

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

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

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е.И.

Редакционный совет:

РЕСИН В.И.
(председатель)
БАРИНОВА Л.С.
БУТКЕВИЧ Г.Р.
ВАЙСБЕРГ Л.А.
ВЕРЕЩАГИН В.И.
ГОНЧАРОВ Ю.А.
ГОРИН В.М.
ЖУРАВЛЕВ А.А.
КОЗИНА В.Л.
КРАСОВИЦКИЙ Ю.В.
КРИВЕНКО П.В.
ЛЕСОВИК В.С.
ОРЕШКИН Д.В.
ПИЧУГИН А.П.
ФЕДОСОВ С.В.
ФИЛИППОВ Е.В.
ХИЖЛУХА 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

Отрасль в современных условиях

С.В. ШУСТОВ

**Состояние строительного комплекса и стратегия развития промышленности
строительных материалов Тюменской области 4**

Силикатные строительные материалы

В.В. БАБКОВ, Н.С. САМОФЕЕВ, Д.В. КУЗНЕЦОВ

**Состояние жилых домов в силикатном кирпиче
и реализация программы санации объектов этой категории
в Республике Башкортостан 7**

Проанализированы деструктивные процессы физико-химической природы, протекающие
в структуре кирпича наружных стен жилых домов постройки 1940–2010 гг. в г. Уфе.
Показана возможность продления эксплуатационного ресурса наружной стены из
силикатного кирпича путем защиты гидроизоляционными материалами в сочетании с
системой фасадной теплоизоляции.

Конференция СИЛИКАТэкс состоялась в Тюмени 12

**Третье обсуждение СНиП 23–03 «Тепловая защита зданий»:
границы разумного (Информация) 17**

Результаты научных исследований

Г.И. ЯКОВЛЕВ, Г.Н. ПЕРВУШИН, И.А. ПУДОВ,
И.Г. ДУЛЕСОВА, А.Ф. БУРЬЯНОВ, М. САБЕР

**Структуризация цементных вяжущих матриц
многослойными углеродными нанотрубками 22**

Исследован бетон плотной структуры на основе портландцемента, модифицированный
дисперсией многослойных углеродных нанотрубок Graphistrength™ корпорации
«Arkema». Отмечается изменение структуры цементного камня в процессе схватывания и
твердения бетона при введении в состав бетона углеродных нанотрубок. Улучшение
характеристик бетона связано с изменением морфологии кристаллогидратных
новообразований, обеспечивающих формирование малодефектной структуры
цементной матрицы повышенной плотности. Структурные изменения цементной матрицы
рассмотрены с привлечением методов физико-химического анализа.

В.В. РУСИНА

**Золошлакощелочные вяжущие на основе жидкого стекла
из примесесодержащего микрокремнезема 25**

Установлена возможность использования жидкого стекла из примесесодержащего
микрокремнезема в качестве щелочного компонента шлако-, золо- и
золошлакощелочных вяжущих. Показано, что примеси микрокремнезема оказывают
влияние на процессы структурообразования и свойства исследуемых вяжущих.

А.Н. КУЗНЕЦОВ, М.С. ГАРКАВИ, О.К. МЕЛЬЧАЕВА, Е.М. НУРИЕВА

Активация твердения цементов разрядно-импульсным воздействием 30

С целью улучшения физико-механических и эксплуатационных свойств бетона,
рассмотрен способ комплексного разрядно-импульсного воздействия на твердение
портландцемента и шлакопортландцемента. Установлено, что в результате воздействия
РИВ увеличивается прочность цементного камня. Это обусловлено интенсификацией
структурообразования, ростом количества высокодисперсных игольчатых
новообразований гидросиликатов кальция, диспергацией частиц и ростом числа
активных центров.

А.И. ТРАУТВАИН, В.В. ЯДЫКИНА, А.М. ГРИДЧИН

Особенности механоактивированных минеральных порошков 32

Изучен гранулометрический состав минеральных порошков, измельченных в различных помольных агрегатах, а также повышение концентрации активных центров в процессе помола. Отмечено улучшение взаимодействия активированных механическим способом минеральных порошков с битумом по сравнению с неактивированными. На основании этого сделано предположение, что асфальтобетон с использованием свежеразмолотого минерального порошка повысит его качество и долговечность.

В.А. ЛОТОВ, Е.А. СУДАРЕВ, Ю.А. ИВАНОВ

Тепловыделение в системе цемент–вода при гидратации и твердении 35

Рассмотрен термодинамический подход к изучению процессов, протекающих в системе цемент–вода, с использованием методов микрокалориметрии. Представлена новая конструкция дифференциального микрокалориметра (ДМК), которая позволяет фиксировать тепловыделение с высокой точностью на всем протяжении процесса взаимодействия цемента с водой.

С.В. ФЕДОСОВ, В.И. БОБЫЛЕВ, А.М. ИБРАГИМОВ, В.К. КОЗЛОВА, А.М. СОКОЛОВ

Моделирование набора прочности бетоном при гидратации цемента 38

На основе существующих сведений о закономерностях разрушения бетона, а также химических процессов гидратации цемента разработана математическая модель прогнозирования роста прочности конструкционного бетона при твердении цементного камня. Математическое моделирование основано на использовании уравнения Аррениуса, учитывает минералогический состав цемента и отражает влияние температуры бетона и времени твердения. Получено хорошее согласование результатов расчета и эксперимента, что позволяет использовать в дальнейшем предложенную математическую модель для изучения и разработки режимов электротепловой обработки железобетонных изделий.

М.В. РЫБАКОВА, В.Д. БАРБАНЫГРЭ

Композиционный материал на основе цементной суспензии мокрого помола 42

Описано получение быстротвердеющего композита на основе цементной суспензии мокрого помола, обладающей значительно большей, чем при сухом помоле, дисперсностью и повышенной гидравлической активностью во все сроки твердения.

В.И. КАЛАШНИКОВ, Е.В. ГУЛЯЕВА, Д.М. ВАЛИЕВ, В.М. ВОЛОДИН, А.В. ХВАСТУНОВ

Высокоэффективные порошково-активированные бетоны различного функционального назначения с использованием суперпластификаторов 44

Рассмотрено создание высокоэффективных порошково-активированных бетонов нового поколения на различных цементах с суперпластификаторами для монолитного, сборного и дорожного строительства. Показано, что при порошковой активации, оптимальной гранулометрии заполнителей могут быть получены высокопрочные самоуплотняющиеся бетоны классов по прочности В80–В100 при расходе цемента М500 300–320 кг/м³.

С.Н. ЛЕОНОВИЧ, Г.Л. ЩУКИН, А.Л. БЕЛАНОВИЧ, В.П. САВЕНКО, С.А. КАРПУШЕНКОВ

Свойства щелочно-силикатных теплоизоляционных материалов и особенности их получения 48

Физико-механические и химические свойства вспученной системы определяются не только микроструктурным строением, но и характеристиками матрицы вяжущего и характером адгезионного контакта вяжущий–наполнитель. Наиболее значимыми факторами являются степень наполнения, характер и химические свойства наполнителя, его активность по отношению к вяжущему. В частности, алюмосодержащий наполнитель способствует выделению из щелочно-силикатной сырьевой смеси новообразований, характеризующиеся относительно высокими прочностными характеристиками и водостойкостью. Этими новообразованиями, по-видимому, являются щелочные алюмосиликаты, гидроалюмосиликаты и т. д.

Б.С. ЮШКОВ, С.С. СЕМЕНОВ

Применение шлакощелочного бетона для производства свай 52

Данная статья посвящена исследованию возможности изготовления железобетонных свай из отходов промышленного производства, а именно из шлакового щебня Чусовского металлургического предприятия и смеси плавящих щелочей (NaOH+KOH) – отхода производства Березниковского содового комбината. В результате исследования была доказана возможность изготовления свай из шлакощелочного бетона, в котором в качестве крупного заполнителя использовался шлаковый щебень, мелким заполнителем служил отсев дробления шлакового щебня, вяжущим – молотый шлак, затворенный щелочным водным раствором.

А.А. ПАК, Р.Н. СУХОРУКОВА

Способы устранения трещин в стыке и повышения сцепления газобетона с пенополистиролом 56

Приведены особенности технологии многослойных композиционных изделий из полистиролгазобетона. По результатам экспериментальных исследований установлено, что для исключения трещинообразования и обеспечения прочного сцепления целесообразно создание соединения газобетона с пенополистиролом типа шип–паз.

Е.А. ПЕТРОВА

Снижение горючести древесины 59

Огнезащитные составы обезопасят деревянное строение от случайных возгораний и обеспечит дополнительное время для эвакуации при пожаре. Представлено описание принципов действия современных огнезащитных составов для древесины. Подробно изложена характеристика свойств нового пропиточного состава для огнебиозащиты древесины с эффектом антифриза.

Г.П. ПОНОМАРЕВА, О.М. СЛАДКОВ, А.А. АРТЕМЕНКО, М.В. ПОНОМАРЕВ

Строительные пенополиуретановые конструкции с наружным слоем из базальтопластика 62

Представлены способы получения и конструкция слоистого полимерного композиционного материала на основе пенополиуретана и базальтопластика. Один из представленных вариантов предусматривает размещение нагревательных элементов между слоями базальтопластика. Показано, что использование базальтовой ткани в качестве наружных слоев и пенополиуретана в качестве теплоизолирующего среднего слоя позволяет создавать слоистые полимерные композиционные материалы, обладающие комплексом улучшенных свойств, одним из которых является возможность обогрева внутреннего пространства. Показаны результаты экспериментальных исследований и обоснована целесообразность композиции.

И.Ю. САМОНЕНКО, А.А. БОЙКО

Электронные торги — современный инструмент строительного бизнеса 64

Показано, что проведение коммерческих операций на конкурсной основе целесообразно в электронном виде. При современном уровне развития коммуникационных технологий это не только экономически выгодно, но и безопасно. Взаимоотношения участников электронных торгов регулируются рядом законодательных актов, а подлинность документов — электронной цифровой подписью. Приведена статистика торговых процедур по категории «строительство».

Кирпичный завод «Kakogiannis» (Кипр) и SABO S.A. (Греция) – сотрудничество, проверенное временем 66

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ® technology

тематический раздел журнала «Строительные Материалы» № 11–2011 г.

Ю.В. КРАСОВИЦКИЙ, Н.В. ПИГЛОВСКИЙ, Р.Ф. ГАЛИАХМЕТОВ

Пылеосадительные камеры для предварительной и энергосберегающей очистки газов в производстве строительных материалов 68

Рассмотрены перспективные конструктивные решения пылеосадительных камер, успешно зарекомендовавших себя в качестве предварительной ступени очистки пылегазовых выбросов в производстве строительных материалов и приведены расчетные зависимости, обеспечивающие достаточно высокую эффективность этих аппаратов. Одновременно предложены аэродинамические условия, обеспечивающие оптимальный режим эксплуатации пылеосадительных камер.

Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ, А.В. ЛИБЕНКО, М.Н. АЛЕХИНА, Н.В. МОТИН

Управление процессами грохочения сыпучих компонентов асфальтобетонной смеси 70

Показано, что рассмотрение грохота в качестве элемента неразрывной технологической цепи дробление–классификация позволяет решить задачу повышения ее технико-экономических показателей за счет оптимизации работы грохота. Предложена оптимальная технологическая схема и система автоматического регулирования процессами дробления–сортировки, обеспечивающая максимальную эффективность непрерывного процесса получения фракционированного щебня.

А.А. ГРАБСКИЙ

Перспективы развития технологии горных работ карьерными комбайнами нового технического уровня 73

Рассматривается проблема повышения эффективности технологии горных работ карьерными комбайнами со шнекофрезерным рабочим органом и показываются возможные пути ее решения, основанные на повышении производительности карьерного комбайна путем инициирования виброреологического эффекта в зоне разрушения слоя породы.

Б.Р. РАКИШЕВ, А.Н. ДАУРЕНБЕКОВА

Добыча блоков декоративного камня на карьерах Казахстана 76

Описана технология добычи гранитных блоков и проведен анализ месторождений Казахстана, располагающих крупными запасами строительного камня крепких горных пород, пригодных для производства облицовочных и промышленных изделий.

Новости 78

С.В. ШУСТОВ, начальник главного управления строительства и жилищно-коммунального хозяйства Тюменской области

Состояние строительного комплекса и стратегия развития промышленности строительных материалов Тюменской области

Кризис, начавшийся в экономике в конце 2008 г., отразился на деятельности строительного комплекса в различных регионах России. Тюменская область сумела сохранить темпы жилищного строительства. После незначительного спада в 2009 г. статистическая кривая ввода жилья вновь устремилась вверх. По количеству вводимых в эксплуатацию квадратных метров на тысячу жителей, как и прежде, область является безусловным лидером в Уральском федеральном округе.

За 2010 г. строителям Тюменской области удалось ввести в эксплуатацию 1,118 млн м² жилья, что стало очередным рекордом. В регионе было построено 710,4 тыс. м² многоквартирных и 401,4 тыс. м² индивидуальных жилых домов (36% от общего ввода). В среднем на одного жителя области ввод жилья составил 0,83 м². Это самый высокий показатель в Уральском федеральном округе. Для сравнения, 0,39 м² – в среднем по УФО; 0,41 м² – в среднем по России.

Темпы строительства жилья в 2011 г. сохраняются на уровне прошлого года: ввод жилья за 9 месяцев составил 918 тыс. м² (85% от запланированного на 2011 г. ввода – 1075 тыс. м² или 102% к соответствующему периоду прошлого года), в том числе индивидуальное жилищное строительство – 341,8 тыс. м² (37,2% от общего ввода).

Активно ведется жилищное строительство с привлечением средств граждан-дольщиков. В I полугодии 2011 г. Тюменская область заняла пятое место по количеству зарегистрированных договоров участия в долевом строительстве (4250 ед.) после Москвы, Санкт-Петербурга, Новосибирской и Иркутской областей.

Тюменская область приближается к заветной планке 1 м² ввода жилья на человека. Развитию отрасли способствует система целенаправленных, тщательно выверенных бюджетных вливаний. Даже в кризисный год при секвестировании многих расходных статей траты на социальные программы в области остались на прежнем уровне. Это и предоставление квартир ветеранам Великой Отечественной войны, и обеспечение жильем детей-сирот, молодых семей, работников бюджетной сферы, переселение семей, проживающих в ветхом и аварийном жилье. Гражданам на улучшение жилищных условий предоставлялась господдержка в форме социальных выплат и льготных займов. Ежегодно только за счет бюджетных средств приобретаются сотни квартир под социальные жилищные программы, действующие на территории Тюменской области.

Одной из основных задач, поставленных Министерством регионального развития РФ перед строительным комплексом региона, является реализация утвержденной программы Тюменской области, предусматривающей к 2015 г. увеличение ввода жилья до 1,615 млн м², а к 2020-му – до 2,737 млн м². Значительный объем во вновь вводимом жилье отводится малоэтажному строительству и жилью эконом-класса.

Чтобы достичь намеченных показателей ввода, необходима развитая индустрия производства строительных материалов.



Местная промышленность строительных материалов обеспечивает значительную часть потребности области в строительных материалах. Выпускаемая продукция поставляется также в Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа.

На территории области успешно действуют крупные производства ЖБИ, мелкоштучных стеновых материалов, изделий и конструкций для деревянного домостроения, теплоизоляционных материалов, кровельных материалов (профнастила, металлочерепицы), ПВХ-труб, оконных и дверных блоков (деревянных, пластиковых и алюминиевых), лакокрасочных материалов, сварочных электродов, передвижных домов-бытовок для стройплощадок и др. При этом ряд материалов, не производимых в настоящее время в Тюменской области, таких как цемент, строительное стекло и щебень, завозится из соседних регионов.

В целом по промышленности строительных материалов Тюменской области за 2010 г. выпущено стеновых материалов 211 млн шт. усл. кирпича (165% к уровню 2009 г.), что составило 64,7% от общего объема потребления; 373,2 тыс. м³ конструкций и изделий сборного железобетона (111,5%); 230 тыс. м³ заполнителей пористых (147,9%). За 8 месяцев 2011 г. выпущено 68,3 млн шт. усл. кирпича, включая камни из цемента, бетона или искусственного камня (144,7% к уровню соответствующего периода 2010 г.); 43,3 млн штук условного кирпича керамического неогнеупорного строительного (153%); 286,5 тыс. м³ конструкций и деталей сборных железобетонных (119,5%); 167,6 тыс. м³ вермикулита расслоенного, глины вспученной, шлака вспененного и аналогичных материалов минеральных вспученных (123,4%).

