наноматериала в объеме цементной матрицы, что особенно важно в случаях добавления модификатора в микроколичестве. Для решения этой проблемы необходима дополнительная среда, образующая в композите непрерывную фазу. Эту функцию может выполнять жидкая или дисперсная фаза.

В настоящее время существует несколько способов введения и равномерного распределения наноматериала: использование слабых растворов или суспензий, получаемых методами последовательного разбавления для введения в связующее; использование слабых растворов или суспензий для обработки поверхности объектов перед нанесением защитных пленочных покрытий; приготвление водной суспензии в гидродинамическом ультразвуковом диспергаторе и смешивание с основным материалом связующего с использованием стандартного оборудования; обработка поверхности высокодисперсного наполнителя перед его введением в композиционный материал; введение наноструктурированной добавки в бетонную смесь при совместном их перемешивании [4, 5].

Авторами проводились исследования модифицированных бетонных материалов с использованием углеродных нанотрубок «Таунит», разработанных ООО «Тамбовский инновационный технологический центр машиностроения». Введение нанотрубок в цементную матрицу выполнялось путем диспергирования в воде затворения с помощью ультразвуковых источников. Результаты экспериментальных исследований наномодифицированного бетона показали зависимость прочностных характеристик от количества вводимого углеродного наноматериала (см. рисунок). Прочность при сжатии возрастала на 30–90% при изменении количества углеродного наноматериала «Таунит» в пределах от 0,008 до 0,032% массы цемента [6].

Один из первых примеров использования легкого конструкционного фибробетона на основе базальтовой микрофибры, модифицированной нанокластерами



углерода, — реконструкция моста через Волгу в г. Кимры в 2006–2007 гг., что позволило существенно уменьшить толщину плиты с 20 до 13 см и отказаться от ее гидроизоляции.

Одним из перспективных направлений использования наномодифицированного бетона является производство комплексных сухих добавок, позволяющих использовать многокомпонентную комплексную добавку в условиях стандартного оборудования бетонных заводов. Введение в эксплуатацию в 2008 г. специализированной полуавтоматической линии мощностью до 800 т смеси в месяц позволило перейти к другому проекту с использованием высокопрочного наномодифицированного бетона при реконструкции моста через р. Вятку, который был принят в эксплуатацию в 2008 г.

Анализ современных тенденций исследования новых строительных технологий и материалов в экономически развитых странах мира позволяет утверждать, что основой динамичного внедрения в практику на ближайшие 10–20 лет станут материалы и технологии, полученные на основе достижений и разработок в области нанотехнологий. По прогнозам ученых-экономистов, к 2015 г. стоимость нанотехнологической продукции в общемировом промышленном производстве должна составить 1 трлн долларов.

Несмотря на то что начался период внедрения в производство разработок, связанных с наномодифицированным бетоном, следует отметить тот факт, что появившееся направление в бетоне требует больших дополнительных исследований особенностей структурообразования; условий повышения эксплуатационных свойств; определения вида наномодификатора и его носителя; разработки способов введения наномодификатора, обеспечивающих его однородное распределение на границе раздела фаз; технико-экономической оценки

эффективности нанотехнологий в производстве бетона и изделий из него.

Ключевые слова: бетон нового поколения, наномодифицированный бетон, наночастицы, модификация структуры.

Список литературы

1. *Чернышов Е.М.* К проблемам развития исследований и разработок в области материаловедения и высоких строительных технологий: основные акценты: В сб. «Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии». Казань, 2010. Т. 1. 2010. С. 8–9.
2. *Уиеров-Маршак А.В.* Современный бетон и его компоненты // Бетон и железобетон. 1999. № 2. С. 20–25.
3. *Сахибгареев Р.Р.* Направления и механизмы управления процессами структурообразования цементных композитов: В сб. «Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии». Казань, 2010. Т. 1. С. 53–56.
4. *Леонтьева А.И., Утробин Н.П., Орехов В.С., Дьячкова Т.П.* Продукты органического синтеза XXI века и технологии их производства с использованием наноматериалов: В кн. «Фундаментальная наука — Центральной России». Тамбов, 2007. С. 344–346.
5. *Леонтьева А.И., Чернов А.А., Манелюк Б.И., Брянкин К.В., Леонтьев Е.А.* Исследование сорбционной активности поверхности инертных тел // Химия и химическая технология. 2003. Т. 46. Вып. 7. С. 12–16.
6. *Жданов А.А., Кузнецова Н.В., Жариков В.В.* Получение композиционных строительных материалов с применением наноструктурных углеродных материалов: Материалы I Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Тамбов, 2009. С. 36.

International Forum of «Housing Public Facilities-Expo-2011»
2-4 ноября
2-4 of November

Международный Форум «ЖКХ-Экспо-2011»

ЖКХ Экспо 2011 Астана

V Специализированная выставка «ЖКХ-Экспо»
II Международная конференция «Жилищно-коммунальный сектор Республики Казахстан: проблемы, решения и перспективы»

Партнеры

Организатор
Выставочная компания ООО «СибЭкспоСервис-Н»
г. Новосибирск, тел. (383)3356350,
e-mail: ses@avmail.ru
www.ses.net.ru

Официальная поддержка: Агентство РК по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства. Акимат г. Астаны

- Энергосбережение. Инновационные технологии.
- Энергоснабжение, теплоснабжение.
- Системы водоснабжения, водоочистки и водоотведения.
- Современные строительные технологии и материалы.
- Системы отопления, вентиляции, канализации.
- Проектирование. Строительство.
- Строительная, коммунальная техника и оборудование.
- Электротехническое и электрооборудование.
- Инженерные сети, коммуникации.
- Лифтовое хозяйство.
- Сбор и утилизация бытовых и промышленных отходов.
- Инфраструктура, благоустройство и озеленение.
- Ландшафтный дизайн и архитектура.

А.И. БУРНАШЕВ, инженер (airatbyr@rambler.ru),
Л.А. АБДРАХМАНОВА, Р.К. НИЗАМОВ, В.Г. ХОЗИН, доктора техн. наук,
И.В. КОЛЕСНИКОВА, В.Х. ФАХРУТДИНОВА, кандидаты техн. наук,
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Наномодифицированная древесная мука – эффективный наполнитель поливинилхлоридных композиций*

Ключевой проблемой при создании древесно-полимерных композитов на основе поливинилхлорида (ПВХ) является трудность переработки их в изделия и значительное снижение прочностных показателей пленочных образцов при введении органического наполнителя более 40 мас.%, обусловленное низкой адгезией древесной муки к полимеру.

Так как ПВХ и древесная мука – полярные полимеры с сильно выраженными кислотными характеристиками [1], авторами разработан механизм изменения кислотно-основных показателей поверхности органического наполнителя модификаторами неорганической и органической природы из числа наноразмерных. При снижении концентрации кислотных центров на поверхности древесной муки появляется возможность увеличения взаимодействия на границе ПВХ – древесная мука.

В качестве наномодификаторов авторами были использованы модификатор неорганической природы – кремнезоль и углеродные нанотрубки в составе композиции, состоящей из 100 мас. ч. ПВХ, 7 мас. ч. модификатора ударной прочности, 5 мас. ч. комплексного термостабилизатора и 50 мас. ч. древесной муки (сосновой).

Кремнезоль (золь оксида кремния) – бесцветный или слабоокрашенный желтоватого или сероватого оттенка коллоидный раствор. Стабильность коллоидной системы обеспечивается содержанием в растворе гидроксида натрия, поэтому раствор имеет щелочную реакцию (рН = 10,3). Плотность кремнезоля равна 1,2 г/см³, концентрация диоксида кремния 330–340 г/л, концентрация оксида натрия 3,4 г/л.

Углеродные нанотрубки (УНТ) – это цилиндры, полученные при свертывании без швов плоской гексагональной сетки графитового слоя – поверхности, выложенной правильными шестиугольниками с атомами углерода, расположенными в вершинах. В работе применяли многослойные УНТ Graphistrength™ фирмы Arcema, диспергированные в дистиллированной воде, имеющие 10–15 слоев трубок с внешним диаметром 10–15 нм, длиной 1–15 мкм и средней плотностью 50–150 кг/м³.

Для исследований ПВХ-композиций были получены образцы пленок методом термопластикации на лабораторных вальцах с фрикцией 1:1,25 при температуре валков

160–180°C в течение 5–6 мин в зависимости от состава композиции при толщине зазора между валками 8–13 мкм.

Определяли следующие технологические и эксплуатационно-технические показатели: прочность при растяжении, показатель текучести расплава (ПТР) при 190°C и нагрузке 21,6 кг и термостабильность при 175°C (рис. 1).

Рост прочности наномодифицированных образцов связан в случае кремнезоля с изменением кислотно-основных характеристик древесной муки за счет включения активных щелочных групп кремнезоля на поверхность наполнителя.

Для образцов, обработанных УНТ, рост прочности вызван высокой механической прочностью углеродных нанотрубок, работающих подобно ультрадисперсной арматуре.

Для оценки изменения кислотных характеристик древесной муки было проведено титрование наномодифицированной муки по известной методике [2–4]. В результате получены показатели, объясняющие рост прочности за счет улучшения межфазной адгезии полимера к древесной муке. Концентрация кислотных центров показана в табл. 1. Видно, что при оптимальном соотношении кремнезоля и УНТ концентрация кислотных центров древесной муки падает, что способствует кислотно-основному взаимодействию между частицами древесной муки и ПВХ.

Для оценки природы взаимодействия нанодобавок с древесной мукой были сняты ИК-спектры образцов в виде суспензии в вазелиновом масле на IR-FT Spectrometer Spectrum One (Perkin Elmer) в области 4000–400 см⁻¹ с использованием пластинок из КВг.

В спектрах образцов содержится практически одинаковый набор полос поглощения, поэтому рассчитано содержание структурных групп в средней молекуле целлюлозы в виде отношения интенсивностей полос поглощения и реперной полосы поглощения (п.п.) 1460 см⁻¹, соответствующей колебаниям С-Н-связей. Содержание структурных групп в средней молекуле целлюлозы древесной муки показано в табл. 2. Ароматичность оценена по п.п. 1600 см⁻¹, соответствующей колебаниям ароматической С=C-связи. Содержание метильных групп оценено по п.п. 1370 см⁻¹, содержание С=О-групп по п.п. 1740 см⁻¹ в эфирах. Полосу поглощения 1660 см⁻¹ можно отнести также к колебаниям С=О-групп.

Таблица 1

Древесная мука	Концентрация кислотных центров, ммоль/г
Исходная	0,125
Модифицированная 0,35% кремнезольем	0,071
Модифицированная 0,008% УНТ	0,094

Таблица 2

Древесная мука	Ароматичность	Содержание структурных групп			
		SiC	SiO	C=Oам	C=Oэф
Исходная	0,75	0,1	0,7	0,7	0,6
Модифицированная 0,35% кремнезольем	0,67	0,14	0,82	0,59	0,56
Модифицированная 0,008% УНТ	0,45	–	–	0,43	0,39

* Работа выполнена при поддержке госконтракта 16.740.11.0026.