Правительство Тюменской области уделяет большое внимание развитию строительной отрасли, оказывая государственную поддержку организациям по различным направлениям. Во многом благодаря этому организации

строительной индустрии, несмотря на сложную финансово-экономическую ситуацию, продолжают реализацию инвестиционных проектов по вводу производственных мощностей и освоению производства новых видов продукции. В 2010 г. реализован ряд крупных инвестиционных проектов по вводу производственных мощностей и освоению производства новых видов продукции.

Введен в эксплуатацию новый лесоперерабатывающий завод ЗАО «Заводоуковскаягрозстрой» мощностью 30 тыс. м³ готовой продукции в год.

ООО «Тюменьстальмост» ввело в эксплуатацию установку сверления и плазменной резки листового проката фирмы «CR Macchine».

ООО «Артель-С» ввело в эксплуатацию автоматическую линию многоструйной резки, а также автоматизированный кирпич-сырец.

Продолжил дальнейшее наращивание производственной мощности ООО «Завод ЖБИ-5». На предприятии введена в эксплуатацию дополнительная дорожка на линии по производству плит перекрытия.

Кроме того, на ЗАО «Комбинат строительных материалов» в г. Ялуторовске запущена вторая очередь завода стеновых материалов «Поревит» по производству мелкочастичных и крупноформатных силикатных изделий.

В 2010 г. экономика Тюменской области продемонстрировала свой восстановительный рост, индекс промышленного производства вырос на 28%, аналогичный рост наблюдался и в промышленности строительных материалов.

Одна из задач правительства Тюменской области — создание благоприятных условий для успешного развития организаций, появления новых участников рынка. С целью формирования необходимых условий для развития конкуренции в отрасли промышленности строительных материалов, для привлечения на строительный рынок юга Тюменской области промышленных товаров из других регионов на площадке выставочного комплекса ОАО «Тюменская ярмарка» ежегодно проводятся специализированные выставки «Строительство и архитектура» и «Строймаркет». Участие промышленных организаций в подобных мероприятиях способствует продвижению и внедрению современных технологий в строительную отрасль региона, поддерживает необходимую для развития отрасли конкурентную среду.

Наиболее сильными сторонами промышленности строительных материалов Тюменской области являются:

- стабильное финансовое состояние предприятий;
- наличие налаженных каналов сбыта продукции;
- наличие месторождений строительных песков и глины для производства строительных материалов;
- разработанная нормативная правовая база, регламентирующая привлечение инвестиций в отрасль.

Слабыми сторонами являются:

- медленное развитие промышленности строительных материалов по сравнению с темпами роста потребностей в материалах;
- недостаточное количество подготовленных земельных участков для промышленного строительства и открытия новых производств;
- недостаток высококвалифицированных кадров для организаций стройиндустрии.

Планы организаций промышленности строительных материалов

На территории Тюменской области реализуются или планируется реализовать следующие инвестиционные проекты по модернизации предприятий промышленности строительных материалов.

ООО «Тюменский фанерный комбинат». К 2013 г. планируется ввод в эксплуатацию двух ребросклеек, мон-

таж и ввод в эксплуатацию второй линии сборки пакетов и прессования большеформатной фанеры, заключение договора на приобретение линии сушки с роликовой сушилкой и линией штабелирования.

Модернизация завода ЖБИ-3 по производству железобетонных конструкций и изделий. ЗАО «Завод ЖБИ-3» в рамках реализации инвестиционного проекта планирует в период до 2015 г. ввести в действие:

- установки по производству бетона;
- линии по производству ригелей и колонн;
- линии по производству наружных стеновых панелей;
- линии по производству многоспустотных плит перекрытия.

ОАО «Тюменский завод ЖБИ-1» запланировало модернизацию на 2011–2014 гг.:

- реконструкция бетоносмесительного цеха завода;
- реконструкция нагревательных элементов с целью повышения эффективности использования топлива;
- перевод пропарочных камер двух формовочных участков на использование природного газа и внедрение системы автоматики контроля ТВО.

Модернизация и развитие производственной базы «Мостоотряд-36» планируется в период 2011–2012 гг. Реализация инвестиционного проекта по модернизации и развитию производственной базы предприятия проводится с целью увеличения объемов выпуска продукции. В рамках проекта планируется строительство цеха по производству железобетонных изделий.

ООО «Инвест-силикат-стройсервис» планирует в период 2011–2012 гг. реализовать:

- инвестиционный проект «Производство сухих строительных смесей»;
- инвестиционный проект «Модернизация линии приготовления смеси для производства силикатного кирпича»;
- инвестиционный проект «Строительство растворобетонного узла для производства блоков».

ООО «Сибжилстрой» до 2012 г. планирует модернизировать цеха по производству цементно-стружечных плит.

ЗАО «Винзилинский завод керамических стеновых материалов» в настоящее время заключило контракты с крупнейшими производителями оборудования для производства керамического кирпича с целью модернизации производства.

ОАО «Тюменская домостроительная компания» планирует за 2010–2012 гг.:

- расширить арматурный цех (участок добора) и провести замену оборудования;
- запустить производство свай и колонн;
- ввести в строй производство стеновых панелей и ригелей для сборно-монолитного домостроения;
- завершить строительство паровой котельной.

На территории Тюменской области постоянно ведется работа по расширению спектра производимых материалов. Для этого реализуется ряд инвестиционных проектов, связанных со строительством новых предприятий промышленности строительных материалов, изделий и конструкций.

Строительство металлургического завода по производству сортового проката. В рамках данного проекта в 2011 г. продолжается строительство электрометаллургического мини-завода в Тюмени. Инвестором проекта выступает один из крупнейших в России горно-металлургических холдингов «Уральская горно-металлургическая компания». Непосредственно строительством мини-завода занимается дивизион черной металлургии холдинга — компания «УГМК-Сталь».

В настоящее время на строительной площадке проводятся работы по всем направлениям, задействовано более десяти крупных специализированных подрядных организаций.

Первую продукцию планируется получить в 2013 г. Мини-завод будет производить до 550 тыс. т сортового металлопроката, востребованного в стройиндустрии, нефтегазовом секторе и машиностроении. Согласно исследованиям потребность только Тюменской области, включая автономные округа, составляет порядка 800 тыс. т стали в год. Большую часть этого рынка будет обеспечивать тюменский мини-завод. В основном продукция завода будет поставляться на внутренний рынок: Тюменскую область, Ханты-Мансийский и Ямало-Ненецкий автономные округа, Омскую, Курганскую и Свердловскую области.

Строительство завода пластмасс на новой промышленной площадке ОАО «Тюменский завод пластмасс» планирует запустить новое производство лакокрасочной продукции мощностью 50 тыс. т в год, запуск производства запланирован на 2012 г.

Строительство завода по производству стройматериалов. В рамках реализации (2007–2013 гг.) проекта по строительству завода стеновых материалов в г. Ялуторовске холдингом «Партнер» создается на территории производственной базы ЗАО «КСМ» многопрофильный комплекс (завод «Поревит») по производству широкого перечня строительных материалов – автоклавного газобетона, силикатного кирпича и силикатных блоков, сухих строительных смесей и камнеформовочных изделий.

Строительство завода по производству сухих строительных смесей и добавок в бетоны. В рамках строительства первой очереди завода осуществлены монтаж ограждающих конструкций и кровли, строительство производственного цеха. Запуск второй очереди планируется на 2013 г.

Производство силикатных изделий в регионе начало развиваться с 1964 г., когда было запущен завод силикатного кирпича (сейчас ООО «Инвест-силикат-стройсервис»). Его производственная мощность составляет 120 млн шт. кирпича в год. В последние годы на заводе была произведена модернизация оборудования и совершенствование технологии: теперь при изготовлении кирпича используется высококачественная известь собственного производства и намывной кварцевый песок с низким содержанием глины. Это позволило значительно улучшить качество кирпича, сделать его более прочным и морозостойким. ООО «Инвест-силикат-стройсервис» поставляет свою продукцию в Свердловскую, Челябинскую, Пермскую, Курганскую области, на север Тюменской области, в Татарстан и Башкортостан, а также в Казахстан.

В апреле 2011 г. заводом стеновых материалов «Поревит» введена в действие технологическая линия по производству силикатных изделий, запуск первого пресса обеспечил объем производства продукции до 35 млн шт. усл. кирпича в год, проектная мощность производства с учетом установки трех прессов составляет 110 млн шт. усл. кирпича в год. Завод стеновых материалов «Поревит» – самое современное предприятие по производству стеновых блоков из автоклавного газобетона, силикатного кирпича и силикатных пазогребневых блоков в Урало-Западно-Сибирском регионе.

Следует подчеркнуть, что модернизация организаций промышленности строительных материалов, изделий и конструкций не может проходить без внедрения энергосберегающих технологий. Такие технологии становятся все более востребованными из-за высоких цен на энергоносители, ограниченности энергетических ресурсов, возросших затрат на мероприятия по охране окружающей среды в процессе добычи и переработки сырья. Рациональное энергопотребление позволяет

производителям существенно снизить себестоимость выпускаемой продукции.

Для обеспечения строительного комплекса энергосберегающими конкурентоспособными строительными материалами отраслевая наука должна стать более динамичной к меняющимся условиям, а отрасль – более восприимчивой к техническому прогрессу. Основными инновационными направлениями развития производства основных видов строительных материалов является повышение качества, энергоэффективности и экологичности продукции, а также снижение ее энергоемкости.

Для решения данных вопросов и для создания в Тюменской области производства современных высококачественных конкурентоспособных ресурсов и энергосберегающих строительных материалов, изделий и конструкций с учетом потребностей и имеющейся региональной сырьевой базы в настоящее время разрабатывается региональная программа «Развитие промышленности строительных материалов и индустриального домостроения в Тюменской области до 2020 года». Разрабатываемая программа развития строительной индустрии предусматривает меры государственной поддержки предприятий.

Такая господдержка предприятий строительной индустрии уже осуществляется правительством области. Предприятия могут претендовать на возмещение части затрат на оплату процентов по договорам кредита, заключенным с российскими кредитными организациями; возмещение части стоимости предметов лизинга либо возмещение части затрат по участию в выставках.

Субсидии предоставляются промышленным предприятиям, приобретающим оборудование в лизинг или привлекающим заемные средства (кредиты) с целью:

- приобретения оборудования, производственных помещений, земельных участков, на которых расположены производственные базы промышленных предприятий;
- технического перевооружения, модернизации, реконструкции, капитального ремонта, строительства новых производственных площадей;
- приобретения и освоения новых технологий, выпуска новой продукции;
- проведения мероприятий по переносу производств на новые производственные площадки (включая их инженерное обустройство) для предприятий, подлежащих переносу за пределы жилой застройки населенных пунктов, в соответствии с утвержденными документами территориального планирования.

Субсидируются затраты, связанные с проведением на этих предприятиях энергетических обследований; реализацией работ в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности в рамках энергосервисных договоров; приобретением и внедрением инновационных технологий, оборудования и материалов.

В 2010 г. объем оказанной предприятиям строительного комплекса государственной поддержки составил более 53 млн р.; в первом полугодии 2011 г. – 101,7 млн р.

Средства получили такие предприятия, как завод стеновых материалов «Поревит», ООО «Завод ЖБИ-5», ЗАО «Загрос», ООО «Тюменьстальмост», ЗАО «Винзиллинский завод керамических стеновых материалов», ОАО «Тисма» и ООО «Тюменский фанерный завод». Предприятия могут рассчитывать и на дополнительные меры господдержки за счет средств федерального бюджета, которые предусмотрены подпрограммой «Стимулирование программ развития жилищного строительства субъектов Российской Федерации» федеральной целевой программы «Жилище».

В.В. БАБКОВ, д-р техн. наук, Н.С. САМОФЕЕВ, инженер (volvita@inbox.ru),
Д.В. КУЗНЕЦОВ, канд. техн. наук, Уфимский государственный
нефтяной технический университет

Состояние жилых домов в силикатном кирпиче и реализация программы санации объектов этой категории в Республике Башкортостан

Силикатный кирпич как стеновой строительный материал начал применяться в Республике Башкортостан с начала XX века. Первое предприятие по производству силикатного кирпича (по архивным материалам Уфимской губернии) появилось в 1904 г., тогда как производство керамического кирпича уже в середине 1880 гг. в Башкирии реализовывалось на 9 заводах, из них на 8 – в г. Уфе. Первое производственное оборудование УКСМ (Уфимский комбинат строительных материалов, ныне ОАО «Башкирский кирпич») было представлено одним прессом, двумя гасильными барабанами и двумя автоклавами. Обеспечивали работу предприятия известковый (пос. Александровка) и гипсовый (пос. Новиковка) заводы, располагавшиеся вблизи г. Уфы. К концу 1920-х гг. жилищный фонд города насчитывал почти 10 тыс. домов. Главным образом, это были одноэтажные деревянные постройки. На всю Уфу приходилось 484 кирпичных здания, и только 41 из них имело три этажа.

Активное применение силикатного кирпича в жилищном домостроении началось после принятия в первой половине 1950-х гг. «Генерального плана реконструкции и развития г. Уфы». Жилые дома в тот период строились в основном по типовым сериям (1-447 и 1-511) из силикатного кирпича с толщиной наружной стены 640 мм в 4–5-этажном исполнении.

В целом развернутая в то время и в последующие годы жилищная программа в значительной степени решила острый дефицит в достаточно комфортных и пригодных для проживания жилых домах для жителей не только Уфы, но и страны в целом.

Объем введенного жилого фонда в период с 1940-х гг. по 1970-е гг. на основе силикатного кирпича в крупных городах Республики Башкортостан оценивается в 18,3 млн м² общей площади, в том числе в Уфе примерно 6–6,5 млн м².

На современной территории Уфы сосредоточено более 200 крупных и средних промышленных предприятий, большая часть которых расположена в северной части города. По данным 2011 г., по количеству вредных выбросов столица РБ занимает 9 место по России. Значительная часть жилых домов на основе силикатного полнотелого кирпича расположена в Орджоникидзевском и Октябрьском районах города и, учитывая розу ветров, находится в наиболее неблагоприятной экологической ситуации.

Очевидно, что силикатный кирпич автоклавного твердения, применяемый в массовом строительстве в Уфе, после 70 лет эксплуатации требует комплексной оценки эксплуатационного состояния и основных эксплуатационных свойств материала в конструкции наружной стены.

Исследование процессов и их последствий, а также вызывающих эти изменения причин в структуре силикатного кирпича в одной из наиболее повреждаемой

частей здания – наружной стене жилого дома за длительный период эксплуатации является актуальной задачей. Ее решение позволит прогнозировать поведение материала кирпичных стен из силикатного кирпича в последующий период эксплуатации и оценить остаточный эксплуатационный ресурс здания.

В период 2006–2008 гг. специалистами кафедры «Строительные конструкции» УГНТУ в Уфе были проведены натурные обследования более 80% (около 600 объектов) 4–5-этажных жилых домов из силикатного кирпича постройки 1940–1970-х гг. с фотофиксацией характерных повреждений и дефектов наружных стеновых конструкций. По результатам обследований и анализа состояния были выявлены основные деструктурирующие факторы [1, 2], воздействующие на силикатный кирпич в конструкциях наружных стен:

- попеременное увлажнение и высыхание поверхностного слоя стены, вызывающее неравномерные объемные деформации набухания-усадки, приводящее к развитию внутренних напряжений и локальным структурным повреждениям, деструкции материала. Природа этого механизма связана с увлажнением наружной стены косым дождем и конденсатообразованием;
- процессы замораживания-оттаивания, сочетающиеся с поверхностным увлажнением, приводящие к деструкции и деградации поверхностных слоев материала;
- изменения, вызванные воздействием углекислого газа воздуха на структуру носителя прочности силикатной фазы – гидросиликатной связки;
- глубокое объемное увлажнение стены (как правило, подкарнизной и подоконной зон), связанное с интенсивным попаданием влаги при нарушениях кровли и подоконных водоотливов, нарушениях общих систем водостоков. В сочетании с замораживанием и оттаиванием силикатная кладка в этих условиях подвергается коррозии и массивному разрушению.

Особое место среди механизмов разрушения силикатной кладки связано с глубоким увлажнением массива кладки на большую глубину из-за дефектов кровли и подоконной защиты. Сочетание глубокого проникновения влаги с замораживанием-оттаиванием в переходные периоды года приводит к интенсивному размораживанию кладки на большую глубину. Восстановление несущей способности и ремонт кладки наружных стен в данном случае связаны с переборкой кладки и ее заменой на новый полнотелый силикатный или керамический кирпич.