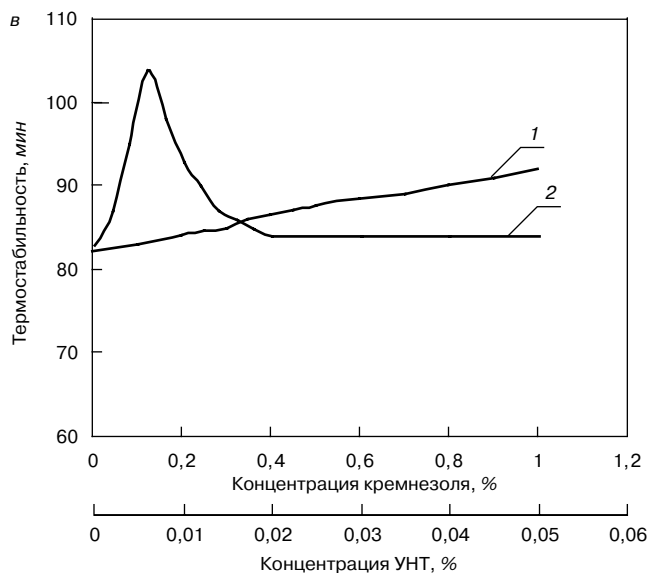
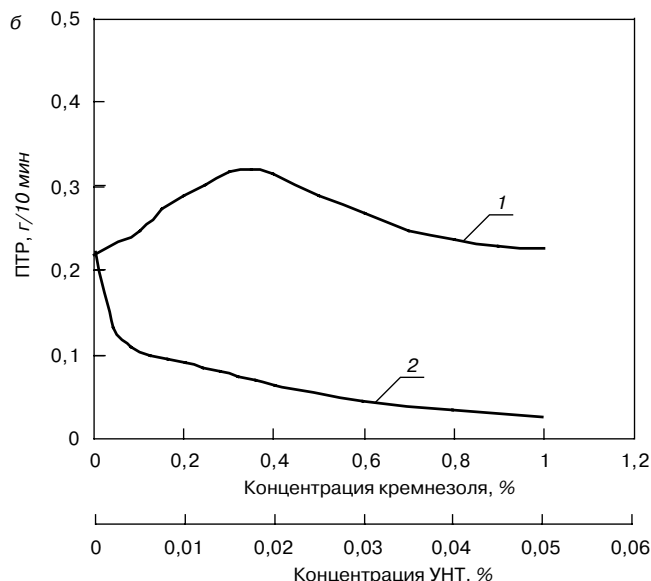
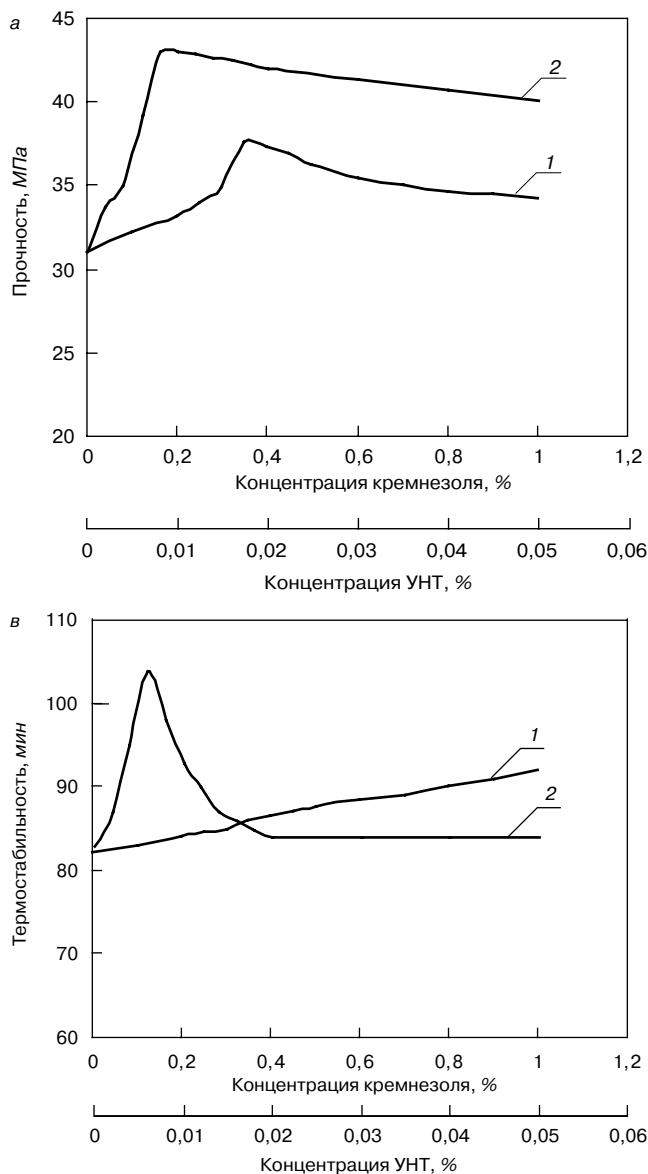


Рис. 1. Зависимости прочности на растяжение (а), ПТР (б) и термостабильности (в) жестких ПВХ-композиций от концентрации кремнезоля (1) и УНТ (2)

В работах [2–4] экспериментально и с использованием расчетных методов были изучены и доказаны, в частности, адсорбция УНТ H_2 , N_2 , O_2 , Cl_2 , паров H_2O , CO , CO_2 , CH_4 , C_2H_2 , NO , NO_2 таких органических производных, как ацетон, метанол, этанол, линейно-цепочечные алканы, жирные кислоты, бензол и циклические углеводороды, и некоторых аминов.

Возможно, этим же объясняется и значительное увеличение термостабильности для модифицированных УНТ пленочных образцов ПВХ. Органические кислоты, выделяющиеся при нагреве древесной муки и оказывающие катализирующее действие на ПВХ, сорбируются на поверхности УНТ, и их отрицательный эффект снижается.

Уменьшение вязкости для модифицированных кремнезолью образцов обусловливается возникновением стеклоподобной пленки на пористой поверхности древесных частиц (рис. 2), в результате чего снижается капиллярность волокнистой структуры древесной муки, что способствует облегчению перерабатываемости за счет снижения сорбции полимера и улучшения пристеночного скольжения.

Увеличение вязкости для образцов, модифицированных УНТ, связано с ухудшением реологических свойств за счет снижения подвижности структурно-кинетических единиц течения и ориентационных эффектов, однако эти эффекты не создают проблем и компенсируются увеличением термостабильности и возможностью перерабатывать композицию при более высокой температуре.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что оптимальной концентрацией кремнезоля является значение 0,35%, а для углеродных нанотрубок – 0,008%. Сравнительные характеристики ПВХ-композиций, наполненных исходной и наномодифицированной древесной мукой приведены в табл. 3.

Таблица 3

Наполнитель (50 мас.ч. на 100 мас.ч. ПВХ)	Показатель		
	Прочность при растяжении, МПа	ПТР, г/10 мин	Термостабильность, мин
Исходная древесная мука	31	0,22	82
Обработанная кремнезолью (0,35%) древесная мука	38	0,32	86
Обработанная УНТ (0,008%) древесная мука	43	0,1	98

Поглощение в области $1200-1000\text{ см}^{-1}$ ИК спектра образца исходной хвойной муки можно соотнести с С-О связью в эфирах, которая перекрывается связью Si-O при 1110 см^{-1} . Интенсивность этой п.п. в случае образца модифицированного 0,35% кремнезолью увеличивается, что свидетельствует о вкладе групп Si-O.

Также в спектре присутствует аналитическая полоса, обусловленная колебаниями связи Si-C в области 800 см^{-1} . Ее относительная интенсивность по сравнению с исходной в образце древесной муки, модифицированной 0,35% кремнезолью, увеличивается.

В результате наномодифицирования кремнезолью и УНТ наблюдается снижение ароматичности – величины реакционной способности циклических структур с системой сопряженных связей (отношение С/Н).

Таким образом, изменение кислотных характеристик для образцов, модифицированных кремнезолью, на основании проведенных исследований объясняется вкладом связи Si-O, обладающей высокими щелочными показателями.

Для образцов, модифицированных УНТ, снижение ароматичности и содержания активных кислотных связей и соответственно кислотных характеристик объясняется хорошей адсорбционной способностью трубок, блокирующих активные кислотные функциональные группы на поверхности частиц древесной муки.

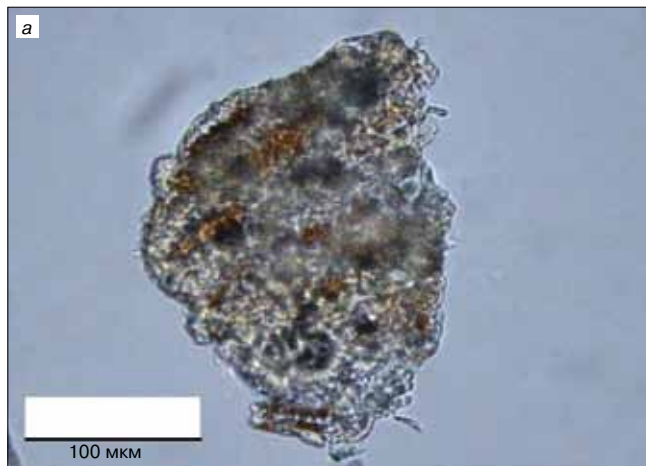


Рис. 2. Микрофотографии древесной муки в проходящем свете: а – исходной, б – модифицированной 0,35% кремнезолом

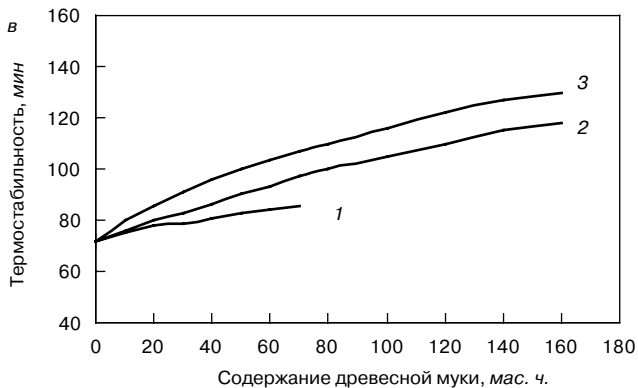
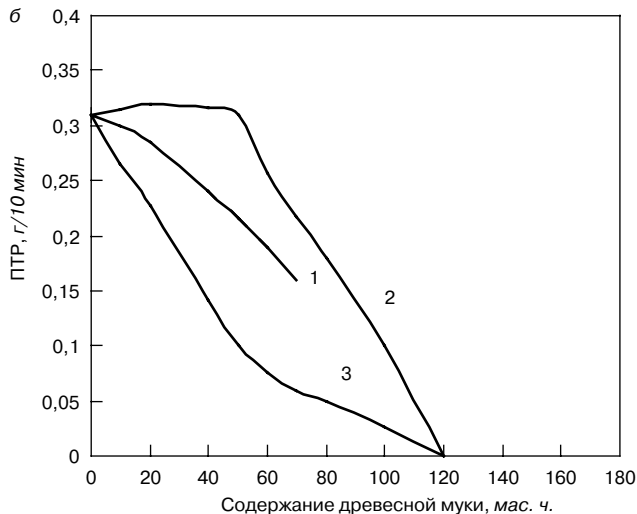
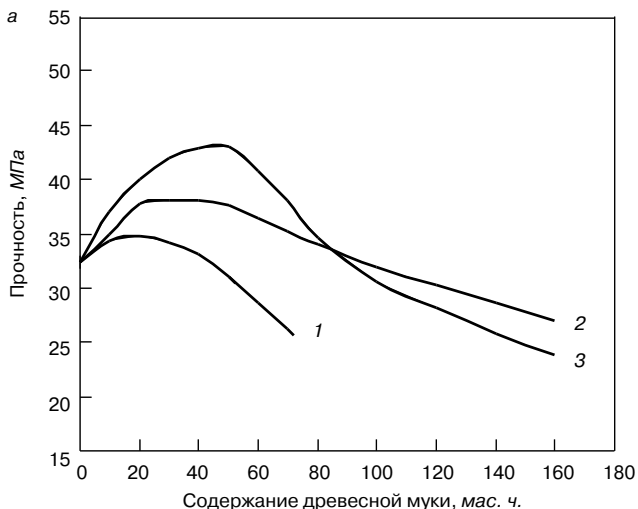


Рис. 3. Зависимости прочности при растяжении (а), ПТР (б) и термостабильности (в) жестких ПВХ-композиций от содержания древесной муки: 1 – исходной, 2 – модифицированной кремнезолом, 3 – модифицированной УНТ

Были оценены эксплуатационные и технологические показатели при максимальной степени наполнения ПВХ-композиций, модифицированных кремнезолом (0,35%) и УНТ (0,008%) древесной мукой (рис. 3).

Степень наполнения жестких ПВХ-композиций с наномодифицированной древесной мукой по сравнению с исходной удалось увеличить в 1,5 раза (с 40 до 60 мас. %).

При этом в случае применения в качестве модификаторов УНТ значительно улучшаются термостабильность и прочностные показатели, увеличивается также показатель относительного удлинения. Недостатком применения данного модификатора можно считать снижение ПТР.

Для образцов, наполненных модифицированной кремнезолом древесной мукой, наряду с повышением

прочности при растяжении и термостабильности удается значительно снизить вязкость.

Таким образом, разработана технология модификации древесной муки наноразмерными связующими агентами, позволяющая получать высоконаполненные ПВХ-композиции с повышенными технологическими и эксплуатационными характеристиками.

Ключевые слова: древесно-полимерный композит, поливинилхлорид (ПВХ), адгезия, наноразмерный связующий агент.

Список литературы

1. *Matuana L.M., Balatinecz J.J., Park C.B.* Surface Characteristics of Chemically Modified Fibers Determined by Inverse Gas Chromatography / *Wood Fiber Science*, Vol. 31, 1999. Pp. 116–127.
2. *Раков Э.Г.* Химия и применение углеродных нанотрубок // *Успехи химии*. 2001. № 70 (10) С. 934–973.
3. *Запороцкова И.В.* Особенности сорбции легких атомов на поверхности однослойного углеродного тубулена // *Письма в ЖЭТФ*. 1997. Т. 66, № 12. С. 799–804.
4. *Сухно И.В., Бузько Ю.В.* Углеродные нанотрубки. Ч. I. Высокотехнологические приложения. Краснодар, 2008. 232 с.

УДК 621.315.612.6-494

А.В. КНОТЬКО, д-р хим. наук (knotko@inorg.chem.msu.ru), А.В. ГАРШЕВ, канд. хим. наук, А.А. МЕЛЕДИН, инженер, В.В. СУДЬИН, студент, В.И. ПУТЛЯЕВ, канд. хим. наук, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

Процессы при ионообменной обработке поверхности базальтового стекловолокна

Интерес к фундаментальным и прикладным исследованиям стекловолокна, полученного плавлением базальтовых пород, обусловлен уникальными химическими и механическими характеристиками данного материала [1]. В [2–5] в полном согласии с [6] было показано, что термообработка стекловолокна в окислительных условиях, приводящая к окислению в приповерхностном слое толщиной несколько микрон Fe^{+2} до Fe^{+3} , но не сопровождающаяся из-за относительно низкой температуры (<600°C) и малого (0,5–1 ч) времени обработки ни формированием в стеклообразной матрице частиц $(Mg, Fe)Fe_2O_4$, ни расстекловыванием материала с образованием пироксеновых фаз, сопровождается диффузией к поверхности подвижных катионов (Na^+ или Ca^{2+} в зависимости от элементного состава стекла), что обуславливает повышение коррозионной стойкости волокна в щелочной среде, в том числе в жидкой фазе твердеющего цемента. Альтернативной энергозатратному окислению в диффузионном режиме путем обогащения поверхности волокна ионами Na^+ или Ca^{2+} может быть ионообменная обработка богатым указанными катионами раствором при правильно подобранном pH. Также представляется весьма интересным последовательное проведение окислительной и ионообменной обработки волокна, что может привести к формированию в прикраевой области чередующихся коррозионно-стойких слоев и слоев, активно формирующих гидросиликатные новообразования при взаимодействии с щелочным раствором. Исследование влияния состояния на химическое поведение кремнеземсодержащих наполнителей и добавок в среде насыщенного раствора $Ca(OH)_2$ представляется весьма интересным и с точки зрения возможных подходов к снижению цементоемкости строительных материалов [7].

Исследование проводили на образцах базальтового стекловолокна производства завода «Баск» (Кемерово), для которого ранее [4] был определен средний элементный состав $Na_{3,4\pm 0,2}Mg_{1,87\pm 0,03}Al_{6,26\pm 0,07}Si_{17,4\pm 0,4}K_{0,53\pm 0,01}Ca_{5\pm 0,2}Ti_{0,53\pm 0,01}Fe_{4,25\pm 0,5}O_{60,62\pm 0,06}$, и было показано, что его температурная обработка в окислительных условиях приводит к обогащению поверхности волокна натрием. Средний диаметр волокон, также определенный в [4], составил около 10–20 мкм при значительном разбросе волокон по толщине, от нескольких микрон до долей миллиметра. Температурную обработку волокна проводили в муфельной печи на воздухе при 500°C в течение 30 мин.

Кислотно-основные равновесия стекловолокна с водным раствором исследовали методом титрования навески волокна, помещенной в дистиллированную воду, 0,1М раствором HCl. Контроль pH при этом осуществляли соединенным с компьютером для непрерывного проведения измерений многоканальным иономером «Эксперт-001» с комбинированным pH-электродом. Наступление равновесия оценивали по выходу pH раствора на постоянное в течение 2–3 ч значение после нескольких перемешиваний раствора, которое наблюда-

лось в течение 1,5–2 сут после добавления очередного объема титрующего раствора.

Электронно-микроскопические исследования проводили на микроскопе CrossBeam 1540EsB Carl Zeiss (Германия). Для исследования поперечного среза волокна на образцы, залитые эпоксидной смолой, напыляли тонкую (~200 нм) углеродную пленку. При наблюдении в режиме высокого вакуума использовали ускоряющее напряжение внутрилинзового и SE2 детекторов вторичных электронов и детектора отраженных электронов EsB. Определение элементного состава твердых растворов методом рентгеноспектрального микроанализа (PCMA) проводили на энергодисперсионном спектрометре INCAx-act (Англия), установленном на электронном микроскопе. Элементный состав рассчитывали в полуавтоматическом режиме с использованием программного обеспечения INCA Oxford.

Для проведения ионообменной обработки приповерхностного слоя базальтового стекловолокна исследуемые образцы были выдержаны в течение различного времени в ацетатном буферном растворе (смесь растворов CH_3COOH и CH_3COONa [8]) с pH, равным 5; 5,5 и 6; концентрация Na в используемых буферных растворах составила 0,1 моль/л. Указанные значения pH были выбраны с учетом ранее полученных [4, 5] параметров равновесия базальтового волокна с водным раствором. Исследование распределения элементов по сечению полученных при этом волокон методом PCMA показало заметное и закономерно растущее с увеличением длительности обработки повышение концентрации Na вблизи поверхности волокон по сравнению с объемом (рис. 1). Для определения приведенных на рис. 1 величин разностей концентраций проводили усреднение пяти измерений на краю и в центре среза волокна (рис. 2).

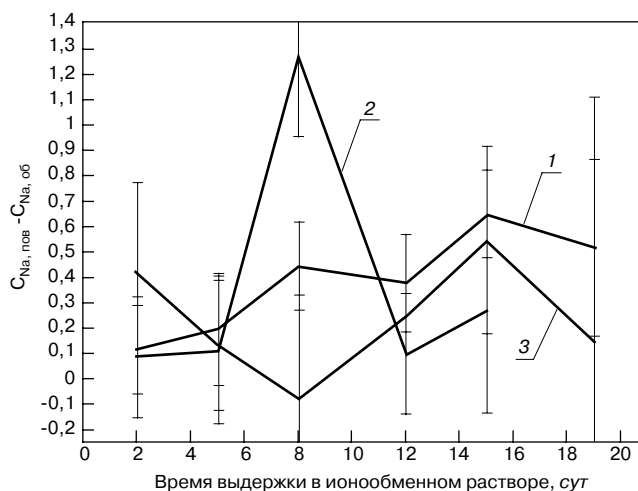


Рис. 1. Зависимость разности концентраций Na на поверхности и в объеме волокна от pH выдержки в ацетатном буферном растворе: 1 – pH=5; 2 – pH=5,5; 3 – pH=6

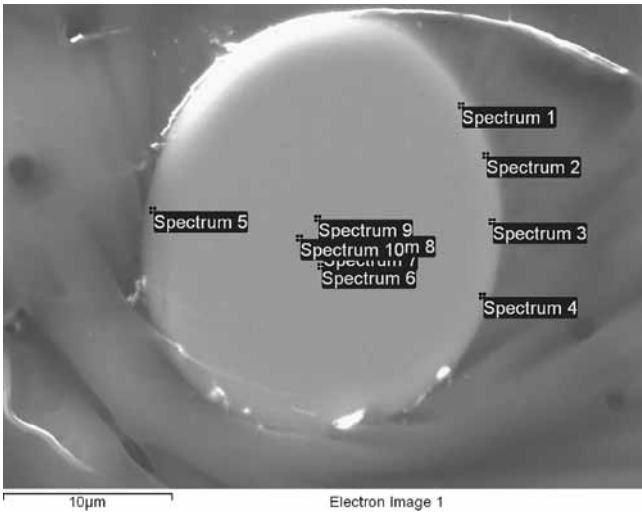


Рис. 2. Пример расположения точек измерения элементного состава на краю (spectrum 1–5) и в центре (spectrum 6–10) волокна

Наблюдаемые на рис. 1 значительные погрешности измерения составов, а также разброс точек связаны, очевидно, с малой по сравнению с локальностью РСМА, около 1–1,5 мкм, толщиной приповерхностного слоя волокна, участвующего в ионном обмене. При этом наблюдаемые временные зависимости изменений состава по сечению волокна могут свидетельствовать о большей глубине модификации в случае ионообменной обработки при pH=5 и большей абсолютной величине этих изменений при больших значениях pH.

Этот вывод подтверждается и проведенными исследованиями перераспределения Na в образцах, подвергнутых последовательно ионообменной и термической обработке (рис. 3).

Как можно видеть из рис. 3, модификация приповерхностного слоя в результате ионообменной обработки при pH=5 практически блокирует диффузию Na к поверхности волокна, вызываемую окислением входящего в состав стекла Fe²⁺. Однако в образцах, подвергнутых ионообменной обработке при более высоких значениях pH, как и в случае необработанного волокна [4, 5], наблюдалось заметное повышение приповерхностного содержания Na. Этот факт хорошо согласуется с высказанным выше на основании данных РСМА предположением о большей глубине ионообменной модификации при pH=5.

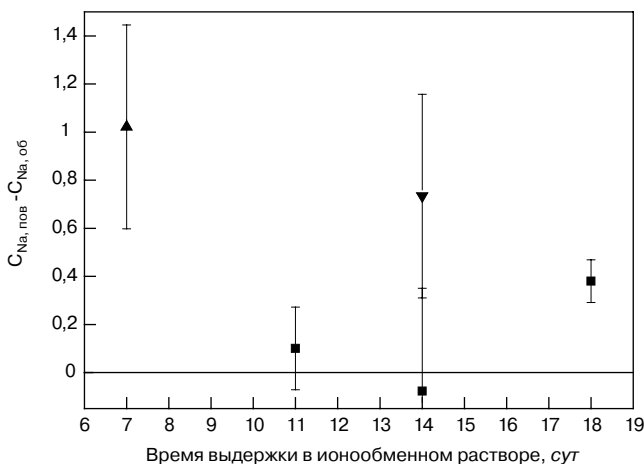
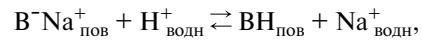


Рис. 3. Зависимость разности концентрации Na на поверхности и в объеме волокна, подвергнутого последовательно ионообменной и окислительной (500°C, 30 мин, воздух) обработкам, от условий проведения ионообменной обработки (pH выдержки в ацетатном буферном растворе): ■ – pH=5; ▼ – pH=5,5; ▲ – pH=6

Полученные данные позволяют предположить, что в рассматриваемых системах параллельно протекают процессы вымывания в слабокислый раствор подвижных катионов, в первую очередь Na, с поверхности волокна и неравновесного ионного обмена, катализируемого протонированием основных центров с обогащением поверхности волокна присутствующим в растворе в избытке Na. При этом для уменьшения относительного вклада первого процесса целесообразно проводить ионообменную модификацию волокна при несколько большем pH = 6–7 и в растворе pH нейтральной соли Na, например NaCl, с достаточно высокой концентрацией.