Оценка состояния силикатного кирпича и кладочного раствора в конструкциях наружных стен в лабораторных и натуральных условиях была проведена на образцах 1940-х, 1970-х и 2000-х гг. с диагностикой изменения основных физико-химических и физико-механических параметров процессов.

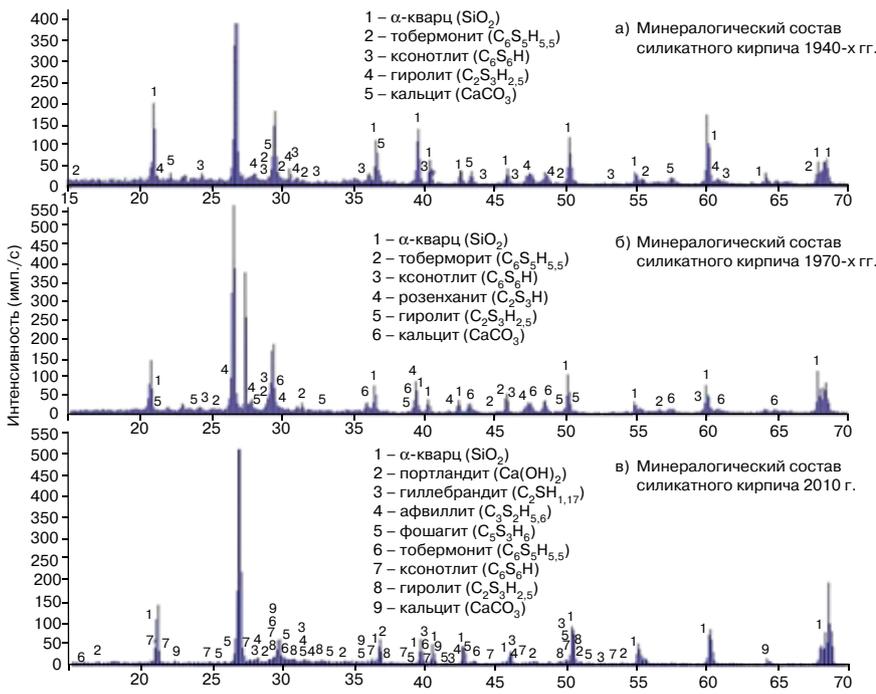


Рис. 1. Минералогический состав проб силикатного кирпича

Обследованиями установлено, что глубина полностью деструктурированного поверхностного слоя элементов кладки наружной стены, вызванного попеременным увлажнением-высыханием в летний и замораживанием-оттаиванием в переходные периоды (осень-зима, зима-весна), а также карбонизацией и перекристаллизационными процессами в гидросиликатных фазах структуры силикатного кирпича, на объектах 1970-х гг. составляет 3–4 мм, на объектах 1940-х гг. – 8–10 мм. За пределами деструктурированного слоя структура силикатного кирпича практически сохраняет прочность и жесткость.

Интенсивную деструкцию поверхностного слоя можно объяснить действием механизма коррозии II вида по Москвину. В данном случае содержащаяся в воде углекислота (H₂CO₃), проникая в структуру разуплотненного силикатного материала, где в силу развития внутренних напряжений от воздействия попеременного увлажнения-высыхания и замораживания-оттаивания произошла частичная деструкция материала, образует растворимый гидрокарбонат кальция Ca(HCO₃)₂, который, диффундируя к наружной поверх-

ности кирпича, вымывается дождевой водой, снижает относительное содержание кальцита в этой зоне кирпича с его полной деструкцией.

Прочность при сжатии образцов силикатного кирпича лицевого слоя кирпичной кладки за пределами деструктурированного слоя наружной стены жилых домов начала 1940-х – середины 1950-х гг. в среднем составила 8,4 МПа, начала 1960-х – середины 1970-х – 10,9 МПа. Учитывая то, что с конца 1940-х – начала 190-х гг. промышленное производство силикатного кирпича велось по действующему в то время ГОСТ 379–53 и для кладки наружных стен применялся лицевой кирпич марки 100, а с середины 1960-х по ГОСТ 379–69, повысивший требования к облицовочному кирпичу до марки 125, можно сделать вывод о применении в лицевом слое кладки на объектах 1940–1950-х гг. силикатного кирпича марки около 100, а на объектах 1960–1970-х гг. – марки 125. Это согласуется с результатами испытаний на изделях, взятых из наружных стен жилых домов.

Предел прочности при сжатии кладочного раствора на объектах 1940-х гг. постройки в среднем составил 5,6 МПа, 1970-х – 7,4 МПа. На образцах силикатного кирпича 1940-х гг. также было проверено сцепление кирпича с кладочным цементно-песчаным раствором. Прочность раствора на отрыв составила в среднем 1,26 кгс/см² при адгезионном характере разрушения.

Рентгенофазовым и дифференциально-термическим анализом проб, взятых на глубине 25 мм от наружной поверхности силикатного кирпича 1940-х, 1970-х гг., установлено, что минералогический состав материала, в основном представлен (рис. 1, 2 а, б) α-кварцем, низкоосновными гидросиликатными структурообразующими фазами (ксонотлит C₆S₆H, тоберморит C₆S₅H_{5,5}, гиролит C₂S₃H_{2,5}) с соотношением CaO/SiO₂ ≤ 1,1) и кальцитом (CaCO₃). Минералогический состав современного кирпича (производства 2010 г.), взятого для сравнения, представлен (рис. 1 и 2 в) α-кварцем и преимущественно средне- и высокоосновными гидросиликатами (гиллебрандит (C₂SH_{1,17}), фошагит (C₅S₃H₆), афвиллит (C₃S₂H_{5,6})) со степенью основности CaO/SiO₂ ≥ 1,1 и в малой степени низкоосновными гидросиликатными фазами, а также портландитом Ca(OH)₂ и следами кальцита.

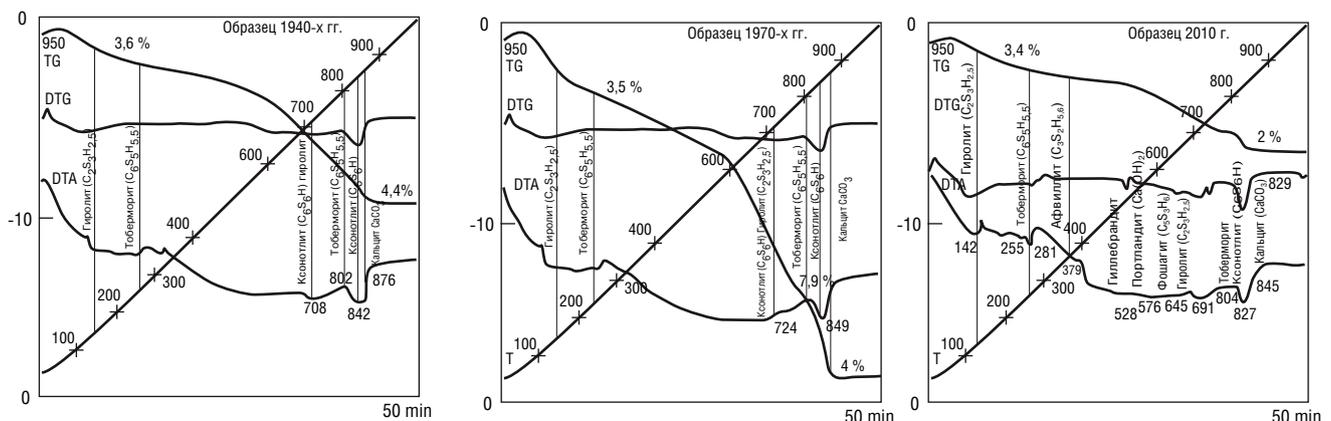


Рис. 2. Дериватограммы образцов силикатного кирпича

Перекристаллизация и объемные изменения в структурообразующих гидросиликатных фазах силикатных материалов при карбонизации (по данным [3, 4])

Реакции карбонизации	Исходные продукты до карбонизации		Кристаллические продукты реакций перекристаллизации		Коэффициент изменения объема кристаллической фазы
	Молекулярная масса, m_x	Плотность, γ_x , г/см ³	Молекулярная масса, m_y	Плотность, γ_y , г/см ³	
1	2	3	4	5	6
1 $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$	74,09	2,23	100,09	2,71	1,111
2.1 (гиллебрандит) => (ксонотлит) $6\text{C}_2\text{SH}_{1,17} + 6\text{CO}_2 = \text{C}_6\text{S}_6\text{H} + 6\text{CaCO}_3 + 6\text{H}$	1159,8	2,64	714,96 600,54	2,69 2,71	1,11
2.2 (ксонотлит) $\text{C}_6\text{S}_6\text{H} + 6\text{CaCO}_3 + 6\text{H} + 6\text{CO}_2 = 12\text{CaCO}_3 + 6\text{SiO}_2 + 7\text{H}$	–	–	1201,1	2,71	1,01
3.1 (фошагит) => (ксонотлит) $2\text{C}_5\text{S}_3\text{H}_3 + 4\text{CO}_2 = \text{C}_6\text{S}_6\text{H} + 4\text{CaCO}_3 + 5\text{H}$	1029,28	2,67	714,96 400,36	2,69 2,71	1,073
3.2 (ксонотлит) $\text{C}_6\text{S}_6\text{H} + 4\text{CaCO}_3 + 5\text{H} + 6\text{CO}_2 = 10\text{CaCO}_3 + 6\text{SiO}_2 + 6\text{H}$	–	–	1000,1	2,71	0,957
4.1 (афвиллит) => (ксонотлит) $3\text{C}_3\text{S}_2\text{H}_3 + 3\text{CO}_2 = \text{C}_6\text{S}_6\text{H} + 3\text{CaCO}_3 + 8\text{H}$	1027,14	2,64	714,96 300,27	2,69 2,71	0,994
4.2 (ксонотлит) $\text{C}_6\text{S}_6\text{H} + 3\text{CaCO}_3 + 8\text{H} + 6\text{CO}_2 = 9\text{CaCO}_3 + 6\text{SiO}_2 + 9\text{H}$	–	–	600,54	2,71	0,877
5 (ксонотлит) $\text{C}_6\text{S}_6\text{H} + 6\text{CO}_2 = 6\text{CaCO}_3 + 6\text{SiO}_2 + \text{H}$	714,96	2,69	600,54	2,71	0,834
6 (риверсайдит) $\text{C}_5\text{S}_6\text{H}_3 + 5\text{CO}_2 = 5\text{CaCO}_3 + 6\text{SiO}_2 + \text{H}_3$	694,98	2,6	500,45	2,71	0,691
7 (тоберморит) $\text{C}_6\text{S}_5\text{H}_{5,5} + 5\text{CO}_2 = 5\text{CaCO}_3 + 6\text{SiO}_2 + 5,5\text{H}_2\text{O}$	739,8	2,43	500,45	2,71	0,606
8 (гиролит) $\text{C}_2\text{S}_3\text{H}_{2,5} + 2\text{CO}_2 = 2\text{CaCO}_3 + 3\text{SiO}_2 + \text{H}_{2,5}$	328,4	2,4	200,18	2,71	0,54

Отметим, что все образцы (1940-х, 1970-х и 2010 гг.), отобранные для исследования, взяты на объектах, имевших одного и того же поставщика силикатного кирпича (ОАО «Башкирский кирпич», ранее ОАО «УКСМ»), работавшего все эти годы в основном на сырье одних карьеров.

При изучении минералогического состава проб силикатного кирпича по данным рентгенограмм (рис. 1) и дериватографии (рис. 2) было отмечено, что частота и интенсивность пиков на рентгенограммах и отчетливо выраженные эндоэффекты на дериватограммах у кальцита (CaCO_3) увеличиваются в направлении образцов более раннего возраста (1970-е → 1940-е гг.), что отражает происходящие в кирпиче процессы карбонизации (рис. 3).

Наблюдаемое количественное увеличение низкоосновных гидросиликатов и кальцита в кирпиче более позднего периода, связанное с двухстадийным протеканием процессов перекристаллизации высокоосновных гидросиликатов кальция в низкоосновные (первая стадия – реакции 2.1, 3.1, 4.1, указанные в таблице) и далее под влиянием CO_2 в кальцит (вторая стадия – реакции 2.2, 3.2, 4.2, 5, 6, 7, 8), подтверждается результатами рентгенофазового и дифференциально-термического исследований проб образцов силикатного кирпича с разными сроками эксплуатации. На принципиальный характер двухстадийности подобных процессов в силикатных структурах указывается также в работах [3–5].

Расчеты, касающиеся процессов перекристаллизации основных структурообразующих фаз силикатного кирпича, представлены в таблице.

Соответствующие расчетные оценки прочностных характеристик кладки стен позволяют сделать вывод о снижении прочности стены в длительный период эксплуатации (~70 лет) за счет уменьшения эффективного сечения на 7–12%, снижения прочности облицовочного кирпича до 15–20%. Состояние материалов (кирпича и кладочного раствора) более глубоких слоев кладки наружных стен зданий находится в значительно лучшем или даже в практически исходном состоянии, что подтверждается нашими обследованиями состояния большого числа жилых объектов.

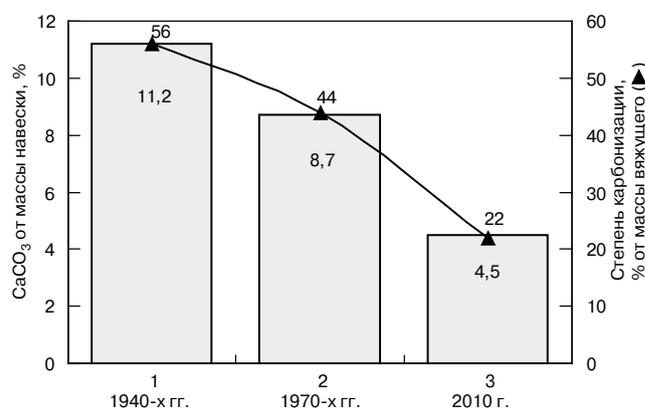


Рис. 3. Относительное содержание кальцита в пробах силикатного кирпича разного возраста (на глубине 25 мм от наружной поверхности стены)

Анализ результатов проведенных физико-механических и физико-химических исследований позволяет сделать вывод, что наружная стена в силикатном кирпиче после 50–70 лет эксплуатации в основном сохраняет свои эксплуатационные характеристики с уровнем потерь несущей способности в пределах 10–15%. Продление эксплуатационного ресурса наружной стены из силикатного кирпича возможно путем ее защиты гидроизоляционными материалами (штукатурные системы, гидрофобные проникающие композиции) в идеале в сочетании названных систем гидрозащиты с системой фасадной теплоизоляции. Такие системы должны обладать необходимой паропроницаемостью и обеспечивать требования нормативов по температурно-влажностному состоянию стены за зимние месяцы и годовой период. В этом случае конструктив наружной стены будет защищен от внешних воздействий и переведен в режим щадящей эксплуатации, что существенно продлит долговечность наружной стены и позволит снизить энергозатраты объекта на отопление.

В рамках республиканской программы по капитальному ремонту многоквартирных жилых домов в течение 2008–2010 гг. санация наружных стен с утеплением была апробирована более чем на 40 крупноформатных 4–5-этажных объектах из силикатного кирпича. Общий объем утепленных зданий позволяет оценить экономию энергоресурсов, затрачиваемых на отопление этой категории домов. На жилых домах общей площадью порядка 150–200 тыс. м², где реализовано утепление наружных стен, замена оконных блоков на современ-

ные стеклопакеты, экономия за 2–3 года эксплуатации составила порядка 18 тыс. т усл. топлива при удельной годовой экономии тепла в 25–30 кг усл. топлива на 1 м² общей площади.

Ключевые слова: карбонизация структурообразующих гидросиликатных фаз, поврежденность наружных стен, уровни санации, эксплуатационная надежность.

Список литературы

1. Бабков В.В., Самофеев Н.С., Проторчин Р.В., Садыков И.М. Реализация программы комплексной санации жилых домов постройки 1950–1980 гг. в Республике Башкортостан // Жилищное строительство. 2010. № 4. С. 22–26.
2. Бабков В.В., Самофеев Н.С. Состояние силикатного кирпича в наружных стенах жилых домов после длительной эксплуатации // Инженерные системы. 2011. № 5. С. 25–28.
3. Силаенков Е.С. Долговечность изделий из ячеистых бетонов. М.: Стройиздат, 1986. 176 с.
4. Бабков В.В., Кузнецов Д.В., Сахибгареев Р.Р. Проблемы долговечности автоклавного газобетона // Башкирский химический журнал. 2006. С. 12–14.
5. Кржеминский С.А., Судина Н.К., Кройчук Л.А., Варламов В.П. Автоклавная обработка силикатных изделий. М.: Стройиздат, 1974. 160 с.