Интересную информацию о соотношении стадий предложенного выше механизма ионообменной модификации можно получить, анализируя кислотно-основное равновесие поверхности волокна с водным раствором. Данное исследование было проведено титрованием волокна водным раствором HCl (рис. 4). Более высокие значения pH, наблюдавшиеся при титровании волокна, предварительно подвергнутого ионообменной обработке при pH=6, могут объясняться более высокой поверхностной концентрацией Na в данном случае. Обработку результатов проводили аналогично [4, 5] и основывались на предположении протекания на поверхности волокна реакции протонирования основных центров:



где B – основной центр на поверхности волокна, что позволяет использовать для описания полученных данных формулу:

$$\frac{1}{[H^+]} = \frac{K_b \cdot B}{K_w} \cdot \frac{1}{(\eta(HCl) - (H^+))} - \frac{K_b}{K_w}$$

где [H⁺] – концентрация водородных ионов после добавления η(HCl) моль кислоты; η(H⁺) – количество (моль) оставшихся водородных ионов в растворе; B – исходное количество основных центров на поверхности волокна; K_b – константа равновесия упомянутой выше реакции; K_w – ионное произведение воды.

Сопоставляя полученные данные с аналогичными характеристиками волокна без модификации, можно отметить некоторое повышение равновесно установившихся значений pH в ионообменно-модифицированных волокнах по сравнению с необработанными [4, 5], однако это повышение значительно меньше наблюдавшегося для волокон, термообработанных в окислитель-

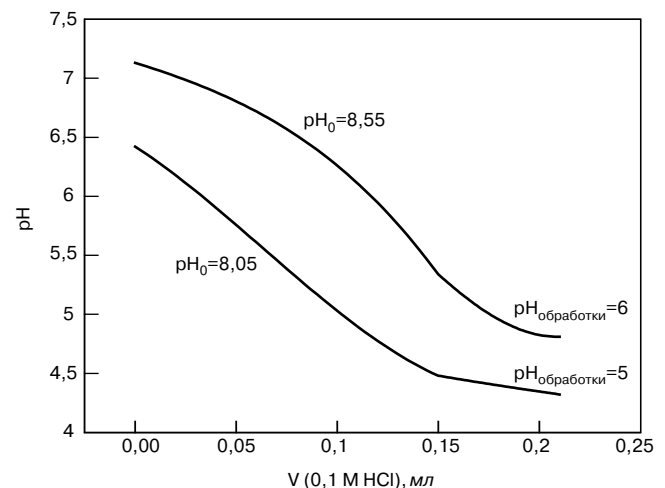


Рис. 4. pH-метрическое титрование раствором HCl волокна, подвергнутого ионообменной обработке в ацетатном буфере

Образец	V , моль/г	K_b	pH_0
Обработка при $pH=5$	$7,07 \cdot 10^{-6}$	$3,01 \cdot 10^{-9}$	8,04
Обработка при $pH=6$	$7,83 \cdot 10^{-6}$	$2,64 \cdot 10^{-8}$	8,55
Без обработки	$1,35 \cdot 10^{-5}$	$1,69 \cdot 10^{-9}$	7,91

ной среде [4, 5]. Волокна, подвергнутые ионообменной обработке, показали значения удельного содержания поверхностных основных центров заметно меньше, чем в [4, 5], для случая необработанных волокон при больших значениях константы равновесия протонирования (см. таблицу), определяющейся, очевидно, структурой поверхности и составом приповерхностного слоя стекла. Одновременное действие этих факторов обусловило незначительное повышение в результате обработки равновесной величины pH , устанавливающейся при контакте волокна с чистой водой (см. таблицу).

Полученные результаты позволяют заключить, что ионообменная обработка базальтового стекловолокна с целью обогащения его приповерхностной области наиболее подвижными ионами малоэффективна для повышения коррозионной стойкости волокна по отношению к высокоосновным растворам, например жидкой фазы твердеющего цемента. Однако воздействие только на приповерхностный слой весьма малой толщины при ионообменной обработке может применяться совместно с окислительной термообработкой для создания оптимального концентрационного профиля упомянутых подвижных ионов около поверхности волокна.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 10-08-01143-а), гранта Президента РФ для поддержки молодых российских ученых МК-5269.2011.8, программ ОХНМ РАН №№ 5 и 8, ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (проект НК-132П/14).

Ключевые слова: базальтовое волокно, ионообменная обработка, коррозионная стойкость.

Список литературы

1. Пащенко А.А., Сербин В.П., Клименко В.С., Паславская А.П. Физико-химические основы композиции «неорганическое вяжущее–стекловолокно. Киев: Вища школа, 1979. 224 с.
2. Кнотько А.В., Гаршев А.В., Давыдова И.Б., Путляев В.И., Иванов В.К., Третьяков Ю.Д. Химические процессы при термообработке базальтового волокна // Коррозия: материалы, защита. 2007. № 3. С. 37–42.
3. Кнотько А.В., Путляев В.И., Гаршев А.В., Пустовгар Е.А. К вопросу о коррозионной стойкости теплоизоляционных материалов на основе базальтовых волокон // Кровельные и изоляционные материалы. 2007. № 6. С. 52–55.
4. Кнотько А.В., Меледин А.А., Судьин В.В., Гаршев А.В., Путляев В.И., Третьяков Ю.Д. Модификация поверхности базальтового волокна для использования в стеклофиброцементных композитах // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 3. С. 16–20.
5. Кнотько А.В., Меледин А.А., Судьин В.В., Гаршев А.В., Путляев В.И. Модификация поверхностного слоя базальтового волокна для увеличения его коррозионной стойкости в фиброцементных композитах // Строительные материалы. 2010. № 9. С. 89–93.
6. Cooper R.F., Faselow J.B., Poker D.B. The mechanism of oxidation of a basic glass: chemical diffusion of network-modifying cations // Geochim. Cosmochim. Acta. 1996. V. 60. № 17. Pp. 3253–3265.
7. Лесовик В.С. Генетические основы энергосбережения в промышленности строительных материалов // Изв. вузов. Строительство. 1994. № 7–8. С. 96–100.
8. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1989. 448 с.



**Государственный комитет Республики Башкортостан по строительству и архитектуре
 Научно-техническое общество строителей Республики Башкортостан
 Башкирский научно-исследовательский институт по строительству
 Уфимский государственный нефтяной технический университет**

Научно-техническая конференция
**«Проблемы прочности и долговечности бетона и железобетона»,
 посвященная 100-летию со дня рождения Лауреата Государственной премии СССР,
 заслуженного деятеля науки и техники РСФСР и Республики Башкортостан
 Алексея Филипповича Полака**

8–9 декабря 2011 г. — Уфа

Тематика конференции
 • Гидратация и твердение минеральных вяжущих веществ • Долговечность бетона и железобетона

Место проведения:
 г. Уфа, ул. Менделеева, 195, Уфимский государственный нефтяной технический университет,
 Архитектурно-строительный факультет

Организаторы:

УГНТУ

Тел./факс: (347) 252-10-88
 E-mail: stexpert@mail.ru
 Латыпова Татьяна Владимировна

НТО строителей РБ

Тел./факс (347) 272-57-11
 E-mail: ntostroy@mail.ru
 Нагорная Наталья Михайловна

УДК 625.8

Н.Е. КОКОДЕЕВА, канд. техн. наук,
Саратовский государственный технический университет

Программа расчета риска возникновения трещин в конструкциях дорожных одежд

Программа позволяет выполнять расчеты дорожных одежд нежесткого типа автомобильных дорог общего пользования согласно требованиям нормативных документов ОДН 218.046–01 [1], ОДМ 218.5.001–2009 [2] на основе теоретико-вероятностного подхода теории риска проф. В.В. Столярова. В результате представляется возможность выбора оптимальных вариантов решений на основе сравнительного анализа эффективности применения в конструкциях дорожных одежд геосеток и плоских георешеток в сравнении с конструкциями без них.

Расчет соответствует требованиям нормативных документов и может быть использован для проектирования дорожных одежд при строительстве новых автомобильных дорог, на новых участках реконструированных дорог, при усилении существующих дорожных одежд.

Программное обеспечение позволяет полностью автоматизировать расчет, в частности отойти от использования номограмм, дорожной одежды нежесткого типа для капитального, облегченного и переходного типов автомобильных дорог; сохранять результаты расчетов в файле, а также представить результаты сравнения двух дорожных одежд в наглядном графическом виде. В программе осуществлена привязка соответствующих коэффициентов к выбранному типу дорожного покрытия и его марке в соответствии с [1], что значительно упрощает ввод исходных данных.

Расчет на прочность выполняется в соответствии с требуемым уровнем надежности, под которым понимают вероятность безотказной работы в течение межремонтного срока службы дорожной одежды.

Уникальность программы RISK_01 заключается в расчете риска возникновения трещин в монолитном слое при изгибе, что в полной мере обеспечивает выполнение федеральных законов № 184-ФЗ «О техническом регулировании» и № 257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации», требующих рассматривать эксплуатационные характеристики на основе оценки степени риска и степени причинения ущерба.

Понятие «риск возникновения трещин в монолитном слое при изгибе» является качественной инженерной характеристикой дорожной одежды нежесткого типа и имеет следующее математическое толкование:

$$r_i = \frac{S_{трещ}}{S_{общ}} \quad (1)$$

где r_i – вероятность нежелательного события, представляющая собой риск возникновения трещин в монолитном слое при изгибе; $S_{трещ}$ – площадь участков с трещинообразованием в монолитном слое дорожной одежды нежесткого типа за период времени t , м²; $S_{общ}$ – общая площадь участка монолитного слоя дорожной одежды нежесткого типа, м².



Рис. 1. Окно «Ввод исходных данных»

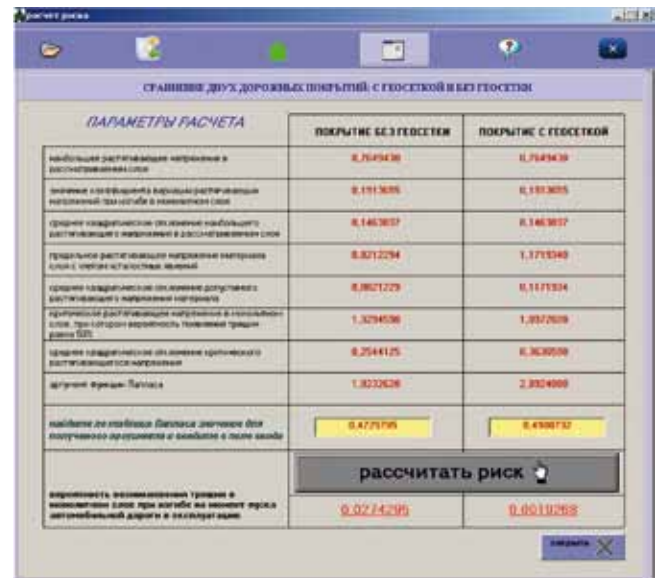


Рис. 2. Окно «Результаты расчета»

Рис. 3. Окно «Таблица Лапласа»

Рис. 4. Меню «Сохранение результатов расчета»



Рис. 5. Окно «Анализ результатов расчета»

Взаимосвязь уровня надежности (K_H) и риска возникновения трещин в монолитном слое при изгибе (r):

$$K_H = 1 - r. \quad (2)$$

Последовательность расчета вероятности возникновения трещин в монолитном слое при изгибе представлена в работах [3,4,5,6]. Этот метод расчета позволяет на основании сравнительного анализа выбрать наиболее рациональный вариант дорожной одежды с геосеткой и плоских георешеток или без них.

Основными функциями программы RISK_01 являются прочностные расчеты конструкции нежестких дорожных одежд с применением геосеток и плоских георешеток. В число реализованных основных алгоритмов входят:

- расчет сопротивления монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе;
 - расчет риска возникновения трещин в монолитном слое при изгибе.
- Исходными данными (рис. 1) для выполнения вышеуказанных расчетов являются:
- коэффициент, учитывающий особенности напряженного состояния покрытия конструкции под спаренным баллоном;
 - расчетное давление;
 - суммарная толщина слоев асфальтобетона;
 - расчетный диаметр следа колеса движущегося автомобиля;
 - общий модуль упругости на поверхности основания;
 - средний модуль упругости слоев асфальтобетона;
 - дорожно-климатическая зона;
 - расчетное суммарное число приложений расчетной нагрузки за срок службы монолитного покрытия с учетом числа расчетных суток за срок службы;
 - нормативные и расчетные значения прочностных и деформационных характеристик конструктивных слоев;
 - уровень надежности;
 - прочность геосетки (или плоской георешетки);
 - коэффициент, учитывающий снижение прочности вследствие усталостных явлений при многократном приложении;
 - коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия погодных-климатических факторов;
 - коэффициент вариации общего модуля упругости на поверхности основания;
 - коэффициент вариации среднего модуля упругости;
 - коэффициент вариации суммарной толщины асфальтобетонных слоев.

Результатами расчета (рис. 2) при сравнении конструкций дорожных одежд нежесткого типа с геосеткой и без геосетки являются:

- наибольшее растягивающее напряжение в рассматриваемом слое;
- коэффициент вариации растягивающих напряжений при изгибе в монолитном слое;
- среднее квадратическое отклонение наибольшего растягивающего напряжения в рассматриваемом слое;
- предельное растягивающее напряжение материала слоя с учетом усталостных явлений;
- среднее квадратическое отклонение допустимого растягивающего напряжения материала;
- критическое растягивающее напряжение в монолитном слое, при котором вероятность появления трещин равна 50%;
- среднее квадратическое отклонение критического растягивающегося напряжения;
- аргумент функции Лапласа.

Используя таблицу Лапласа (рис. 3), расположенную в панели инструментов, находят значение для полученного аргумента и после его ввода рассчитывают вероятность возникновения трещин в монолитном слое при изгибе на момент пуска автомобильной дороги в эксплуатацию.

Результаты расчета возможно сохранить в файле (рис. 4).

Для сравнительного анализа полученных результатов используют в активном окне функцию «Анализ результатов» (рис. 5). В данном примере получили, что при исходных данных, отраженных на рис. 1–4 (и отличном качестве строительства [7], выраженном в виде коэффициента вариации 0,1), вероятность возникновения трещин в монолитном слое при изгибе при использовании геосетки будет снижена на 92,9% по сравнению с конструкцией, где геосетка отсутствует.

Данная программа разработана автором статьи при участии инженера О.В. Мироненкова.

Ключевые слова: программное обеспечение, техническое регулирование, теория риска, геосетка, прочность, вероятность нарушения монолитного слоя при изгибе.

Список литературы

1. Проектирование жестких дорожных одежд (ОДН 218.046–01) / Гос. служба дор. хоз. Министерства транспорта РФ. М.: Транспорт, 2001. 145 с.

2. Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог (ОДМ 218.5.001–2009) / М.: РОСАВТОДОР. 2010. 85 с.

3. *Столяров В.В.* Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска. Ч. 1, 2. Саратов: СГТУ, 1994. 184 с., 232 с.

4. *Кокодеева Н.Е.* Влияние влажности подстилающего слоя грунта на вероятности нарушения сплошности монолитного слоя при изгибе // Актуальные проблемы эксплуатации транспорта: Межвуз. науч. сб. Саратов: СГТУ, 2000. С. 139–144.

5. *Столяров В.В., Кокодеева Н.Е.* Методическое обеспечение проектирования дорожных одежд жесткого типа с применением геоматериалов с учетом принципов технического регулирования (на основе теории риска) // Строительство и реконструкция. Известия. Орел: ГТУ. 2010. № 4/30 (5966).

6. *Кокодеева Н.Е.* Принципы технического регулирования при проектировании дорожных одежд жесткого типа с применением геоматериалов (на основе теории риска) // Строительные материалы. 2011. № 1. С. 25–28.

7. *Семенов В.А.* Качество и однородность автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1989. 125 с.

**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ЦЕНТР ПРОЕКТНОЙ ПРОДУКЦИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»
(ОАО ЦПП)**

ОСУЩЕСТВЛЯЕТ

ведение Федерального фонда нормативной, методической, типовой проектной документации и других изданий для строительства, архитектуры и эксплуатации зданий и сооружений.

ИЗДАЕТ И РАСПРОСТРАНЯЕТ

<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> федеральные нормативные документы (СНиП, ГСН, ГЭСН, ФЕР, ГОСТ, ГОСТ Р, СП, СН, РДС, НПБ, СанПиН, ГН) — официальные издания <input type="checkbox"/> методические документы и другие издания по строительству (рекомендации, инструкции, указания) <input type="checkbox"/> типовую проектную документацию (ТПД) жилых и общественных зданий, предприятий, зданий и сооружений промышленности, сельского хозяйства, электроэнергетики, транспорта, связи, складского хозяйства и санитарной техники 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> справочно-информационные издания о нормативной, методической и типовой проектной документации (Информационный бюллетень, Перечни НМД и ТПД и др.) <input type="checkbox"/> Общероссийский строительный каталог (тематические каталоги, перечни, указатели) <input type="checkbox"/> проекты коттеджей, садовых домов, бань, хозяйственных построек, теплиц
---	---

ОАО ЦПП осуществляет сертификацию проектной документации на строительные конструкции и объемно-планировочные и конструктивные решения зданий и сооружений. Центр аккредитован в качестве Органа по сертификации в Системе ГОСТ Р (ОС «ГУП ЦПП» — аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.11CP48).

ТЕЛЕФОНЫ ДЛЯ СПРАВОК

ОТДЕЛ ЗАКАЗОВ И РЕАЛИЗАЦИИ	(495)482-4294	ОТДЕЛ ФОНДА ДОКУМЕНТАЦИИ	(495)482-4112
ПРОЕКТНЫЙ КАБИНЕТ	(495)482-4297	ОТДЕЛ СЕРТИФИКАЦИИ	(495)482-0778
ФАКС: (495)482-4265			

Наш адрес: 127238, Москва, Дмитровское шоссе, 46, корп. 2

УДК 624.15

Л.В. ЯНКОВСКИЙ, канд. техн. наук,
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Крупномасштабный эксперимент по проверке модели основание–геоимплантат–фундамент

При строительстве и реконструкции объектов применяют различные методы усиления оснований ленточных фундаментов, а также дорожных оснований и насыпей. Автором предлагается использовать способ усиления основания ленточных фундаментов при реконструкции зданий и сооружений, при котором под подошвой фундамента создается усиленный слой грунта в виде горизонтальных армоэлементов [1]. Данные конструкции в грунте подпадают под определение геоимплантатных. Геоимплантатная конструкция (ГИК) включает новый термин «геоимплантат» (ГИ), который был предложен профессором СГТУ А.В. Кочетковым как обобщающий термин и находится в настоящее время в стадии обсуждения научной общественностью [2]. Под этим термином понимают весь комплекс инженерных геотехнических конструкций и изделий, состоящих из различных строительных материалов, встроенных (имплантированных) в грунтовые основания и в тело дорожной одежды, применяемых при строительстве дорог, мостов и других объектов автодорожной инфраструктуры.

В данной работе рассматриваются результаты крупномасштабного эксперимента по проверке адекватности композитной модели основание–геоимплантат–фундамент реальному закреплению основания ГИК [3]. Реальная схема основания ленточного фундамента с геоимплантатной конструкцией заменена расчетной моделью в виде слоистой плиты (рис. 1). В процессе изготовления ГИ вокруг и между его слоями создается зона уплотненного грунта. Такая конструкция работает совместно с грунтом, образуя усиленный слой в основании сооружения.

В условиях плоской задачи этот уплотненный слой можно рассматривать как слоистую плиту с усреднен-

ными прочностными характеристиками по длине ленточного фундамента (ось Z). В реальном объекте здесь наблюдается анизотропия свойств усиленного слоя. Так как эти свойства изменяются однообразно и периодически, принимаем допущение, что усиленный слой можно заменить слоистой плитой с усредненными прочностными характеристиками по оси Z, и решаем плоскую задачу в упругопластической постановке в условиях плоской деформации.

Свойства уплотненной зоны грунта вокруг пробитой скважины плавно меняются от края до конца зоны влияния. Поэтому для описания свойств зоны уплотнения и усиленного слоя с помощью метода конечных элементов (МКЭ) применим также композитный способ описания армированного грунта, так как для дискретного описания необходимо большое количество конечных элементов. Используя известные графики зависимости удельной массы грунта от расстояния до оси скважины, можно описать свойства грунта внутри уплотненного слоя. Для этого уплотненную зону разбивают на три области. Внутри каждой определяют среднюю удельную массу уплотненного грунта. Итак, вся конструкция параллельных ГИ с зоной уплотнения вокруг них заменена расчетной композитной моделью – слоистой плитой с усредненными прочностными характеристиками [4].

Для данной модели был проведен численный эксперимент с использованием МКЭ и определены оптимальные параметры ГИ. Расстояние между параллельными элементами – 3 диаметра сечения элемента; высота h сечения 0,075–0,125 ширины подошвы фундамента; вылет f ГИ за подошву в пределах 0,5–1,5 ширины фундамента. Размещение слоя ГИ по глубине должно быть как можно ближе к подошве фундамента [5]. Оптимальные размеры для конкретной ГИК определяют разработан-

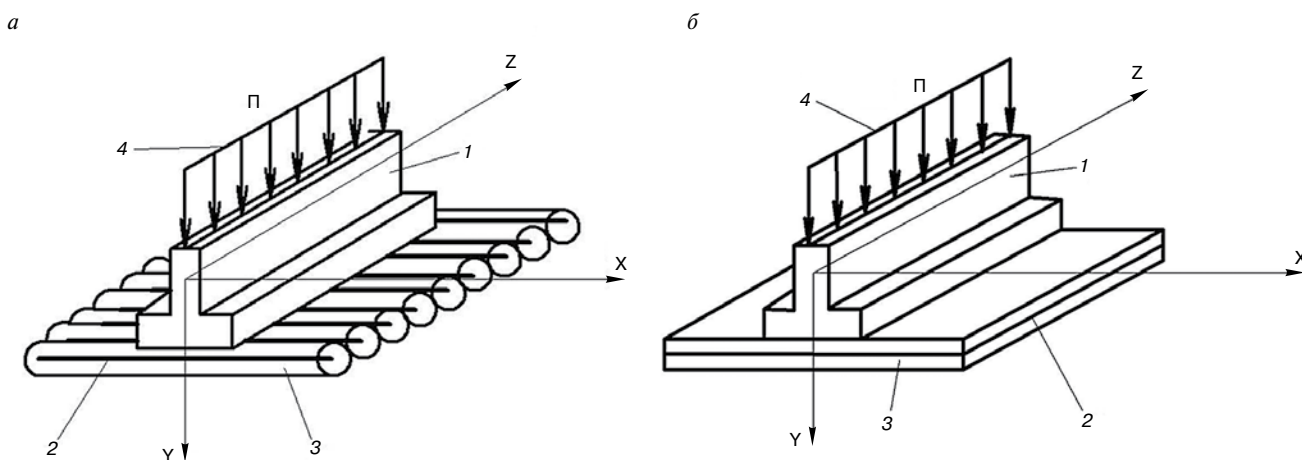


Рис. 1. Схема усиления основания фундамента (а) и расчетная модель (б): 1 – ленточный фундамент; 2 – геоимплантат; 3 – зона уплотненного грунта; 4 – распределенная нагрузка

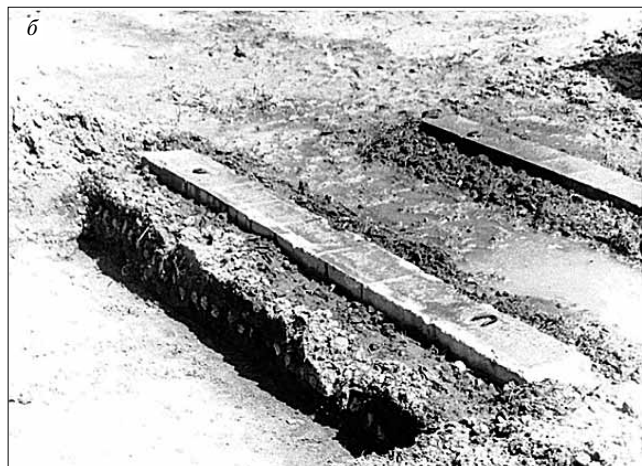


Рис. 2. Приспособление по изготовлению геопланта (а) и готовая геопланта конструкция (б) в основании модели ленточного фундамента

ным автором инженерным расчетом. Для проверки пригодности предложенной модели, используемой при численном решении в инженерных расчетах, проводили крупномасштабный эксперимент. Для решения вопроса была выбрана площадка со следующими грунтовыми условиями. До глубины 0,5 м основание представляет собой суглинок с показателем текучести $J_L = 0,5$ с небольшими глинистыми участками, затем до глубины 2 м – плавный переход от суглинка к супеси.