ОО «Горно-рудная компания «Коксу» является производителем минерального сырья известного под торговой маркой Таурит, применяемого в производстве строительных материалов в качестве пластификатора и стойкого природного пигмента

Таурит марки «ТС-Д» применяется в качестве пластификатора и стойкого пигмента в производстве: тротуарной плитки, бордюров, брусчатки, поребрика, силикатного кирпича и других строительных изделий на основе цементной и известково-песчаной смеси.

Таурит марки «ТС-Д» обеспечивает:

- повышение морозостойкости готовой продукции;
- объемный стойкий цвет, от серого до темно-серого оттенка;
- предотвращение выхода солей на поверхность строительных материалов;
- ускорение схватывания цемента;
- повышение износостойкости продукции.

Производственная технологичность Таурита марки «ТС-Д» определена следующими свойствами:

- легко совмещается и диспергируется в смеси, как при сухом смешивании, так и при подготовке жидкого пигмента в силикатном производстве;
- равномерно распределяется в общей массе смеси;
- не агрегирует (не образует трудно-перемешиваемого осадка);
- снижает себестоимость производства за счет сокращения затрат и времени изготовления продукции;
- снижает пыльность производства;
- является экологически чистым материалом;
- безопасен для здоровья рабочих.

Экономическая эффективность применения Таурита марки «ТС-Д»:

- в качестве пигмента заменяет дорогостоящие марки технического углерода и пигментов;
- в качестве пластификатора заменяет дорогостоящие пластификаторы зарубежного производства;
- расчет экономии применения Таурита определяется соотношением стоимости Таурита и заменяемых ингредиентов.

Рекомендуемые нормы расхода Таурита марки «ТС-Д»:

- в качестве пигмента цвета: 3–5% от массы смеси.
- в качестве пластификатора: 5% от массы цемента в зависимости от технологии производства.

040000, Республика Казахстан
Алматинская область,
г. Талдыкорган, ул. Жансугурова, 157
Тел.: +7-7282-242232
Факс: +7-7282-248010
e-mail: koksu@koksu.kz
www.koksu.kz



Реклама

Специальная модификация для суперустойчивости к сползанию

гидроксиэтилцеллюлоза
гидроксипропилметилцеллюлоза

гидроксиэтилметилцеллюлоза
метилцеллюлоза
карбоксиметилцеллюлоза

НЕС

МР

МАТ

МЕ

МЕТ

МС



РОССИЯ

УКРАИНА

БЕЛАРУСЬ

КАЗАХСТАН

Штукатурка гипсовая
ручная, машинная

Адгезивы
цементные

Клеи для фасадного утепления

Новые марки МАТ, МЕТ:

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

ЕТС

Группа компаний
«Единая Торговая Система»

Тел. +7 812 703 103 5

www.utsrus.com

СИЛИКАТЭкс



Конференция СИЛИКАТЭкс состоялась в Тюмени

12-13 октября 2011 г. состоялась V международная научно-практическая конференция СИЛИКАТЭкс «Развитие производства силикатного кирпича в России». Организатором этого ежегодного форума силикатчиков является научно-технический и производственный журнал «Строительные материалы»®. Конференция проведена при поддержке правительства Тюменской области. Генеральным спонсором выступила компания MASA GmbH – один из крупнейших производителей оборудования и разработчиков технологии производства силикатного кирпича, автоклавного газобетона и др., спонсором конференции – компания Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG, разработчик смесительной техники для производства строительных материалов различного назначения.

В работе конференции приняли участие около 100 специалистов – представители заводов силикатного кирпича из России, Белоруссии, Казахстана, Нидерландов; представители машиностроительных компаний, поставщики сырьевых материалов и компонентов и др.



2007 г. С.В. Ивановский, фирма ВИЗО



2008. В кулуарах



2008. Образцы можно рассмотреть поближе



2009. На заводе «Силикатстрой»



2009. В зале заседания



2010. Экспозиция компании «Спектра»



2010. Экскурсия на завод «Жилищная инициатива-5»

Конференция СИЛИКАТЭкс не случайно стала определенной вехой в развитии силикатной промышленности России. Журнал «Строительные материалы»® – организатор конференции с первых лет существования стал проводником технической политики в отрасли, отражая новое в науке и технике, рассказывая о людях, работающих в промышленности и строительной науке. Производству силикатных стеновых материалов в журнале всегда отводилось значительное место. С 30-х гг. прошлого века силикатные стеновые материалы стали основными для возведения стен зданий и сооружений, поэтому и производство силикатного кирпича было одной из главных тем журнала с первых лет его издания.

С распадом СССР, с прекращением существования отраслевых министерств, с утратой вертикали административно-хозяйственного управления во всех сферах материального производства в сложившихся за многие годы подотраслях промышленности начались процессы децентрализации, которые привели в том числе к разобщению специалистов, утрате сложившихся путей обмена информацией. В этих условиях отраслевой научно-технический и производственный журнал остался одним из немногих связующих звеньев между производителями оборудования и материалов, проектировщиками и строителями в условиях новых экономических реалий.

В 2007 г. редакцией журнала «Строительные материалы»® была организована первая научно-практическая конференция «Состояние и перспективы развития силикатного кирпича в России». В ее работе приняли участие руководители и ведущие специалисты кирпичных заводов, а также предприятий по производству автоклавного газобетона, известные российских машиностроительных и инженеринговых фирм.

Конференция стала своевременным и полезным мероприятием, участники выразили желание продолжить встречи в таком формате. Однако редакция решила сосредоточить внимание на своей традиционной тематике – производстве силикатного кирпича. Тогда же на конференции был поднят и активно обсуждался вопрос о создании действенного объединения предприятий и организаций силикатной подотрасли промышленности строительных материалов. Однако никакого решения принято не было.

Поскольку к началу третьего тысячелетия в России машиностроение для промышленности строительных материалов, в том числе и для силикатной промыш-



После учредительного заседания Ассоциации производителей силикатных изделий, 2010 г.

ленности, практически перестало существовать, Россию устремились зарубежные производители технологического оборудования. В конференции **2008 г.** приняли участие представители машиностроительных фирм из зарубежных стран. Она фактически стала международной. Генеральным спонсором конференции выступила немецкая фирма MASA.

2009 г. для проекта СИЛИКАТэкс стал знаменателен тем, что он покинул столицу и стал региональным. По приглашению генерального директора завода «Силикатстрой» Н.В. Сомова III конференция СИЛИКАТэкс-2009 была проведена в Нижнем Новгороде. Участники посетили завод «Силикатстрой». С этого времени посещение передовых предприятий отрасли стало доброй традицией.

В **2010 г.** проект СИЛИКАТэкс получил новый импульс развития. Весной состоялась первая поездка группы российских руководителей и ведущих специалистов силикатной промышленности в Германию на Международную выставку строительного и горного оборудования, оборудования для производства стройматериалов, транспортных средств для строительных работ и строительных агрегатов BAUMA-2010. В рамках этой поездки при содействии бессменного партнера конференции СИЛИКАТэкс – фирмы MASA – группа специалистов впервые посетила производственное предприятие – завод Kalksandsteinwerk в г. Крефельд.

IV конференция СИЛИКАТэкс-2010 состоялась в Тамбове. В рамках конференции была организована экскурсия на ООО «Жилищная инициатива-5», где в цехе силикатного кирпича установлена новая производственная линия MASA-Dorstener. Предприятие является одним из старейших и крупнейших предприятий стройиндустрии Тамбовской области. Здесь производятся железобетонные изделия и детали как по типовым проектам, так и по чертежам заказчика, товарный бетон с различными свойствами, строительный раствор, арматурные изделия и закладные детали любой сложности, выпускается силикатный кирпич рядовой и лицевой различных цветов.

2010 г. стал поворотным не только в истории проекта СИЛИКАТэкс, но и в новой истории отрасли. В дни работы конференции состоялось учредительное собрание Ассоциации производителей силикатных изделий, которая на первом этапе объединила 18 заводов. Председателем АПСИ был избран директор завода «Силикатстрой» Н.В. Сомов.



Силикатчики в Германии. Мюнхен, 2010 г.



М. Кларе и А.К. Иванов, MASA GmbH



В журналах тоже бывает разумное, доброе, вечное...



В.В. Мадисон, ООО «НПП «Урализвесть-М»



Г.В. Кузнецова (КазГАСУ) (справа) всегда делится опытом с коллегами. М.А. Овод (АО «Западно-Казахстанская корпорация строительных материалов»)



М. Валтер и И.С. Концуров, Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG



Д. Кларе, AAC-Concept GmbH



А.В. Носков, ООО «ИНТА-строй»



Д.А. Пономарев (RUD Ketten Riger & Dietz GmbH) и И.А. Галеев (ООО «Инвест-Технология») нашли область совместного интереса



А.А. Хуберт, Hazemag & EPR GmbH



В.Х. Эден внимательно следил за выступлениями российских коллег, хотя и с помощью переводчика

У конференция СИЛИКАТэкс стала последовательным этапом развития отрасли. С приветственным словом к участникам мероприятия выступил начальник главного управления строительства и жилищно-коммунального хозяйства Тюменской области **С.В. Шустов**. В своем докладе Сергей Викторович отметил, что силикатные материалы производятся на территории Тюменской области с 1964 г. и в настоящее время при наличии уже двух предприятий приобретают особое значение для строительства в области. Более подробно с докладом можно ознакомиться на стр. 4.

Одним из наиболее острых вопросов многих предприятий силикатной промышленности по-прежнему остается техническое перевооружение и модернизация производства. Поэтому выступление представителей генерального спонсора конференции компании MASA GmbH представляло значительный интерес для специалистов. В докладе **М. Кларе** и **А.К. Иванов** показали основные особенности нового завода силикатных изделий, построенного в конце 2009 г. в Польше. Завод рассчитан на круглогодичный выпуск современных силикатных изделий.

Компания Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG уже более ста лет специализируется на выпуске промышленного оборудования для подготовки продуктов к дальнейшей переработке – смесительной техники и оборудования для тонкого помола. В промышленности строительных материалов смесители Eirich используются для производства сухих строительных смесей, подготовки силикатной массы, в керамическом и огнеупорном производстве, стекольной промышленности, при производстве бетона.

В докладе на конференции СИЛИКАТэкс-2011 **М. Валтер** и **И.С. Концуров** представили новый тип смесительного оборудования Eirich R28/R33, который соответствует самому современному оборудованию в области производства силикатного кирпича. Объем смесительного барабана таких машин составляет 4000–7000 л. Смесители обеспечивают производительность до 185 т/ч при одинаковом качестве смеси. Некоторые из этих машин могут иметь угол наклона от 0 до 20°. Также был представлен самый маленький из лабораторных смесителей, который имеет объем 1 л. Этот смеситель соответствует всем современным требованиям по смешиванию согласно стандартам качества компании Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG, т. е. вращающийся смесительный барабан, бесступенчатое изменение скорости вращения завихрителя, и реализуется по относительно приемлемой цене.

Основное технологическое оборудование для производства силикатных изделий – смеситель и пресс марки Viking собственной разработки представил **И.А. Галеев** (ООО «Инвест-Технология», Челябинск). Оборудование разработано с учетом современных требований к производству силикатных материалов и обладает рядом отличительных особенностей. В настоящее время компания «Инвест-Технология» ведет строительство нового завода силикатного кирпича мощностью 100 млн шт. усл. кирпича в Калуге. Все оборудование, кроме автоклавов, разработано специалистами компании.

Впервые на конференции выступил глава немецкой компании AAC-Concept GmbH **Д. Кларе**, который подчеркнул, что специалисты компании имеют большой опыт проектирования оборудования и создания технологических линий для производства силикатного кирпича, автоклавного газобетона и обработки поверхности. Поставляемое оборудование характеризуется более низкими цена-



Е.В. Некрасова, ООО «Инвест-силикат-стройсервис»



У коллег-земляков из Ульяновской области есть темы для обсуждения за чашечкой чая. Н.М. Афонин (ООО «Силикатчик») слева, А.В. Маделов (ООО «Силикат»)

ми, чем у аналогов, так как производственная база компании находится в Китае, но изготовление оборудования полностью контролируется немецкими специалистами.

Возможность повышения качества обжига извести в шахтных печах показал в выступлении **В.В. Мадисон** (ООО «НПП Урализвесть-М», Екатеринбург). Специалистами компании разработан ряд мероприятий для оптимизации процесса: распределение теплового напряжения по высоте зоны обжига приведено в соответствие с теплотреблением обжигаемого материала, которое уменьшается по мере продвижения материала вниз, а фронта диссоциации – в глубь кусков; минимизация возможности образования очагов с чрезмерно высокой температурой в объеме зоны обжига; увеличение равномерности температурного поля в горизонтальных сечениях зоны обжига, что увеличивает степень обжига, качество и однородность свойств получаемой извести. Для этого разработаны специализированные горелки и выносные топки. 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.

Вопросам подготовки сырья посвятили доклады **Г.В. Кузнецова** (КазГАСУ) и **А.В. Носков** (ООО «ИНТА-строй», Омск). Компанией «ИНТА-строй» разработан активатор «Вьюга», на котором проведен эксперимент по активации сырья для выпуска зольного кирпича на ООО «СибЭК». Полученные результаты показали эффективность применения агрегата для повышения марочности изделий.

Впервые на конференции представил продукцию фирмы RUD Ketten Riger & Dietz GmbH **Д.А. Пономарев**. Компания специализируется на производстве конвейеров, элеваторов различного назначения, в том числе закрытых, что особенно актуально для транспортирования извести.

С презентацией дробильного оборудования известной немецкой компании Hazemag & EPR GmbH выступил **А.А. Хуберт**.

Современные представления о качественных строительных материалах теперь непременно включают и упаковку. Эти тенденции стали актуальными и для силикатных изделий, вытеснив понятие «в навал». **В.В. Юрченко** (ООО «Спекта Интерпак», Москва) представил участникам конференции результаты анализа эффективности, стоимости и доступности различных видов упаковки строительных материалов и подчеркнул наиболее рациональные способы упаковки силикатного кирпича и блоков.

Современные технологии производства силикатного кирпича позволяют выпускать изделия различной цветовой гаммы. Цветной кирпич воспринял с энтузиазмом, строительный рынок, и теперь уже невозможно представить без него современное строительство. Достаточно новым пигментом для силикатных материалов является «Таурит» – ингредиент на основе шунгита, проявляющий также свойства пластификатора. «Таурит» может использоваться при производстве различных строительных материалов; в производстве силикатного кирпича он заменяет пигменты на основе технического углерода, придавая изделиям от серого до черного цветов. О свойствах «Таурита» и возможности применения его в производстве материалов рассказал **Е.Т. Шлембаев** (ТОО «Горно-рудная компания «Коксу», Республика Казахстан).

С особым интересом специалисты отрасли заслушали доклад представителя научно-исследовательской ассоциации производителей силикатного кирпича Германии **В.Х. Эдена**, который представил результаты последних исследований, проведенных в Германии.

В настоящее время, несмотря на значительно возросшее качество силикатного кирпича, появление абсолютно новых видов изделий – блоков, экологичность и безопасность данного вида продукции, во многих регионах конъюнктурно формируется мнение о силикатных изделиях как о морально устаревших и неперспективных, имеющих недостаточные прочностные и теплотехнические характеристики. Такие нападки послужили побудительным толчком к сравнительному анализу технических характеристик материалов. В докладе **Е.В. Некрасовой** (ООО «Инвест-силикат-стройсервис») представлены основные требования к силикатным материалам и реальные показатели, достигнутые производителями изделий в последнее время. Также было показано несоответствие



Е.Т. Шлембаев,
ТОО Горно-рудная
компания «Коксу»



Экскурсию по заводу стеновых материалов ПОРЕВИТ
вел генеральный директор А.С. Божедомов



Импровизированная выставка изделий
и конструкций из них в цеху...



... можно и рассмотреть получше и руками потрогать



Но фотографировать можно!



Общая фотография на память



А.К. Иванов отвечал на вопросы специалистов не только в зале заседания, но и на заводе



Жилой дом из силикатных блоков



Традицией СИЛИКАТэкса также стали экскурсии по достопримечательностям принимающих городов. В этот раз мы посетили Ялуторовский острог. Это деревянная крепость, которая была построена при царе Алексее Михайловиче в 1659 г. и восстановлена в канун 350-летия города. Участников конференции встречали хлебом-солью, водили по музейным объектам, позволили окунуться в атмосферу старого города, почувствовать быт того времени...