В целом можно говорить об относительной однородности свойств основания до 2 м, далее залегают пески. Поэтому при определении грунтовых условий было произведено усреднение грунтовых характеристик в активной зоне, вызванной действием экспериментальных моделей фундаментов: плотность грунта $\rho = 1,8 \text{ г/см}^3$; плотность скелета $\rho_s = 2,71 \text{ г/см}^3$; влажность $\omega = 19,3\%$; коэффициент пористости $e = 0,8$; сцепление $c = 18 \text{ кПа}$; угол внутреннего трения $\varphi = 17^\circ$; модуль деформации $E = 10 \text{ МПа}$.



Рис. 3. Последняя, пятая ступень нагружения (0,25 МПа): слева – модель фундамента, усиленная ГИК; справа – без усиления

Так как необходимо было сравнить поведение предложенной в численном эксперименте модели устройства усиления и среды основания, весь эксперимент был построен аналогично тому, как происходит расчет по программе, т. е. было сделано пять ступеней нагрузки, начиная с 0,05 МПа и до 0,25 МПа. Нагружение производили стандартными фундаментными блоками ФБС24-6-6-Т. В качестве моделей ленточных фундаментов применяли бетонные перекрытия $180 \times 250 \times 2700 \text{ мм}$, их же использовали и в качестве прокладок между фундаментными блоками для удобства работы погрузчика. Ширина модели фундамента b , таким образом, была равной 25 см. Отношение ширины к длине ленточного фундамента b/L равно 1:10,8. Это позволяет говорить о том, что данная модель действительно является лентой для математических расчетов. Две модели ленточного фундамента укладывали на расстоянии 1,8 м друг от друга, что позволяет говорить об отсутствии взаимовлияния при нагрузке. Заглубление фундаментов $d = 9 \text{ см}$ было проведено на половину их высоты. На края моделей фундаментов устанавливали репера по уровню и закрепляли цементным раствором.

Эксперимент заключался в одновременном нагружении двух моделей ленточных фундаментов. При этом одну из моделей фундаментов усиливали ГИК. ГИК располагали точно под подошвой фундамента. Вылет ГИ за обрез составлял 25 см (был равен b), тогда диаметр элемента h равен 31 мм ($0,125b$). Расстояние между центрами осей ГИ – $3h$. Измерения проводили с помощью нивелира.

Для создания ГИК использовали специально разработанное и изготовленное приспособление. В грунт по направляющей трубе забивали штырь с наконечником диаметром $h = 31 \text{ мм}$. Затем его извлекали на поверхность и в образовавшуюся скважину подавали цементный раствор с соотношением 1:3. Это выполнялось следующим образом: в трубу вставляли стержень так, чтобы между концом трубы и концом стержня образовывалась полость длиной 10 см; эту полость заполняли цементным раствором; трубу полостью вперед вставляли в скважину до упора; руками создавали давление на наконечник стержня, и порция цементного раствора выдавливалась в скважину и т. д. Геоплантамы изготавливали сначала с расстоянием друг от друга, равным $6h$, а затем забивание производили между элементами с уже схватившимся раствором. Эта процедура исключала разрушение элементов при их изготовлении (рис. 2).

После установления моделей фундаментов и создания ГИК технологический приемок закапывали. Затем

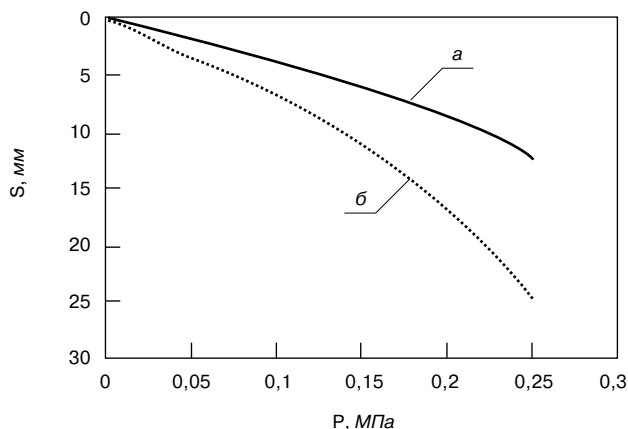


Рис. 4. Результаты эксперимента: а – модель, усиленная геоплантатной конструкцией; б – без усиления

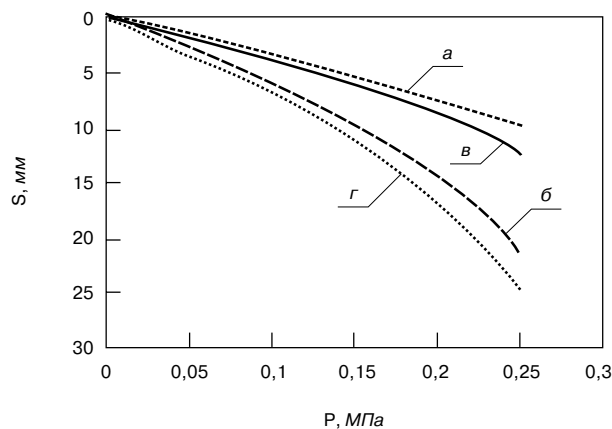


Рис. 6. Сравнение результатов натурального эксперимента с численным решением МКЭ: а – численное решение с ГИК; б – численное решение без усиления; в – результат натурального эксперимента с ГИК; г – результат натурального эксперимента без усиления

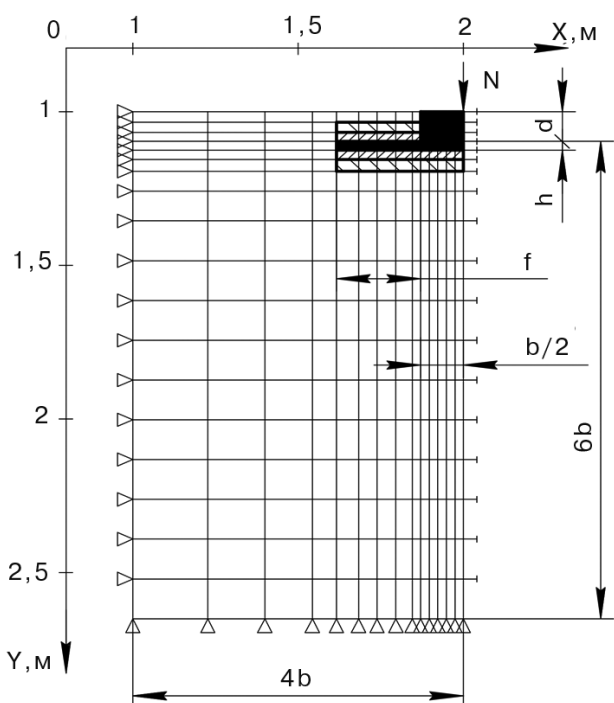


Рис. 5. Конечно-элементная сетка для расчета по МКЭ, описывающая условия проведения эксперимента

проводили двухнедельную выдержку и выполняли нагружение моделей фундаментными блоками пятью ступенями 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25 МПа с выдержкой определенное время между ступенями нагружения до стабилизации осадки. На рис. 3 показана последняя ступень при нагрузке 0,25 МПа.

Было проведено три опыта при одинаковых условиях. После проведения каждого опыта производили проверку качества создания слоя усиления из ГИ откапыванием в нескольких местах по длине ленточного фундамента. По результатам эксперимента был построен график нагрузка–осадка, который показал увеличение несущей способности модели фундамента, усиленного ГИК (рис. 4).

С целью определения правомерности использования предлагаемой модели для инженерных расчетов были проведены сравнения результатов натуральных экспериментов с численным решением МКЭ. Для этого создана

специальная конечно-элементная сетка, описывающая геометрические условия проведенных опытов (рис. 5).

В программу были введены данные, полностью описывающие условия натурального эксперимента, как геометрические, так и прочностные. Исключение составил только слой усиления. Его свойства были описаны согласно предложенной выше модели. Нагрузку производили в пять ступеней. Решение выполняли как с усилением, так и без. Результаты упругопластического расчета совместно с данными натурального эксперимента приведены на рис. 6.

Из графиков видно, что предложенная модель для описания ГИК удовлетворительно характеризует работу под нагрузкой всего устройства усиления основания. Небольшие расхождения можно объяснить усреднением свойств грунтов основания экспериментальной площадки, т. е. суммарные свойства реального грунта основания были слабее описанного в программе. Таким образом, результаты численного решения могут быть использованы для инженерных расчетов с поправочным коэффициентом.

Ключевые слова: геоплантат, геоплантатная конструкция, закрепление оснований, реконструкция.

Список литературы

1. Патент №2032024. Способ усиления основания ленточных фундаментов при реконструкции зданий и сооружений / А.А. Бартоломей, Л.В. Янковский. 6E02D27/08, 37/00; заявка 17.07.92; Опубл.27.03.95, Б.И. № 9.
2. Кочетков А.В. Геоплантат как новый предметный термин в геосинтетике // Строительные материалы. № 2. 2010. С. 36.
3. Янковский Л.В. Описание модели геосреды основания, усиленного геоплантатной конструкцией // Вестник ПГТУ. Охрана окружающей среды. Транспорт. Безопасность жизнедеятельности. Пермь: Перм. гос. техн. ун-т. 2011. № 1. С. 75–81.
4. Янковский Л.В. Моделирование системы основание–геоплантат–фундамент // Вестник ПГТУ. Охрана окружающей среды. Транспорт. Безопасность жизнедеятельности. Пермь: Перм. гос. техн. ун-т. 2011. № 1. С. 90–98.
5. Янковский Л.В., Ладин М.О., Орлов А.Д. Исследование НДС основания ленточного фундамента, армированного геоплантатной конструкцией // Дороги. Инновации в строительстве. 2011. № 9. С. 91–93.

УДК 626.877

Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ, И.В. ЧИСТЯКОВ, кандидаты техн. наук,
Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ)

Влияние разработки карьеров на сток ливневых вод с водосборных площадей

В работах [1, 2] показано влияние характеристик водосборного бассейна на параметры ливневого стока и в конечном итоге на условия работы водопропускных сооружений автомобильных дорог. При их проектировании для расчета стока ливневых вод принимается к расчету та форма и рельеф водосборного бассейна и те его параметры, которые были установлены на момент изысканий. Со временем возникает потребность в дорожно-строительных материалах, например грунта, как для реконструкции данной автомобильной дороги, так и для других хозяйственных целей. Как правило, карьеры грунта располагаются на площадях, тяготеющих к автомобильной дороге. Это приводит к тому, что карьер располагается непосредственно на водосборной площади, с которой формируется сток в сторону водопропускного сооружения автомобильной дороги; вследствие этого происходит изменение условий формирования стока и условий работы водопропускного сооружения; тогда при деформации рельефа водосборного бассейна они работают по параметрам, отличным от тех, на которые были запроектированы изначально. Для установления влияния изменений условий стока, а конкретно изменений расхода стока во времени (гидрограф стока) и величины максимальных расходов, а в некоторых случаях и объемов стока ливневых вод в результате изменения рельефа, вызванного разработкой грунтового карьера, были выполнены экспериментальные расчеты с применением разработанной математической модели стока, представленной в работах [3, 4]. С этой целью был взят водосборный бассейн (рис. 1) с периодически возникающим в момент прохождения ливневой водотоком.

До начала разработки грунтового карьера водосборный бассейн представлял поверхность, сформированную естественными условиями, характерную для средней полосы РФ. Грунты, подстилающие водосборный бассейн, в большинстве представлены непылеватыми суглинками. Растительность — в основном луговые травы. Мощность растительного слоя 0,3–0,7 м.

После разработки карьера поверхность бассейна подверглась рекультивации, т. е. откосы склонов выемки

грунта стали более пологими и покрыты растительным слоем. В результате его рельеф претерпел изменения. В частности, на значительной площади образовалась поверхность с некоторым уклоном (рис. 2). Это не могло не отразиться на процессе формирования стока.

При экспериментальном расчете водосборный бассейн 15 мин орошали ливнем. За время ливня выпало 50 мм осадков. Результаты экспериментального расчета стока с поверхности водосборного бассейна до разработки грунтового карьера представлены на рис. 3, 1.

Гидрограф стока ливневых вод (рис. 3) имеет форму равнобедренного треугольника. Максимальный расход составил $8,2 \text{ м}^3/\text{с}$. Продолжительность паводка 40 мин, время подъема паводка 24 мин, что соответствует времени достижения паводковой волной створа водопропускного сооружения. Скорость потока ливневых вод в русле водосбора изменяется в соответствии с изменением стока. Величина скорости размывающего потока для данного вида грунтов наступает на 18-й и заканчивается на 24-й минуте. Всего действие скорости размывающего потока составило 6 мин. Паводковая волна в русле водосборного бассейна формируется по мере прохождения ливневого фронта над водосборным бассейном в направлении по стоку. При естественной форме рельефа водосборного бассейна она формируется равномерно. Аккумулирующая способность поверхностного стока водосборным бассейном соответствует естественным условиям. На это указывает плавность формирования паводковой волны, которая формируется без возмущений, вызванных внешними воздействиями. Водоотдача водосборного бассейна происходит в соответствии с многолетними условиями формирования стока, на которые было запроектировано водопропускное сооружение автомобильной дороги. Что также соответствовало многолетним условиям его эксплуатации.

С устройством карьера на поверхности водосборного бассейна приток поверхностного стока к водопропускному сооружению изменился. Это в первую очередь сказалось на форме гидрографа стока (рис. 3, 2). Изменения, произошедшие в форме гидрографа, не мо-

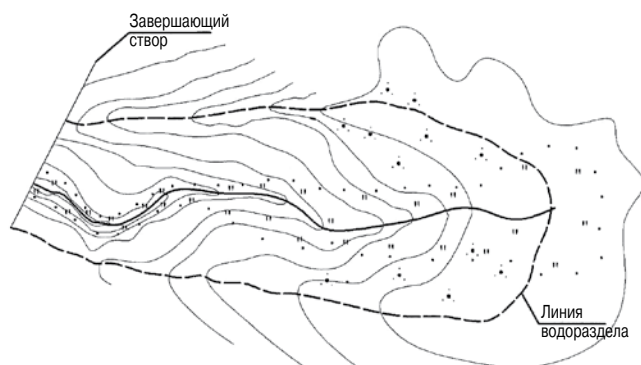


Рис. 1. Схема водосборного бассейна до разработки грунтового карьера



Рис. 2. Схема измененной поверхности водосборного бассейна после разработки грунтового карьера

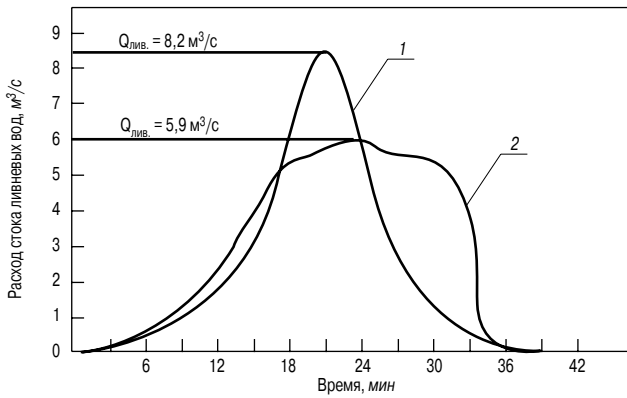


Рис. 3. Гидрограф стока ливневых вод с водосборного бассейна: 1 – до разработки грунтового карьера; 2 – после разработки грунтового карьера. Отображает направление прохождения ливневого фронта над водосборным бассейном по стоку

гут в дальнейшем гарантировать надежной и безопасной эксплуатации водопропускного сооружения и автомобильной дороги в целом.

В гидрографе появилась почти горизонтальная линия от 18 до 30 мин. В этот период размывающее действие потока происходит на протяжении 12 мин и вероятность разрушения конструкции водопропускного сооружения резко возрастает. Пик паводка выражен незначительно, а величина расхода снизилась и составила 5,9 м³/с. Такие изменения вызваны повышением аккумуляющей способности водосборного бассейна. Это зависит и от условий формирования паводковой волны на водосборном бассейне. Максимальное накопление поверхностного стока происходит на месте деформации водосборного бассейна вследствие разработки грунтового карьера. Паводковая волна формируется менее ин-

тенсивно, скорость потока поверхностного стока остается размывающей для данного рода грунтов поверхности водосбора.

Исходя из полученных результатов математического моделирования стока ливневых вод с водосборных бассейнов, подверженных деформациям в результате добычи дорожно-строительных материалов, следует сказать, что процесс формирования поверхностного стока искажается. Аккумуляционная способность водосбора возрастает. Поэтому при производстве работ, при добыче дорожно-строительных материалов, во избежание разрушений водопропускных сооружений землепользователям необходимо предусмотреть все возможные последствия в зависимости от объемов разработок, применяемых технологий, способов ведения работ и характеристик добываемых строительных материалов.

Ключевые слова: автомобильная дорога, водосбор, паводковая волна, гидрограф, водопропускное сооружение, карьер, дорожно-строительные материалы.

Список литературы

1. *Перевозников Б.Ф.* Опыт разработки гидрометеорологических обоснований проектов автомобильных дорог. М.: Транспорт, 1983. 48 с.
2. *Протодьяконов М.М.* Определение максимального стока поверхностных вод с малых водосборов. Л.: Гидрометеоздат, 1960. 171 с.
3. *Чистяков И.В.* Компьютерное моделирование стока ливневых вод // Наука и техника в дорожной отрасли. 2005. № 4. С. 16–17.
4. *Чистяков И.В.* Цифровая модель водосбора для проектирования водопропускных сооружений // Транспортное строительство. 2008. № 4. С. 28–30.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

ЕвроСтройЭкспо – 2011

8-11

ноября 2011 г.

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
Украина, Киев, Броварской пр-т, 15
М "Левобережная"

- Промышленное и жилищное строительство
- Архитектура и ремонт
- Строительные технологии, материалы и конструкции
- Техника, оборудование, инструмент для строительных и ремонтных работ
- Климатическое оборудование, источники отопления и горячего водоснабжения, сантехника
- Интеллектуальные технологии автоматизации жилья
- Элементы и предметы интерьера и декора

ОРГАНИЗАТОРЫ:
Министерство регионального развития, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Украины
Международный выставочный центр

☎ +38 044 201-11-59, 201-11-66
e-mail: strojexpo@iec-expo.com.ua, lyudmila@iec-expo.com.ua
www.tech-expo.com.ua, www.iec-expo.com.ua

Официальный медиа-партнер:

Эксклюзивный медиа-партнер:

Технический партнер:

Информационная поддержка:

КОЛЛЕГИ



К 60-летию М.Н. Кокоева

16 сентября 2011 г. исполнилось 60 лет Мухамеду Нургалиевичу Кокоеву, доктору технических наук, профессору, генеральному директору ОАО «Каббалкагропромстрой», вице-президенту ОАО «Центрсельстрой».

В 1974 г. М.Н. Кокоев после окончания инженерно-технического факультета Кабардино-Балкарского госуниверситета был направлен в объединение «Каббалкагропромстрой», преобразованное затем в объединение «Каббалкагропромстрой», а с 1996 г. в ОАО «Каббалкагропромстрой», где прошел трудовой путь от инженера НТО до генерального директора ОАО.

Возглавляемая им организация построила в селах и городах республики более шести тысяч объектов производственного и социального назначения.

Мухамед Нургалиевич постоянно работал над повышением своего образовательного уровня: в 1985 г. окончил учетно-экономический факультет, в 1996 г. защитил диссертацию по теме «Совершенствование организации производства строительных материалов на базе энерго- и ресурсосберегающих технологий» и стал кандидатом экономических наук. В 2005 г. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора наук.

Успешно сочетая руководящую работу в строительной отрасли с преподавательской и научно-исследовательской деятельностью, профессор кафедры строительного производства КБГУ М.Н. Кокоев издал более 150 различных научных публикаций. В том числе свыше 100 статей, опубликованных под личным авторством практически во всех центральных научно-технических журналах, а также в других академических изданиях, освещающих вопросы строительства. Выпущены 12 книг-монографий по различной тематике. Их общий объем составляет более 165 печатных листов.

По результатам научных исследований М.Н. Кокоев имеет 4 патента на изобретения, 5 учебно-методических работ.

Наряду с научно-практической деятельностью Мухамед Нургалиевич ведет активную общественную работу как член Союза журналистов РФ, академик Российской и Международной академий инвестиций и экономики строительства; он член Совета директоров ОАО «Центрсельстрой», член Совета директоров НП СРО «Межрегиональное объединение сельских строителей».

За высокие достижения в научной и производственной деятельности в области строительства М.Н. Кокоев удостоен званий: «Заслуженный строитель Российской Федерации», «Почетный строитель России», «Почетный строитель Росагропромстроя» и «Почетный строитель АПК России», имеет правительственные награды. Участвовал в выставках ВДНХ по производству строительных материалов и изделий. Награжден золотой медалью ВДНХ, орденом «За заслуги в строительстве» Российского союза строителей.

Редакция журнала «Строительные материалы»® сердечно поздравляет Мухамеда Нургалиевича Кокоева и желает ему доброго здоровья и новых творческих успехов.

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Перспективы развития «Жигулевских стройматериалов»

За последние годы в реконструкцию ЗАО «Жигулевские стройматериалы» («ЕВРОЦЕМЕНТ групп») инвестировано более 650 млн р. В 2010 г. в эксплуатацию введен современный электрофильтр французской фирмы «Альстом Пауэр Ставан» стоимостью более 160 млн р. В первом полугодии 2011 г. на предприятии выполнены большие объемы ремонтных работ для достижения максимальной производительности: закончен ремонт вращающейся печи № 2 с частичной заменой корпуса горячей части и огнеупорной футеровки; выполнен большой объем работ по ремонту цепной завесы, колосникового холодильника, электрофильтра. В настоящее время проводится ремонт вращающейся печи № 3. В планах предприятия монтаж оборудования новой компрессорной с установкой турбокомпрессора шведской компании «Атлас Копко» для обеспечения всех переделов производства необходимым количеством сжатого воздуха, установка магнитных сепараторов на цементных силосах для удаления металлических включений из цемента,

установка складских стеллажей, а также установка грейферного крана грузоподъемностью 20 т на объединенном складе. За семь месяцев текущего года на предприятии произведено 567,4 тыс. т цемента, что на 21,6% превысило показатели соответствующего периода прошлого года.