нынешнего качества изделий и показателей действующих СНиПов. И переработка нормативных документов в соответствии с реалиями должна стать основной задачей Ассоциации производителей силикатных изделий. По традиции второй день конференции проводится на предприятии по производству силикатных изделий. СИЛИКАТэкс-2011 получил приглашение от руководства завода стеновых материалов ПОРЕВИТ (генеральный директор А.С. Божедомов), входящего в холдинг «Партнер» (генеральный директор Г.Ю. Разницын).

Завод ПОРЕВИТ расположен в г. Ялуторовске (75 км от Тюмени) и в настоящее время является одним из наиболее современных предприятий силикатной промышленности. На заводе сейчас производится автоклавный газобетон и силикатные изделия (кирпич, блоки). Технологические линии газобетона и силикатного кирпича оснащены оборудованием компании MASA GmbH. Производственная мощность завода составляет 300 тыс. м³ газобетона и 110 млн шт. усл. кирпича в год.

Участники конференции не только посетили производство, но и строительство многоквартирных жилых домов из среднеформатных стеновых пазогребневых силикатных блоков (248×250×248 мм).

В рамках конференции СИЛИКАТэкс-2011 завод стеновых материалов ПОРЕВИТ организовал форум для строителей и проектировщиков «Передовые технологии строительства с применением силикатных изделий». На форуме специалисты поделились опытом проектирования многоквартирного дома из силикатных пазогребневых блоков, который возводится в п. Боровский (Тюменская область), в том числе эффективными строительными решениями, которые были применены в проекте и позволили добиться повышения надежности здания и снижения себестоимости. Застройщики отметили возможность снижения затрат на возведение фундамента, конструктива здания, облицовку стен. Но выгода от этой технологии будет достигнута в том случае, если изменится культура строительства в целом, проведено обучение каменщиков технологиям строительства из таких силикатных изделий, своевременно обеспечена логистика строительных материалов, правильно использованы сопутствующие средства механизации. Но нет невыполнимых задач, если они правильно поставлены!

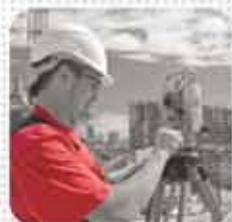
Экономический кризис больно отразился на промышленности строительных материалов, не обошел стороной и силикатную подотрасль. Будет ли востребована продукция предприятий, в первую очередь зависит от ее качества и цены, а также от активности на рынке всех субъектов отрасли, от консолидированного взаимодействия с другими подотраслями промышленности строительных материалов. Участники конференции не раз подчеркивали, что СИЛИКАТэкс объединил специалистов, стал главной площадкой общения, неформального объединения и получения новой информации. Редакция журнала «Строительные материалы»® – организатор конференции гордится тем, что и в этом вопросе оказалась полезна своей отрасли. До встречи в 2012 году!

С.Ю. Горегляд

13-я специализированная выставка

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ОСМ 2012



25 – 28 ЯНВАРЯ
Москва, ЦВК «Экспоцентр»



ЕВРОЭКСПО

www.osmexpo.ru



ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ
УПРАВЛЕНИЕ ГОРОДСКОГО СТРОИТЕЛЬСТВА
ПОЛИТИКИ И СТРОИТЕЛЬСТВА
ГОРОДА МОСКВЫ



ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА: ПРИ СОДЕЙСТВИИ



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ПАРТНЕР ВЫСТАВКИ



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
СПОНСОР ВЫСТАВКИ



ФИНАНСОВЫЙ
СПОНСОР ВЫСТАВКИ



СПОНСОР ВЫСТАВКИ



ПАРТНЕРЫ ВЫСТАВКИ



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНФОРМАЦИОННЫЙ СПОНСОР



ФИНАНСОВАЯ
ИНФОРМАЦИОННАЯ АГЕНТСТВО



ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА:



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ
ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР:

ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР:



Третье обсуждение СНиП 23-03 «Тепловая защита зданий»: грани разумного

2 ноября 2011 г. в Москве на базе НИИЖБ состоялось расширенное заседание НТС ОАО «НИЦ «Строительство», на которое были приглашены представители Министерства регионального развития России, Национального объединения строителей, Национального объединения проектировщиков, ТК-465 «Строительство», НИИСФ, МГСУ, ЦНИИЭП жилища, МНИИТЭП, АВОК, представители некоммерческих объединений подотраслей промышленности строительных материалов, проектных институтов и других организаций (всего более 80 человек). Главный вопрос повестки дня НТС: третье обсуждение актуализированной редакции СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий».

■ Первоначально предполагалось, что формат данного информационного материала будет традиционным для нашего научно-технического журнала: констатация информационного повода, статистические данные по участникам мероприятия, краткое изложение основных выступлений, несколько жанровых фотографий. Однако в процессе подготовки статьи стало ясно, что он выйдет за рамки привычного формата за счет дополнительных данных, комментариев и оценок. Имеем ли мы на это право? Думаю, да. Более 55 лет журнал «Строительные материалы»[®] верно служит отрасли, являясь ее неотъемлемой частью. В редакции работают только специалисты с высшим профильным образованием, в том числе кандидаты технических наук в области строительства и строительного материаловедения, которые, конечно, имеют профессиональную точку зрения на вопросы развития отрасли.

Итак, разработчиком новой редакции одного из важнейших для строительного комплекса нормативных документов СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» выступил НИИСФ РААСН (руководитель коллектива авторов д-р техн. наук, член-корр. РААСН В.Г. Гагарин). Первый вариант актуализированной редакции был представлен профессиональному сообществу в феврале 2011 г.

■ Напомним уважаемым читателям, что свою научно обоснованную позицию относительно сути понятий энергосбережения и энергоэффективности В.Г. Гагарин и его коллеги неоднократно излагали во множестве статей и публичных выступлениях, например в журнале «Строительные материалы»[®] («Экономический анализ повышения уровня теплозащиты ограждающих конструкций зданий», № 8-2008 г.), «Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий», № 3-2010 г., «Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций», № 12-2010 г.), в журнале «Жилищное строительство» («Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий», № 8-2011 г.) и др.

Их рассуждения базируются на данных академиков РАН П.Л. Капицы, А.Э. Которовича, Н.П. Лаверова и других признанных во всем мире ученых в области энергетики и экономики. Удивляет, что коллеги из НП «Росизол» в своем октябрьском письме (которое в том числе стало поводом для третьего общественного обсуждения новой редакции СНиП 23-02) на имя министра регионального развития РФ В.Ф. Басаргина, заместителя министра И.В. Пономарева и руководителя Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии Г.И. Элькина пытаются убедить последних, будто В.Г. Гагарин утверждает, «что энергосбережение нашей стране не нужно, что нет необходимости сохранять энергию, а необходимо ее больше тратить». Ведь при знакомстве с полными текстами статей и выступлений В.Г. Гагарина становится очевидно, что приведенная формулировка есть не что иное, как дезинформирующая интерпретация сути позиции ученого.

Обсуждение второй редакции документа состоялось 17 августа 2011 г. в НИИСФ, она была одобрена специалистами и после внесения ряда изменений направлена на утверждение в Минрегионразвития РФ.

Однако в октябре в адрес Минрегионразвития РФ поступили письма от ассоциации «Росизол» и Ассоциации производителей и постав-



В президиуме Научно-технического совета НИИЖБ Л.С. Барнинова, председатель ТК-465; К.А. Жилев, начальник отдела технического регулирования департамента архитектуры, строительства и градостроительной политики Минрегионразвития РФ; А.И. Звездов, председатель НТС, НИЦ «Строительство»

щиков пенополистирола, в которых они не только высказывали резкие возражения против второй редакции актуализированного СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» как не отвечающей государственной политике энергосбережения, но и обвиняли специалистов и руководство НИИСФ в том, что работа над СНиПом велась «кулуарно». Очень кстати для ассоциаций производителей минеральной и полимерной изоляции в «Строительной газете» № 40 от 7 октября 2011 г. появилось интервью вице-президента АВОК В.И. Ливчака озаглавленное: «Каким быть СНиПу по тепловой защите зданий?», – в котором он высказал ряд критических замечаний в адрес разработчиков новой редакции СНиП 23-02, обвинив их в «выхолащивании идеи комплексного подхода к повышению энергоэффективности зданий, манипуляциях и подтасовке показателей».

■ Не имея целью обсуждать суть претензий В.И. Ливчака ко второй редакции СНиПа, позволю себе высказать недоумение в адрес коллег из старейшего и самого популярного отраслевого издания. Как можно при таком опыте в журналистике и авторитете в отрасли допускать на страницах газеты оскорбительные оценки руководителей и ведущих специалистов государственного академического научно-исследовательского института, пусть даже в формате интервью!

В связи с упомянутыми обращениями Министерство регионального развития РФ и ТК-465 предложили еще раз организовать обсуждение актуализированной редакции СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий», пригласить на него широкий круг специалистов и заинтересованных организаций, в том числе из регионов, а также представителей отраслевых СМИ.

От коллектива разработчиков на заседании НТС НИЦ «Строительство» выступил д-р техн. наук, член-корр. РААСН В.Г. Гагарин. Он отметил, что при актуализации СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» было необходимо решить множество задач, в том числе противоречащих друг другу. Например, сохранить преемственность с действующими



Генеральный директор ГК «Мосстрой-31», президент Ассоциации производителей и поставщиков пенополистирола Ш.Г. Хабелашвили

щим СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», при этом устранить выявленные недостатки; провести гармонизацию с зарубежными нормами; повысить энергоэффективность проектируемых зданий; создать предпосылки для проектирования новых ограждающих конструкций с повышенными теплозащитными свойствами. В.Г. Гагарин подробно остановился на главных отличиях предлагаемой редакции от действующего нормативного документа. Особое внимание было уделено разъяснению физического смысла и методике расчета показателя удельной теплозащитной характеристики здания.

Показано, что в предлагаемой редакции СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» повышение требований к энергетической эффективности зданий осуществляется за счет нормирования метода расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций и нормирования удельной теплозащитной характеристики здания, что позволяет реально повысить теплотехническую однородность конструкции и оптимизировать архитектурно-планировочные решения.

Докладчик еще раз обратил внимание коллег, что начиная с 1995 г. в стране был проведен колоссальный эксперимент над целой отраслью экономики – строительством и промышленностью строительных материалов. К сожалению, **до настоящего времени отсутствуют, во всяком случае в открытом доступе, достоверные данные, подтверждающие экономическую целесообразность повышения сопротивления теплопередаче стен как основного резерва энергосбережения.** При этом имеется множество научных работ и практических примеров, показывающих, что утепление стен сверх экономически обоснованного предела зачастую оборачивается не только дополнительными некупаемыми расходами, но и причинением вреда здоровью граждан, а также проблемами технического и экономического характера на длительную перспективу.

Подробную рецензию представленной редакции СНиПа сделала профессор кафедры отопления и вентиляции МГСУ **Е.Г. Малявина**, которая, в частности, отметила, что структура СНиПа приобрела стройность и логичность, внесенные правки и дополнения способствуют однозначному пониманию норм. В новой редакции СНиП 23-02 учтено усложнение ограждающих конструкций и строительства в целом, что неизбежно приводит к необходимости более сложных методик расчета теплотехнических характеристик зданий. Однако развитие вычислительной техники и математических методов уже давно позволяет решить задачи теплотехнических расчетов.

В частности, Елена Георгиевна отметила, что введение удельной теплозащитной характеристики, которая вызвала множество споров и обсуждений в профессиональной среде, позволяет комплексно оценивать теплозащитные показатели ограждающей оболочки здания в целом, учитывая не только сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций, но и их размер. Например, это позволило убрать из действующей редакции п. 5.11, требующий увеличения сопротивления теплопередаче окон при увеличении их площади, что было абсолютно неадекватно ухудшению показателей микроклимата помещения и недостаточно при больших площадях остекления.

Как положительные результаты актуализации рецензент отметил нормирование минимально допустимого значения сопротивления те-



Генеральный директор Московского регионального фонда поддержки науки В.В. Целиков

плотепередаче ограждающей конструкции; введение расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждения по температурному полю, а не по экспертно-определяемому коэффициенту теплотехнической однородности; возврат таблицы с нормативными значениями коэффициентов теплоотдачи на наружной поверхности ограждающей конструкции, в том числе для стен с вентилируемой наружным воздухом прослойкой и др.

Замечания Е.Г. Малявиной относились в основном к той части СНиПа, которая не претерпела существенных изменений.

Главный специалист ГУП МНИИТЭП **В.Я. Котин**, передавая разработчикам ряд замечаний, отметил, что для проектировщиков предлагаемая редакция СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» весьма удобна. Он рекомендовал не затягивать принятие новой редакции СНиПа с целью его скорейшего внедрения в практику проектирования.

Генеральный директор ОАО «КТБ ЖБ» д-р техн. наук **А.Н. Давидюк** был более категоричен в оценке результатов предыдущего опыта волонтеристского ужесточения теплотехнических норм начиная с 1995 г., как нанесших экономике страны существенный ущерб. По мнению Алексея Николаевича, одно из главных преимуществ предлагаемой редакции СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» – экономическая обоснованность принимаемых решений по повышению энергоэффективности зданий. Предлагаемый документ дает возможность регионам дифференцированно подходить к вопросам энергосбережения, сохраняя при этом курс на энергоэффективность.



Профессор МГСУ Е.Г. Малявина



Генеральный директор ОАО «Максмир», член ГС НП НАМИКС А.А. Матвиевский



Главный инженер ГУ Центр «ЭНЛАКОМ»
А.Ю. Калинин



Директор по строительной изоляции
ЗАО «Парок» А.Д. Абрамов



Главный специалист ГУП МНИИТЭП
В.Я. Котин

Главный инженер ГУ Центр «Энлаком» **А.Ю. Калинин** отметил, что фактические результаты технических обследований, в том числе по определению сопротивлений теплопередаче ограждающих конструкций, имеют значительные расхождения с расчетными, утверждаемыми Госэкспертизой в разделе «Энергоэффективность». Предложенная в новой редакции СНИПа методика расчета может, по мнению специалистов «Энлаком», обеспечить более точные расчеты современных конструкций, что позволит более грамотно подходить к выбору фасадных систем и перейти к фактической экономии энергоресурсов на отопление зданий.

■ Мы постоянно сталкиваемся с жонглированием такими словами, как «энергоэффективность» и «энергосбережение». И если с понятием энергосбережения все более-менее ясно, то слово «энергоэффективность» толкуют различно. Однако существуют конкретные определения данного термина, которые будет нелишне напомнить читателям.

С точки зрения русского языка (Словарь русского языка в 4 томах. М.: Русский язык, 1988.) *эффективность* – свойство по значению прилагательного эффективный, то есть **действенный, приводящий к нужным результатам**.

Федеральный закон Российской Федерации № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» дает следующие определения этих часто употребляемых в последнее время слов.

Энергосбережение – реализация организационных, правовых, технических, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объема используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования.

Энергетическая эффективность – характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта, применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю.

Логично предположить, что указанное отношение должно быть больше единицы.

После ответа В.Г. Гагарина на многочисленные вопросы председатель НТС, д-р техн. наук, вице-президент Российской инженерной академии А.И. Звездов предоставил возможность выступить *всем* желающим. В основном выступающие одобряли представленную редакцию СНИПа, предлагали внести в нее изменения уточняющего характера, улучшающие стилистику документа, указывали на технические ошибки. Руководители Национальной ассоциации производителей автоклавного газобетона (НААГ) В.Н. Левченко (Екатеринбург), Союза производителей керамзита и керамзитобетона (СПКИК) В.М. Горин (Самара), исполнительные директора Ассоциации производителей силикатных изделий (АПСИ) Д.В. Фролов (Нижний Новгород), Ассоциации производителей керамических стеновых материалов (АПКСМ) В.Н. Герашенко (Москва), высоко оценив актуализированную редакцию СНиП 23-02, передали разработчикам, а также начальнику отдела технического регулирования департамента архитектуры, строительства и градостроительной политики Минрегионразвития РФ К.А. Жиляеву, председателю ТК-465 «Строительство» Л.С. Бариновой отзывы различных региональных организаций.