В дальнейших планах — перевод производства с мокрого на высокоэффективный сухой способ производства цемента, что позволит существенно снизить экологическую нагрузку на окружающую среду, энергопотребление и расход топлива при одновременном увеличении объемов производства цемента.

В целом инвестиции холдинга в строительство новых и реконструкцию существующих производств в период с 2005 по 2011 г. составили более 22 млрд р., при этом экологическая безопасность производства и охрана окружающей среды входят в число приоритетных задач, которые определены программой развития производственных мощностей на 2007–2020 гг.

По материалам регионального информационного агентства «Самара»

Группа ЛСР приобрела предприятие по производству щебня

ОАО «Гранит-Кузнечное» (предприятие Группы ЛСР) завершило приобретение 100% уставного капитала предприятия по производству щебня ООО «436 КНИ» в Выборгском районе Ленинградской области. Сумма сделки составила около 960 млн р.

Мощность существующего дробильно-сортировочного завода ООО «436 КНИ» составляет 1,1 млн м³ в год. Вместе с приобретением ООО «436 КНИ» Группа ЛСР получила лицензию на право пользования в Выборгском районе недрами месторождения гнейсогранитов «Пруды-Моховое-Яскинское», объем разведанных запасов которых составляет около 84 млн м³.

По материалам пресс-службы Группы ЛСР

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Модернизация производственного комплекса в Коломне

В августе 2011 г. на территории «ПК Строймонтаж МС» (Московская область) состоялось официальное открытие модернизированных линий по производству сухих строительных смесей торговой марки ОСНОВИТ.

Комплексный проект модернизации производственных линий был разработан специалистами компании «ПК Строймонтаж МС» совместно с экспертами финской компании «LANTI PRECISION» и немецкой «Haver&Boecker». Вся строительная часть проекта была подготовлена ОАО «Гражданпроект» (г. Коломна Московской области).

Заменены миксеры объемом в 1 м³ на миксеры финской фирмы «LANTI PRECISION» объемом 2 м³ и ручные фасовочные машины на европейские автоматизированные комплексы, что позволяет увеличить объемы выпуска продукции в два раза. Установлена линия немецкой компании «BEUMER robotras» для роботизированной укладки мешков на поддоны, что привело к исключению тяжелого ручного труда.

По материалам пресс-службы
ОАО «ТД Строймонтаж МС»

Новое предприятие в Южно-Сахалинске

В Южно-Сахалинске открылось совместное китайско-российское предприятие по производству цемента. В состав предприятия вошли «Импорто-экспортная компания Лунсин-Жуйкай провинции Хэйлунцзян» и производственно-строительный кооператив «Бетон-Сервис». Строительство завода велось с начала 2011 г. Проектная годовая мощность завода на первом этапе 150 тыс. т. В работе используется тройная система фильтрации и очистки воздуха. Если будут превышены нормы выброса, аппаратура автоматически блокирует производство. Введение завода в эксплуатацию удов-

Смонтирована упаковочная установка BEUMER stretch hood для автоматической упаковки паллет в рукава из полиэтиленовой высокоэластичной пленки стретч худ (stretch hood). Установлена автоматизированная система взвешивания и дозирования сырьевых материалов и химических добавок LANTI PRECISION. Значительно увеличено количество технологических складов (силосов) для сырьевых материалов и химических добавок. Проведена замена фильтрующего оборудования в производственном корпусе на силосах с сырьевыми компонентами. Новое оборудование с автоматизированной системой очистки позволило исключить выбросы пыли в атмосферу и улучшить аспирацию на рабочих местах. Установка современного оборудования позволяет сократить ручной труд на 90%, повысить качество и увеличить объем выпускаемой продукции.

летворит треть спроса цемента на Сахалине. В дальнейшем планируется увеличить мощности. Монтаж, наладка и пуск в эксплуатацию оборудования выполнены специалистами России и КНР. Сырье, необходимое для производства цемента, поставляется заводами Китая и Республики Южной Кореи. Власти Сахалина считают открытие завода очень важным событием для региона. Теперь темпы строительства не так сильно будут зависеть от работы паромной переправы Ванино-Холмск, которая иногда закрывается из-за плохих погодных условий.

По материалам ИА REGNUM

Производство цемента в Беларуси увеличилось

В январе-августе 2011 г. производство цемента в Беларуси увеличилось на 1,5% по отношению к показателю аналогичного прошлого периода и составило 3,258 млн т.

В августе произведено 446 тыс. т (на 3,8% больше, чем год назад, и на 0,4% больше, чем в июле 2011 г.).

Запасы цемента на 1 сентября составили 16,8 тыс. т, или 4,4% среднемесячного объема производства. Всего за месяц этот показатель снизился на 65,7%. В июле в связи с дефицитом цемента профильным заводам повысили задания по выпуску данного вида продукции. Кроме того, с целью снять напряженность на внутреннем рынке были ограничены объемы экспорта цемента и составлен график его поставок в розничную сеть Беларуси. Ожидается, что периодически возникающий в стране дефицит цемента удастся устранить после ввода в эксплуатацию двух линий по производству цемента на ПРУП «Белорусский цементный за-

вод» и ОАО «Красносельскстройматериалы» суммарной мощностью 3,6 млн т в год. Их планируется запустить в конце этого года.

Что касается других стройматериалов, то, по данным Белстата, общий объем производства неметаллических минеральных продуктов в отрасли вырос за восемь месяцев 2011 г. на 7% по сравнению с таким же периодом прошлого. В январе-августе предприятия строительной отрасли произвели 1,8285 млн м³ сборных железобетонных конструкций и изделий (на 1,1% больше); 9,619 млн м² керамической плитки для внутренней облицовки стен (на 2,3% больше); 7,895 млн м² керамической плитки для полов (на 11% больше); 1,368 млн м² строительного стекла (на 20,3% больше); 670,2 млн шт. строительного кирпича (на 0,2% больше); 102,8 млн усл. ед. шифера (на 16,3% меньше).

По материалам Белорусской
информационной компании БелаПАН

Иран – один из крупнейших производителей цемента в мире

В 2010 г. Иран занял пятое место среди крупнейших мировых производителей цемента и десятое место по экспорту продукции.

Ирану удалось занять названное место благодаря тому, что на его цементных заводах в прошлом году было произведено около 61 млн т цемента. За указанный период в Иране было израсходовано более 56 млн т цемента.

Места с первого по четвертое занимают соответственно Китай, Индия, США и Турция, причем от США Иран отстает на 4 млн т произведенного цемента, а от Турции только на 1 млн т. Таким образом, в случае продолжения роста произ-

водства данной продукции в Иране в течение нескольких ближайших лет он может выйти на третье место в мире по производству цемента.

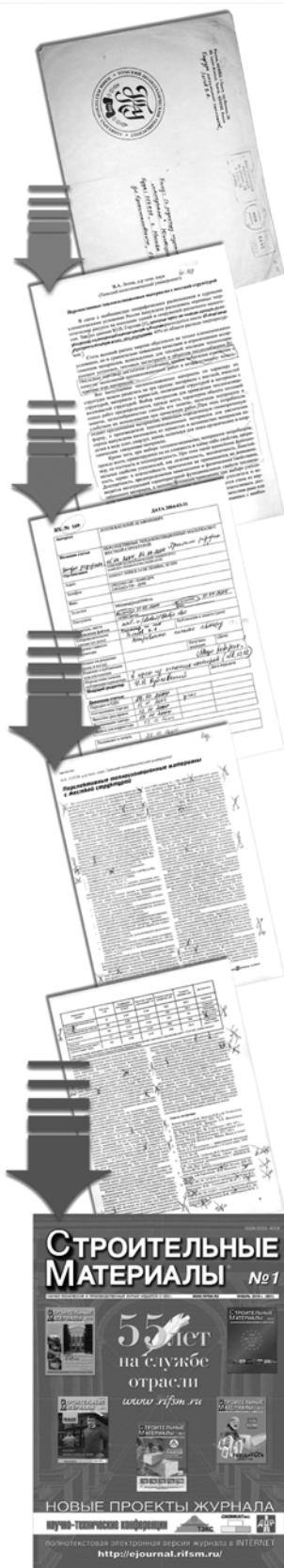
В прошлом году в Китае было произведено 1 млрд 868 млн т цемента; в Индии – 216 млн т; в США – 65 млн т; в Турции – 62 млн т.

Места с шестого по десятое занимают такие страны, как Бразилия, Вьетнам, Япония, Россия и Египет.

К апрелю 2012 г. производственные мощности иранских цементных заводов должны вырасти до 80 млн т продукции в год.

По материалам Российского
информационного агентства Iran News

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья — это сочинение небольшого размера (до 4-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 и не содержать перечень всего ранее опубликованного автором, что перегружает объем статьи и часто является элементом саморекламы.

Кроме того, статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий. Статьи, направляемые в редакцию журнала «Строительные материалы»®, должны соответствовать следующим **требованиям**:

- 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 языке; 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 году в журнале «Строительные материалы»® был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf



Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства www.rifsm.ru/page/7

СТРОИТЕЛЬНАЯ & ИНТЕРЬЕРНАЯ ВЫСТАВКА

www.sibbuild.ru



SibBuild
СтройСиб
МВЦ «NOVOSIBIRSK EXPO CENTRE»

31 января – 3 февраля 2012

- Строительные материалы и оборудование
- Инструменты и крепеж
- Бетоны. Растворы
Бетонные заводы

14 февраля – 17 февраля 2012

- Отделочные материалы
- Двери и замки
- Краски. Сухие строительные смеси
- Керамика. Сантехника
- Бассейны и сауны
- Натуральный и искусственный камень
- Инженерное оборудование
- Электрика. Системы автоматизации зданий

WinTecExpo
Novosibirsk

приходит в Новосибирск!

Генеральный интернет-партнер



Организаторы



ITE Сибирь
тел.: +7 (383) 363 00 63
sibbuild@sibfair.ru
www.sibfair.ru

Генеральный информационный спонсор



Официальный партнер



Генеральный интернет-партнер



Информационные партнеры





КНАУФ-Суперпол

Сухая засыпка

Основа Вашей безопасности

КНАУФ-суперпол идеально ляжет в основу комфорта. Он сформирует ровное и надежное основание, улучшит тепло- и звукоизоляционные качества пола и примет на себя любое покрытие – от паркета до плитки.

▶ www.knauf.ru

KNAUF
Немецкий стандарт

По вопросам крупных оптовых поставок обращайтесь в сбытовые организации КНАУФ:
КНАУФ МАРКЕТИНГ Красногорск, тел. +7 (495) 937 95 95; КНАУФ МАРКЕТИНГ Санкт-Петербург, тел. +7 (812) 718 81 94; КНАУФ МАРКЕТИНГ Новомосковск, тел. +7 (48762) 29 291; КНАУФ МАРКЕТИНГ Краснодар, тел. +7 (861) 267 80 26; КНАУФ МАРКЕТИНГ Челябинск, тел. +7 (351) 774 21 45; КНАУФ МАРКЕТИНГ Челябинск, ф-л в Новосибирске, тел. +7 (383) 355 44 36; КНАУФ МАРКЕТИНГ Челябинск, ф-л в Иркутске, тел. +7 (3952) 290 032; КНАУФ МАРКЕТИНГ Челябинск, ф-л в Хабаровске, тел. +7 (4212) 31 88 33.