Более резким на общем фоне выглядело выступление **В.М. Бобршова**, канд. техн. наук, заведующего лабораторией легких конструкций и теплоизоляционных материалов ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко. Он считает, что многие положения предлагаемой редакции не соответствуют зарубежным нормативным документам, в СНиПе отсутствует методика расчета теплофизических характеристик материалов и конструкций. *Единственный из всех присутствующих на совещании он открыто поднял вопрос о проблемах перепроизводства теплоизоляционных материалов и экономических проблемах, которые могут возникнуть у производителей этих материалов, в случае принятия данной редакции СНИПа.*

■ Как своеобразная энциклопедия отрасли, журнал «Строительные материалы»[®] хранит на своих страницах множество разрозненных на первый взгляд фактов, сопоставление которых позволяет увидеть определенные тенденции. Например, можно отметить, что активная

Компания	Основная принадлежность капитала	Присутствие в России	
		Торговое	Производственное
ООО «УРСА Евразия»	Испания	1994 г.	1995 г. – завод в г. Чудово; 2003 г. – завод в г. Серпухов
Rockwool Russia (подразделение Группы компаний Rockwool)	Дания	1980-е гг.	1999 г. – завод в г. Железнодорожный 2002 г. – завод в г. Выборг
ЗАО «ИЗОРОК»	Австрия, Германия,	—	2000 г. – завод в Тамбове
ЗАО «Сан-Гобен Изовер»	Франция	1993 г.	2003 г. – завод в г. Егорьевск
Корпорация «ТехноНИКОЛЬ» (теплоизоляционное направление)	Россия	—	2003 г. (в составе группы 6 заводов по производству минераловатной теплоизоляции и экструдированного пенополистирола)
ООО «Кнауф Инсулейшн»	Германия	2004 г.	2007 г. – завод в г. Ступино
ЗАО «ПАРОК»	Финляндия	1990-е гг.	—



Заведующий лабораторией легких конструкций и теплоизоляционных материалов ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко В.М. Бобряшов



Генеральный директор ОАО «КТБ ЖБ» А.Н. Давидок



Генеральный директор НИИКерамзит, председатель Союза производителей керамзита и керамзитобетона (СПКиК) В.М. Горин

борьба за энергосбережение в нашей стране удивительным образом совпадает с глобальными интересами мировых производителей теплоизоляции (см. таблицу).

В конце 1990-х гг. введение Изменения № 3 к СНиП II-3-1979* «Строительная теплотехника» открыло дорогу зарубежным компаниям-производителям теплоизоляции на российский рынок.

По данным ОАО «Теплопроект», средний расход энергии при плавлении базальта на российских предприятиях составляет 15 МДж на 1 кг расплава. Согласно различным источникам в странах Европы эта величина – менее 10 МДж/кг, в зарубежных проспектах некоторых производителей можно встретить цифру 3,6 МДж/кг. Какова реальная энергоёмкость современных российских производств теплоизоляции – тайна за семью печатями.

Понятно, что расход энергии при производстве минеральной ваты лежит в основе оценки ее эффективности при использовании в качестве теплоизоляции и определяет экономическую эффективность производства. Принимая во внимание дополнительные расходы энергии на добычу, подготовку (дробление) и транспортировку сырья, а также на тепловую обработку в камерах полимеризации, становится очевидным, что технологии производства теплоизоляционных материалов на

основе минерального волокна принадлежат эпохе дешевых энергоресурсов.

Действительно, когда в нашей стране стала стремительно расти стоимость энергоресурсов и плата за пользование недрами, вновь встал вопрос о повышении теплозащитных характеристик ограждений зданий. Ведь именно этот показатель фактически является камнем преткновения при обсуждении нормативных документов.

Директор по строительной изоляции ЗАО «Парок» **А.Д. Абрамов** достаточно высоко оценил инженерную составляющую обсуждаемой редакции СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий», однако высказал сомнения в целесообразности привязки теплотехнических показателей к экономике, мотивировав это существенной разницей в стоимости энергоресурсов для граждан и промышленности.

■ При повышении стоимости энергоресурсов рентабельность высокоэнергоёмких про-

изводств неизбежно падает. Один из простых способов улучшения экономических показателей производства – увеличение производительности. Но при условии, что произведенная продукция будет иметь сбыт.

В этом вопросе у производителей эффективной теплоизоляции возникли затруднения. По данным ИКФ «ИТКОР», производство минераловатных утеплителей превысило потребление в 2008 г. и с тех пор потребление минераловатной теплоизоляции стабильно ниже объемов ее производства. Кстати, для производителей полимерной изоляции такая ситуация характерна уже довольно длительное время.

Поэтому очевидно, что попытки однобоко трактовать энергосбережение как дополнительное утепление стен, есть ни что иное, как попытка повышения рентабельности конкретных производств. Реальное повышение энергоэффективности можно достичь только комплексными мероприятиями, оно лежит в области внедрения рациональных технологий проектирования и строительства, применения специального инженерного оборудования, повышения бытовой культуры граждан.

Неудовлетворенность обсуждаемой редакцией СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» высказали ряд представителей предприятий-производителей волокнистой теплоизоляции, а Ш.Г. Хабелашвили, директор ОАО «Мосстрой-31» (крупнейший производитель пенополистирола), президент Ассоциации производителей и поставщиков пенополистирола вовсе назвал ее «неприемлемой». Однако когда председатель НТС А.И. Звездов поставил на голосование предложение одобрить представленную редакцию актуализированного СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» и, учитывая важность обсуждаемого вопроса, предоставил право голосования всем присутствующим на совете коллегам, производители теплоизоляционных материалов при голосовании «воздержались».

Большинством голосов (при одном голосе «против») редакция актуализированного СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий», разработанная НИИСФ РААСН, вновь была одобрена. Ее авторам предложено в кратчайший срок внести исправления, учесть полученные в ходе обсуждения замечания и направить документ на утверждение в Министерство регионального развития РФ.

■ Мы позволили себе злоупотребить вниманием читателей, существенно увеличив объем событийного материала, с целью обеспечить информационную открытость обсуждения нормативного документа, от которого в значительной степени зависит судьба практически всей промышленности строительных материалов. Мы также рассчитываем, что представители отрасли – проектировщики, производители материалов, строители станут проявлять большую активность на начальных этапах разработки нормативных документов.

Со своей стороны мы готовы предоставлять страницы журналов «Строительные материалы»® и «Жилищное строительство» для аргументированной полемики и дискуссий всем заинтересованным сторонам.

Е.И. Юмашева,
инженер-химик-технолог,
почетный строитель России,
член Союза журналистов России



Исполнительный директор Ассоциации производителей керамических стеновых материалов (АПКСМ) В.Н. Герашенко



Генеральный директор ПСО «Теплит», президент Ассоциации производителей автоклавного газобетона (НААГ) В.Н. Левченко

Г.И. ЯКОВЛЕВ, Г.Н. ПЕРВУШИН, доктора техн. наук,
И.А. ПУДОВ, инженер (builder.87@mail.ru), И.Г. ДУЛЕСОВА, магистр,
Ижевский государственный технический университет; А.Ф. БУРЬЯНОВ, канд. техн. наук
(rga-service@mail.ru), Московский государственный строительный университет;
М. САБЕР, бакалавр, Египетско-Российский университет (Египет)

Структуризация цементных вяжущих матриц многослойными углеродными нанотрубками

В исследованиях, проведенных авторами статьи [1], установлено, что введение дисперсий углеродных нанотрубок в состав цементной матрицы приводит к ее структурированию с формированием кристаллогидратных новообразований повышенной плотности и прочности. Изменения морфологии новообразований приводят к существенному повышению механической прочности минеральных композиций, модифицированных сверхмалыми количествами нанотрубок (в пределах 0,003–0,006% от массы матрицы). Причины столь радикального изменения свойств модифицированных цементных композитов кроются в состоянии межфазного слоя в композиционном материале на границе между поверхностью частиц минерального каркаса и цементной матрицы.

Микроструктура минеральной вяжущей матрицы, модифицированной углеродными нанотрубками, включает гидросиликаты кальция разной основности, которые создают на поверхности твердой фазы структурированную цементную матрицу повышенной плотности, морфология кристаллогидратов в которой отличается формой кристаллов, увеличенной площадью контактов между кристаллами, отсутствием пор в структуре матрицы. Гидросиликаты кальция повышенной плотности формируют пространственный каркас, обеспечивающий создание цементного композита с улучшенными физико-техническими свойствами.

Изготовление образцов для механических испытаний производили по стандартной методике. Применялись образцы-балочки размером 40×40×160 мм. Были исследованы свойства мелкозернистого цементного бетона на портландцементе Suez Cement Company

SEM I 42,5N и кварцевом песке с модулем крупности $M_k=1,79$.

В качестве модифицирующей добавки применялась дисперсия многослойных углеродных нанотрубок Graphistrength™ фирмы Arkema с внешним диаметром 10–15 нм, длиной 1–15 мкм и средней плотностью 50–150 кг/м³. В качестве сурфактанта при диспергации углеродных нанотрубок в составе исходного продукта «masterbatch CW2-45» была использована карбоксиметилцеллюлоза. В процессе диспергации углеродных нанотрубок были получены дисперсии углеродных наносистем с эффективным диаметром в 168,3 нм с наименьшим значением диаметра в 73,3 нм.

Микроструктура углеродных нанотрубок и цементной матрицы в бетоне исследовалась на растровых электронных микроскопах ZEISS LEO 1530VP и JEOL JSM-7600 F.

Для определения минералогического состава цементной матрицы производился рентгенофазовый анализ на дифрактометре общего назначения ДРОН-3 в режиме фокусировки Брегга–Брентано в монохроматизированном графитовым кристаллом-монохроматором $Cu_{K\alpha}$ -излучении.

Дифференциально-термический анализ производился на дериватографе DIAMOND TG/DTA. Скорость подъема температуры составляла 10°С/мин, максимальная температура при анализе 760°С.

ИК-спектральный анализ цементной матрицы производился на ИК-Фурье-спектрометре «Spectrum 100» с приставкой НПВО в области частот 4000–450 см⁻¹.

В процессе диспергации углеродных наносистем актуальна задача их стабилизации в водной суспензии при

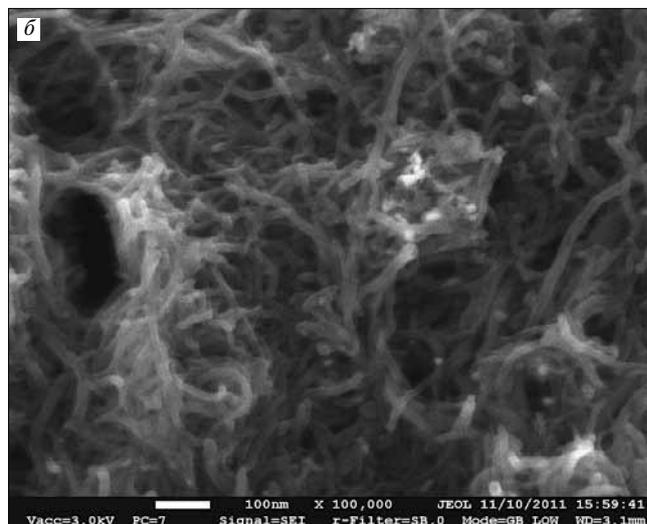
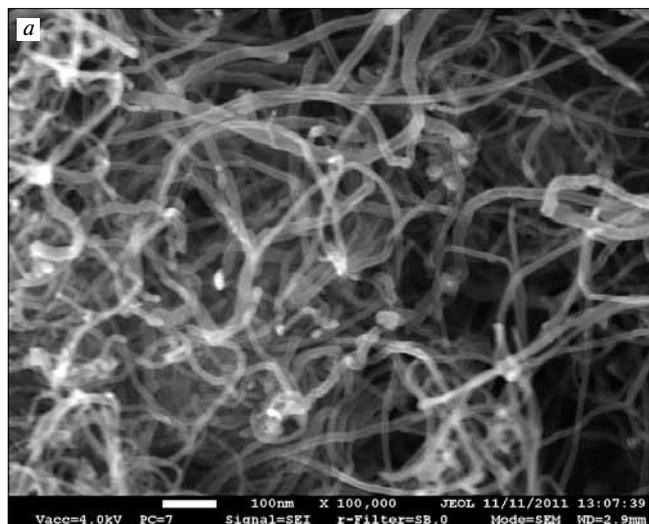


Рис. 1. Многослойные углеродные нанотрубки: а – в гранулах после синтеза; б – в среде карбоксиметилцеллюлозы

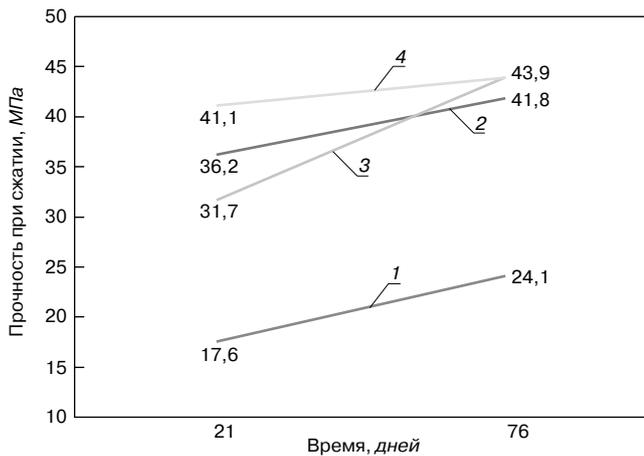


Рис. 2. Влияние углеродных нанотрубок на прочность модифицированного цементного бетона: 1 – контрольный; 2 – 0,003%; 3 – 0,006%; 4 – 0,01%

хранении перед применением. Наночастицы размером 6–20 нм (рис. 1, а) обладают высокой поверхностной энергией и, как правило, объединяются в агрегаты, размеры которых могут достигать 400–900 мкм. При этом наночастицы трудно распределяются на единичные наноструктуры в водной дисперсионной среде и требуют специальных технологий по их диспергации (рис. 1, б).

ИК-спектральный анализ цементного камня (рис. 5) также выявил повышение интенсивности и ширины линий поглощения в области частот 1082, 1003, 799 и 778 см⁻¹, соответствующих группировке –Si–O–Si– в составе гидросиликатов кальция, что позволяет интерпретировать эти изменения как увеличение объема новообразований, формирующихся вследствие ускорения гидратации минералов портландцемента.

Для интенсификации диспергации углеродных нанотрубок применяли гидродинамическую кавитацию, возникающую при взаимодействии потоков жидкости между собой [2], что позволило снизить затраты энергии на диспергацию. При этом в сравнении с установками с использованием ультразвуковых излучателей затраты энер-

гии на диспергацию снижаются на порядок. Анализ прочности цементного бетона, модифицированного дисперсией углеродных нанотрубок, подтвердил возможность существенного увеличения механической прочности цементного бетона (рис. 2). При этом установлено оптимальное количество углеродных нанотрубок, вводимых в бетон для модификации его структуры, которое составило 0,0065% от массы используемого цемента.

Рентгенофазовый анализ цементных матриц показал интенсификацию гидратации цементных минералов. Так, на контрольных образцах линии отражения (d_{hkl} , Å=2,78; 2,75; 2,70;), соответствующие цементным минералам, имеют большую интенсивность в сравнении с линиями отражений в цементной матрице, модифицированной углеродными нанотрубками (рис. 3). Образцы с нанотрубками также показали большее относительное содержание гидроксидов кальция (d_{hkl} , Å=2,63) и пониженное содержание в цементном камне кальцита (d_{hkl} , Å=3,03), что позволяет говорить о снижении карбонизации цементного камня вследствие большей плотности его структуры.

Введение дисперсии углеродных нанотрубок приводит к структурированию цементной матрицы с образованием плотной бездефектной оболочки из гидросиликатов кальция по поверхности твердых фаз, включая частицы цемента и заполнителя [3], обеспечивающей лучшее сцепление с их поверхностью. При этом отмечается самозалечивание трещин за счет стимуляции роста новообразований в дефектах цементной матрицы (рис. 4, б). Увеличение контактных взаимодействий структурированных граничных слоев приводит к формированию пространственных каркасных ячеек в структуре модифицированной цементной матрицы, что вызывает резкое упрочнение ее структуры за счет образования пространственной упаковки.

Это связано с тем, что введение дисперсий нанотрубок интенсифицирует процессы гидратации портландцемента, что подтверждается рентгенофазовым анализом цементной матрицы в бетоне, модифицированном многослойными углеродными нанотрубками.

Результаты дифференциальной термографии свидетельствуют о ступенчатой дегидратации гидросиликатов

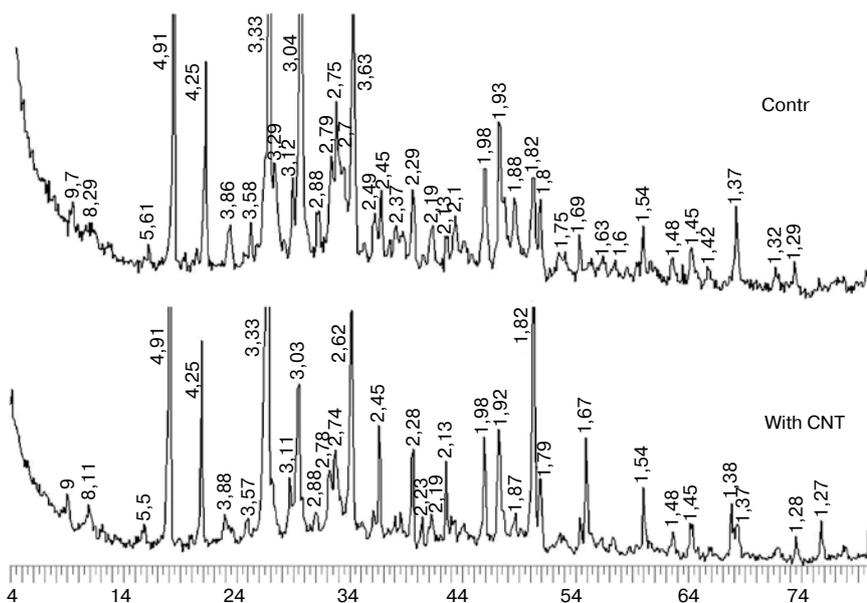


Рис. 3. Рентгеновские спектры цементных матриц

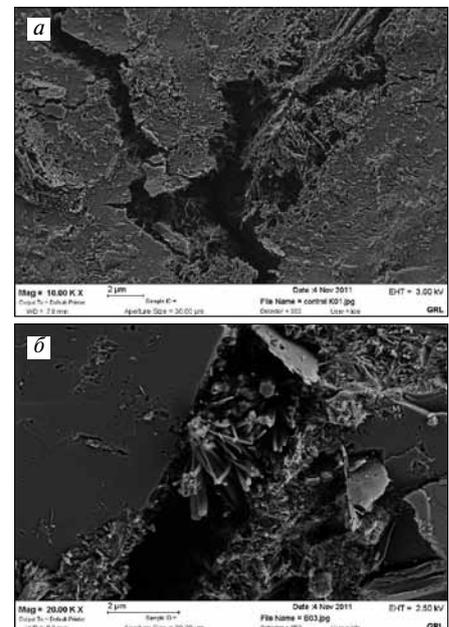


Рис. 4. Кристаллы гидросиликатов кальция на поверхности усадочных трещин: а – в контрольном образце; б – в цементной матрице, модифицированной углеродными нанотрубками

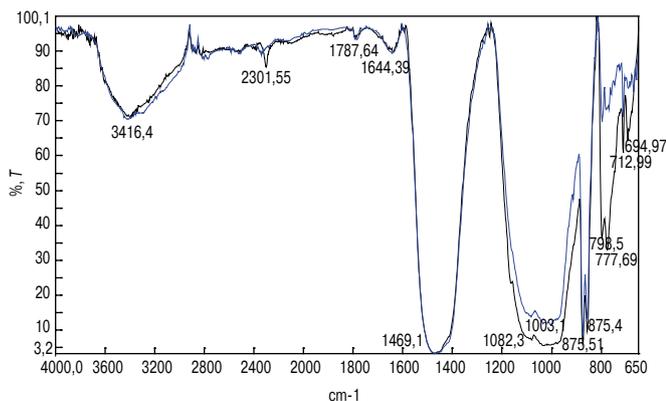


Рис. 5. ИК-спектры цементной матрицы в контрольных образцах бетона (синий спектр) и в цементном бетоне, модифицированном углеродными нанотрубками (черный спектр)

кальция, проявляемой в виде эндотермических эффектов в области температур 110–115°C, 452–463°C и 702–736°C (рис. 6), но при этом отмечается существенный сдвиг эндотермических эффектов в области более низких температур при модификации цементного камня углеродными нанотрубками. Эндотермический эффект в контрольном образце наблюдается при 735,5°C (рис. 6, а), в случае с опытным образцом на кривой ДТА эндотермический эффект проявляется раньше – при температуре 702°C (рис. 6, б). По всей видимости, это связано с повышением основности гидросиликатов кальция, образующихся в условиях влияния на них дисперсий многослойных углеродных нанотрубок, что отмечалось в работе [4] на основе проведенного микроанализа структурированного слоя гидросиликатов. В то же время анализ эндотермических эффектов у гидросиликатов кальция, приведенных в [5], показывает, что с повышением соотношения CaO:SiO₂ (свыше 1,5) температура дегидратации сдвигается влево, при понижении этого соотношения ниже 1,5 обезвоживание происходит при более высоких температурах. Таким образом, можно говорить, что при модификации цементного камня углеродными нанотрубками образуются более высокоосновные гидросиликаты кальция, структурированные по поверхности твердой фазы в цементном камне с формированием плотных оболочек.

Отмечается также изменение общей потери кристаллогидратной воды при дифференциально-термическом анализе, при этом за счет дегидратации в контрольном образце масса образца снизилась на 21,9%, в опытном образце на 19,4 %.

Таким образом, введение дисперсий углеродных нанотрубок в цементные бетоны плотной структуры позволяет улучшать структуру цементной матрицы за счет уплотнения гидросиликатов кальция.

Анализ микроструктуры новообразований в цементной матрице показывает, что модификация цементных бетонов многослойными углеродными нанотрубками изменяет морфологию кристаллогидратов с формированием контактных зон повышенной плотности по поверхности твердой фазы. Дифференциально-термический и ИК-спектральный анализ подтвердил изменения в составе гидросиликатов кальция, формирующихся при модификации цементного бетона дисперсией многослойных углеродных нанотрубок.

Улучшение структуры цементных бетонов, модифицированных дисперсией углеродных нанотрубок, дополняется экономической эффективностью применения многослойных углеродных нанотрубок при производстве цементных бетонов. Так, расход углеродных нанотрубок на 1 м³ бетона в зависимости от марки состав-

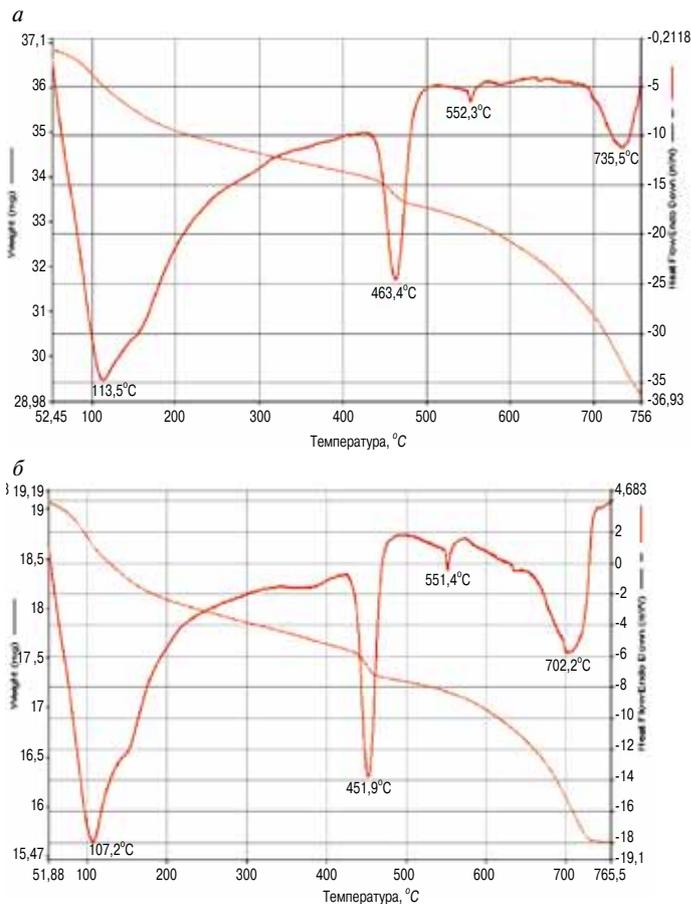


Рис. 6. Спектры дифференциально-термического анализа цементной матрицы: а – в контрольных образцах бетона; б – в цементном бетоне, модифицированном углеродными нанотрубками

ляет 18–25 г, что соответствует удорожанию стоимости бетона на 80–120 р. за 1 м³. При этом повышается прочность и трещиностойкость изделий из модифицированного бетона, которые определяют его долговечность.

Ключевые слова: бетон плотной структуры, углеродные многослойные нанотрубки, модифицированный бетон.

Список литературы

1. Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Корженко А., Бурьянов А.Ф., Пудов И.А., Лушникова А.А. Модификация цементных бетонов многослойными углеродными нанотрубками // Строительные материалы. № 2. 2011. С. 2–6.
2. Пудов И.А., Яковлев Г.И., Лушникова А.А., Изряднова О.В. Гидродинамический способ диспергации многослойных углеродных нанотрубок при модификации минеральных вяжущих // Интеллектуальные системы в производстве. 2011. № 1. С. 285–292.
3. Yakovlev, G.I., Pervushin G.N., Lushnikova A.A., Pudov I.A., Korzhenko A., Leonovich S.N., Buryanov A.F. Modification of the cement concrete with multilayer carbon nanotubes. Proceedings of the III International Conference «Nanotechnology for Eco-friendly and Durable construction», Cairo, 2011.
4. Konsta-Gdoutos M.S., Metaxa Z.S., Shah S.P. Highly Dispersed Carbon Nanotube Reinforced Cement Based Materials // Cement and Concrete Research. Vol. 40, 2010. P. 1052–1059.
5. Горшков В.С., Савельев В.Г., Абакумов А.В. Вяжущие, керамика и стеклокристаллические материалы: структура и свойства. М.: Стройиздат, 1994. 584 с.

В.В. РУСИНА, канд. техн. наук (Rusina07@bk.ru),
Братский государственный университет (Иркутская обл.)

Золошлакощелочные вяжущие на основе жидкого стекла из примесесодержащего микрокремнезема

Главным событием последних лет после продолжительных и, по мнению многих специалистов, достаточно бесплодных обсуждений проблем ЖКХ, стал действительно жизненно важный для подавляющего большинства россиян национальный проект «Доступное и комфортное жилье – гражданам России».

Известно, что более 4,5 млн чел. в Российской Федерации стоят на очереди на улучшение жилищных условий. Средняя обеспеченность населения жильем 22 м^2 на человека, что в два раза ниже, чем в среднем по Европе. Более 100 млн м^2 существующего жилого фонда находится в аварийном и ветхом состоянии.

В рамках национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» следует выделить категорию социального жилья. Переход на рыночные отношения породил в конце 1990-х гг. ошибочный взгляд на жилье как на доступный товар для населения. Как панacea выдвигали ипотечную систему покупки жилья, но всячески обходили вопросы доступности жилья для всех категорий граждан. И это при том, что в большинстве европейских стран, во многих экономически развитых странах мира давно существует жилой фонд социального назначения, который является самостоятельным классом жилья [1].

Каким же должен быть социальный дом и социальное жилье в России?

Вполне очевидно, что возведение социального жилья должно базироваться на современной концепции технического перевооружения заводов сборного железобетона с учетом:

- появления новых видов вяжущих и модификаторов бетона;
- необходимости в возрастающих объемах утилизировать техногенные отходы;
- наличия ряда эффективных технологий, разработанных еще до 1990-х гг. и недостаточно востребованных предприятиями в связи с последующими кризисными явлениями в экономике [2].

В рыночных условиях важным фактором является повышение конкурентоспособности изделий и конструкций за счет их материало- и энергоёмкости, сокращения трудозатрат и других показателей их себестоимости.

В последнее время все большее внимание в России и за рубежом уделяется развитию разработок и производства бесклнкерных вяжущих веществ, в значительной мере позволяющих одновременно решать задачи снижения цементности строительства, ресурсо- и энергосбережения, охраны окружающей среды [3].

К таким вяжущим, в полной мере способным конкурировать с портландцементом, относятся щелочные и щелоче-щелочно-земельные вяжущие [4]. Бетоны на их основе не только не уступают портландцементу, но по

многим свойствам превосходят их. Между тем дороговизна щелочного компонента во многих случаях ограничивает масштабное применение таких вяжущих в современном строительстве.

На наш взгляд одним из перспективных направлений дальнейшего развития щелочных и щелоче-щелочно-земельных вяжущих является разработка таких их разновидностей, в которых оба компонента вяжущего (как аломосиликатный, так и щелочной) были бы представлены техногенным сырьем. В этой связи представляется целесообразным в производстве таких вяжущих использовать жидкое стекло, производимое мокрым безавтоклавным способом из многотоннажного отхода металлургической промышленности – микрокремнезема [5].

Микрокремнезем Братского завода ферросплавов (БЗФ) представляет собой тончайшую пыль, улавливаемую при газоочистке плавильных печей. Отход характеризуется небольшой насыпной плотностью ($120\text{--}420 \text{ кг/м}^3$), высокой удельной поверхностью ($2500\text{--}3500 \text{ м}^2/\text{кг}$) и малым размером частиц (до 200 мкм). Комплексный анализ свойств микрокремнезема БЗФ показал, что по химическому составу он существенно отличается от продуктов с аналогичным названием: на $80\text{--}95\%$ состоит из аморфного SiO_2 и на $5\text{--}20\%$ из кристаллических примесей в форме графита (С) и карбида кремния. Кроме того, многоступенчатая система газоочистки (электрофилтры I–IV полей), являющаяся технологическим источником получения микрокремнезема, такова, что приводит к неоднородности его состава и свойств. Так, например, в химическом составе микрокремнезема от I поля к IV наблюдается рост количества SiO_2 и сокращение общего содержания углеродистых примесей (графит и карбид кремния). Это обстоятельство позволило установить четыре типа микрокремнезема, соответствующих определенной степени очистки газов [6].

Синтез жидкого стекла осуществлялся по авторской методике путем прямого растворения микрокремнезема в щелочном растворе при температуре $85\text{--}95^\circ\text{C}$ и атмосферном давлении [5]. Полученное жидкое стекло – вязкая сиропообразная жидкость черного цвета отличается от промышленного жидкого стекла из силикат-глыбы наличием равномерно распределенных по всему объему мельчайших частиц графита и карборунда.

Из приведенных в табл. 1 данных следует, что жидкое стекло из микрокремнезема может быть использовано в качестве щелочного компонента следующих видов гидравлических вяжущих веществ:

- *шлакощелочных* (алюмосиликатный компонент – молотые гранулированные доменный, ваграночный шлаки, шлаковая составляющая отвальной золошлаковой смеси);

Таблица 1

Вид алюмосиликатного сырья	Свойства жидкого стекла		Свойства вяжущих	
	Силикатный модуль (n)	Плотность (ρ), кг/м ³	Прочность при сжатии после пропаривания, МПа	Водостойкость по коэффициенту размягчения
Зола-унос «Иркутскэнерго» ТЭЦ-7 (S _{уд} = 358 м ² /кг)	1,02	1280	64,3	0,99
	1,96	1460	88,1	1,08
	3,14	1300	22,7	0,85
Зола-унос Новосибирской ТЭЦ (S _{уд} = 207 м ² /кг)	0,98	1370	67,2	0,98
	2,03	1450	90	1,1
	2,97	1310	25,6	0,87
Зола-унос Красноярской ТЭС (S _{уд} = 306 м ² /кг)	0,98	1370	65,7	0,96
	2,03	1450	83,5	1,05
	2,97	1310	20,9	0,85
Молотая отвальная золошлаковая смесь «Иркутскэнерго» ТЭЦ-6 (S _{уд} = 400 м ² /кг)	1,04	1420	34,5	0,93
	1,98	1290	27,8	0,87
	3,05	1350	20,3	0,83
Зольная составляющая отвальной золошлаковой смеси «Иркутскэнерго» ТЭЦ-6 (S _{уд} = 259 м ² /кг)	1,04	1420	21,7	0,91
	1,98	1290	18,2	0,84
	3,05	1350	12,6	0,8
Молотая шлаковая составляющая отвальной золошлаковой смеси «Иркутскэнерго» ТЭЦ-6 (S _{уд} = 450 м ² /кг)	1	1420	49	0,94
	1,98	1290	38,2	0,91
	3,05	1350	22,9	0,84
Молотый гранулированный доменный шлак ОАО «Западно-Сибирский металлургический комбинат» г. Новокузнецка (S _{уд} = 500 м ² /кг)	1,05	1280	92,5	1,06
	1,96	1460	89,7	1
	3,14	1300	48,9	0,94
Молотый гранулированный ваграночный шлак ПО «Сибтепломаш» г. Братска (S _{уд} = 450 м ² /кг)	1,02	1280	87,5	1,01
	1,96	1460	73,2	0,96
	3,14	1300	38,1	0,87

- *золощелочных* (алюмосиликатный компонент – золы-унос ТЭЦ и ТЭС, а также зольная составляющая отвальной золошлаковой смеси);
- *золошлакощелочных* (алюмосиликатный компонент – молотая отвальная золошлаковая смесь).

Отметим при этом, что прочность образцов, полученных в результате тепловлажностной обработки теста нормальной густоты всех восьми исследуемых систем (различные виды золошлаковых отходов, затворенные жидким стеклом из микрокремнезема), достаточно высока и составляет 21,7–92,8 МПа, а коэффициент размягчения во всех случаях превышает 0,8.

Как известно, необходимым условием, обеспечивающим применимость той или иной системы в качестве гидравлического вяжущего, является способность вещества к гидратации, диспергации и гелеобразованию с последующей поликонденсацией продуктов гидратации в водостойкие соединения. При этом способность веществ к гидратации непосредственно связана с видом и химико-минералогическим составом алюмосиликатного сырья. Результаты выполненных экспериментов показывают, что жидкое стекло из микрокремнезема способно вступать в химическое взаимодействие с самыми разными видами алюмосиликатного сырья, с формированием прочных и водостойких новообразований. При этом, как видно, на вяжущие свойства исследуемых систем существенное влияние оказывают свойства жидкого стекла и вид золошлакового компонента. Причем роль жидкого стекла по сравнению с алюмосиликатным компонентом вяжущих более значима. Так, при использовании жидкого стекла с одинаковыми свойствами, но в сочетании с различными видами алюмосиликатного сырья прочность вяжущих меняется всего лишь в 1,2–2,2 раза, а, варьируя силикатный модуль и плотность жидкого

стекла, даже на одном виде золошлакового материала, можно получить искусственный камень, прочность которого изменяется в 2–4 раза.

Таким образом, выполненные исследования свидетельствуют об эффективности использования жидкого стекла из микрокремнезема (несмотря на большое количество в его составе углеродистых примесей) в составе шлако-, зола- и золошлакощелочных вяжущих (ШЩВ, ЗЩВ и ЗШЩВ). Однако поскольку речь идет о жидком стекле, отличающемся от промышленного из силикат-глыбы, необходимо исследовать его роль в процессе формирования структуры и свойств этих вяжущих.

Изучение влияния жидкого стекла из микрокремнезема на процессы гидратации и состав новообразований ШЩВ, ЗЩВ и ЗШЩВ осуществлялось с помощью электронно-микроскопического, рентгеноструктурного и дифференциально-термического анализов (ЭМА, РСА и ДТА). При этом, учитывая тот факт, что продукты гидратации известных ШЩВ при твердении в естественных условиях длительный период находятся в гелеобразном и слабозакристаллизованном состоянии, и с целью выделения кристаллических фаз, которые могут возникнуть при твердении вяжущих в течение продолжительного времени, использовался метод длительного пропаривания, разработанный Р.Ф. Руновой [7]. Для этого из теста нормальной густоты формовались образцы размером 20×20×20 мм, которые подвергались ТВО при T = 80–90°C в течение 650 ч. После каждых 50 ч пропаривания часть затвердевшего камня измельчалась до полного прохождения через сито № 008, и порошок подвергался комплексному исследованию.

Результаты ЭМ, РСА и ДТА показали, что состав новообразований вяжущих на жидком стекле из микрокремнезема ничем не отличается от продуктов твердения известных щелочных и щелоче-щелочно-земельных

Таблица 2

Тип микрокремнезема	Содержание примесей (SiC + C) в микрокремнеземе, мас. %	Термические эффекты, °С							Содержание низкотемпературной воды, %
		-135	+470	-400	-535	-640	+665	+810	
I	12,4	-135	+470	-400	-535	-640	+665	+810	15,4
II	10,8	-130	+445	-400	-535	-635	+660	+810	14,6
III	8,65	-130	+440	-395	-535	-625	+655	+810	13,2
IV	7,7	-125	+440	-395	-535	-625	+655	+805	12,4

вяжущих и представлен типичными для этих видов вяжущих веществ продуктами гидратации:

- низкоосновными гидросиликатами кальция группы CSH(B), тоберморитом, гидрогранатами и цеолито-подобными минералами типа анальцима и парагонита (для ШЩВ);
- низкоосновными гидросиликатами кальция группы CSH(B), тоберморитом, ксонотлитом и цеолито-подобными минералами – анальцимом, парагонитом и жисмондином (для ЗЩВ);
- низкоосновными гидросиликатами кальция группы CSH(B), тоберморитом, гиролитом, ксонотлитом и цеолитоподобными новообразованиями в виде анальцима, нефелина, жисмондина, парагонита, натролита, арагонита и авфиллита (для ЗШЩВ).

Кроме того, в составе всех исследуемых вяжущих обнаружены карбид кремния и графит, которые имели место как в жидком стекле, так и в исходном микрокремнеземе. Мельчайшие кристаллические частички графита и карборунда даже в условиях сильной щелочной среды (рН > 13) и длительного пропаривания (до 650 ч) остаются химически инертными. Они не вступают в какие-либо взаимодействия с другими компонентами исследуемых систем и не изменяют фазовый состав вяжущих [8]. Однако все вышерассмотренное касалось вяжущих на жидком стекле из смеси микрокремнезема всех четырех типов без учета характерных особенностей микрокремнезема каждого типа. Поэтому дальнейшие исследования проводились с ЗЩВ на жидком стекле из микрокремнезема каждого из четырех типов, содержащего различное количество мельчайших частиц графита и карборунда [6]. При этом свойства жидкого стекла (силикатный модуль n , плотность ρ) и его расход (в пересчете на Na_2O) были одинаковы.

Рентгеноструктурный анализ ЗЩВ позволил отметить во всех исследуемых образцах наличие низкоосновных гидросиликатов кальция группы CSH (B), тоберморита, ксонотлита, графита и карбида кремния. Однако с увеличением содержания в жидком стекле доли графита и карборунда отмечается образование фаз более сложного состава: парагонит, жисмондин и Na-Ca цеолиты. Причем если их наличие у образцов на жидком стекле из микрокремнезема IV типа (табл. 2) отмечается только после пропаривания в течение 550 ч, то для вяжущего на жидком стекле из микрокремнезема I типа – уже после 300 ч ТВО.

Данные рентгеновских исследований подтверждают результаты ДТА. Так, все термограммы характеризуются практически одинаковым набором термических эффектов, свидетельствующих о наличии во всех образцах низкоосновных гидросиликатов кальция группы CSH(B) и цеолитоподобных минералов. Между тем анализ термограмм позволяет отметить, что при увеличении общего содержания графита и карбида кремния в вяжущем происходит смещение эндотермических эффектов в сторону больших температур (с 125 до 130 и 135°С), что свидетельствует о возрастании количества гелевидных фаз и об усложнении характера связи воды. В системе наблюдается некоторое изменение процессов гидратации и кристаллизации, общим направлением которых

является упорядочение структуры алюмосиликатных веществ. Об увеличении общего количества кристаллизационной фазы в структуре можно судить по значительным экзоэффектам рекристаллизации с максимумами при температуре 810°С, характерными для гелевидных низкоосновных гидросиликатов и гидроалюминатов кальция. О возрастании гелевидных фаз свидетельствует смещение температуры эндотермических эффектов, что также подтверждает увеличение содержания слабосвязанной воды. При использовании жидкого стекла из микрокремнезема I типа, содержащего наибольшее количество графита и SiC, отмечается более значительный экзоэффект при $T = 810^\circ\text{C}$, что позволяет предположить более интенсивное образование гелевидной фазы. Полученные данные хорошо согласуются с результатами расчетов, выполненных по кривым ТГ и представленных в табл. 2, в которой показано, что при увеличении в системе общего количества углеродистых примесей возрастает содержание низкотемпературной воды.

В материаловедении считается общепризнанным стремление любой зернистой системы к уплотненной упаковке частиц, так как это соответствует наиболее устойчивому ее состоянию – состоянию с наименьшей потенциальной энергией. Условием устойчивого равновесия системы является минимальное значение величины свободной энергии. Всякая система, у которой свободная энергия больше минимального значения, является неустойчивой, неравновесной и поэтому в ней самопроизвольно происходят процессы, направленные на уменьшение величины свободной энергии. Уменьшение свободной поверхностной энергии происходит за счет уменьшения поверхности раздела фаз. Твердые вещества, особенно в дисперсном состоянии, характеризуются определенным запасом свободной поверхностной энергии и стремятся уменьшить ее значение до минимального. Поэтому они способны адсорбировать растворенные вещества. При этом одной из важнейших характеристик адсорбента является его удельная поверхность. Доля граничного слоя при размере частиц 0,5–5 мкм увеличивается до 50%, и возрастает его влияние на свойства материала. Чем выше удельная поверхность какого-либо вещества, тем лучше его свойства как адсорбента. Повышение удельной поверхности способствует ускорению адсорбционных процессов и, как следствие, более быстрому твердению. Протяженность межфазных границ в объеме исследуемой системы достаточно велика (наноразмеры), поэтому коллоидно-химические явления в структурообразовании вяжущего, формировании его свойств становятся определяющими. Известно, что в области размеров частиц от 50 до 100 мкм начинается резкое снижение величины свободной поверхностной энергии. Поэтому в исследуемом материале удельная поверхность высокодисперсных углеродистых частиц должна рассматриваться как интенсивный энергетический источник в структурообразовании. Вполне очевидно, что в этом случае наблюдается ускорение процессов структурообразования ЗЩВ. Исследуемая система зола – жидкое стекло – углеродистые примеси как термодинамически неустойчивая система, характе-

ризуемая определенной величиной свободной энергии, стремится к уменьшению свободной энергии. Это проявляется в том, что возникновение частичек новообразований различного состава происходит вначале на поверхности мельчайших частичек графита и карборунда, а затем и в межзерновом пространстве твердеющей вяжущей системы. Таким образом, исходя из современных представлений о процессах зарождения и развития новых гидратных фаз при твердении минеральных вяжущих появление зародышевых новообразований при твердении исследуемого вяжущего наиболее вероятно не в объеме раствора, а в непосредственной близости от поверхности твердых частиц графита и карборунда, играющих роль подложек, поскольку такой процесс энергетически более выгоден. Следовательно, роль мельчайших кристаллических примесей жидкого стекла из микрокремнезема в формировании микроструктуры твердеющего цементного камня тем выше, чем больше их доля в составе смеси и выше их дисперсность. Начало выделения новообразований происходит в первую очередь на поверхности мельчайших кристаллических частиц графита и карборунда. Уже при зарождении новой фазы она оказывается связанной сильными и слабыми взаимодействиями с поверхностью углеродистых примесей и между собой. Кроме того, сродство структуры (пластинчатая и чешуйчатая формы частиц графита и октаэдрические пластинчатые кристаллы тоберморита, слюды типа чешуйчатых агрегатов парагонита) и химического состава системы (SiC и кремнеземсодержащие новообразования в виде CSH(V) и цеолитоподобных минералов) предопределяет предпочтительную направленность эпитаксиального наращивания зерен графита и SiC в процессе твердения вяжущего. Углеродистые примеси жидкого стекла из микрокремнезема, располагаясь в порах твердеющего материала, создают тем самым физическую структуру цементного камня. С увеличением доли содержащихся в жидком стекле мельчайших частиц графита и SiC плотность упаковки будет повышаться за счет заполнения ими капиллярных пор, а уменьшение свободного объема капиллярных пор приводит к тому, что заполнение их гелеобразными продуктами гидратации происходит быстрее.

Между тем традиционно считается, что наличие углерода в сырье способствует развитию коррозионных процессов в безобжиговых строительных материалах. Поэтому для подтверждения возможности применения жидкого стекла из микрокремнезема, содержащего углеродистые примеси, в качестве щелочного компонента ШЩВ, ЗЩВ и ЗШЩВ были проведены долгосрочные испытания. Наблюдение за образцами мелкозернистого бетона на основе ШЩВ, ЗЩВ и ЗШЩВ на жидком стекле из микрокремнезема в течение многих лет в различных условиях (включая агрессивные – слабые растворы серной, соляной, азотной и фосфорной кислот, сильные растворы щелочей, растворы сульфатов, бензин и др.) не выявило какого-либо отрицательного влияния графита и карборунда на структуру и свойства вяжущих и бетонов на их основе. Более того, находясь в воздушно-сухой среде, в воде и естественных климатических условиях Братска, образцы исследуемых материалов не только не снижают, но даже увеличивают свою прочность.

Таким образом, исходя из всего вышеизложенного можно сделать вывод о целесообразности использования жидкого стекла из микрокремнезема в производстве безобжиговых видов вяжущих (ШЩВ, ЗЩВ и ЗШЩВ), а на их основе различных видов бетонов.

Ключевые слова: графит, карбид кремния, примесесодержащий микрокремнезем, жидкое стекло, шлако-, золо-, золашлакощелочные вяжущие.

Список литературы

1. Николаев С.В. Модернизация базы крупнопанельного домостроения – локомотив строительства социального жилья // Жилищное строительство. 2007. № 10. С. 2–3.
2. Руденко И.Ф. Направления технического перевооружения заводов сборного железобетона в современных условиях. Бетон и железобетон – пути развития // Научные труды II Всероссийской (Международной) конференции по бетону и железобетону. 5–9 сентября 2005. М.: Дипак, 2005. Т. 3. С. 392–393.
3. Брандштетр И. (Технический университет Брно). Некоторые перспективы неорганических композиционных материалов XXI века // Строительные материалы, оборудование и технологии. 2001. № 7. С. 10–12.
4. Глуховский В.Д. Щелочные вяжущие системы // Цемент. 1990. № 6. С. 3–7.
5. Русина В.В. Жидкое стекло. 2004. № 9. С. 122–125.
6. Русина В.В. Закономерности формирования состава и свойств микрокремнезема // Бетон и железобетон. 2009. № 3. С. 20–23.
7. Глуховский В.Д., Рунова Р.Ф. Использование полевопаттовых пород в автоклавных материалах // Будивельн. материалы и конструкции. 1971. № 5. С. 51–52.
8. Глуховский В.Д., Петренко И.Ю., Скурчинская Ж.В., Румына Г.В. Фазовый состав продуктов взаимодействия гидрослюдистой глины с соединениями щелочных металлов // Изв. вузов. Химия и химическая технология. 1974. Т. 17. № 12. С. 28–29.

24–27 января 2012 | Красноярск



XX юбилейная выставка
**СТРОИТЕЛЬСТВО
АРХИТЕКТУРА**



МВДЦ «Сибирь», ул. Авиаторов, 19
тел.: (391) 22-88-405, 22-88-611 (круглосуточно)
build@krasfair.ru, www.krasfair.ru

Организатор – ВК «Красноярская ярмарка»
Официальная поддержка:



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.

А.Н. КУЗНЕЦОВ, канд. техн. наук, М.С. ГАРКАВИ, д-р техн. наук, О.К. МЕЛЬЧАЕВА, инженер (o.melchaeva@gmail.com), Магнитогорский государственный технический университет (МГТУ); Е.М. НУРИЕВА канд. геол.-минерал. наук, Казанский (Приволжский) федеральный университет

Активация твердения цементов разрядно-импульсным воздействием

Задача повышения физико-механических и эксплуатационных свойств бетона на основе минеральных вяжущих является весьма актуальной. Решение этой задачи возможно за счет использования разрядно-импульсного воздействия (РИВ), сущность которого заключается в создании в дисперсной системе мощного электрического разряда [1]. Эффект этого воздействия в значительной степени зависит от вида вяжущего.

Целью данной работы является изучение влияния РИВ на твердение наиболее распространенных в строительной практике цементов – портландцемента и шлакопортландцемента.

В работе использовались цементы Магнитогорского цементно-огнеупорного завода, характеристики которых приведены в таблице.

Разрядно-импульсное воздействие осуществлялось на цементное тесто в лабораторной установке, позволяющей реализовать образование высоковольтного электрического разряда с энергией единичного импульса 29,4 Дж, длительностью 0,8 мкс и плотностью энергии 10^{13} – 10^{14} Дж/м³. Интенсивность воздействия составляет 1200 импульсов.

На рис. 1 приведен прирост прочности цементного камня в зависимости от возраста образцов.

Как следует из приведенных данных, при прочих равных условиях разрядная активация паст на основе шлаковых цементов более эффективна, чем паст на основе ПЦ, причем прирост прочности снижается по мере достижения марочного возраста образцов.

Степень восприимчивости цементных паст к разрядно-импульсному воздействию зависит от концентрации в системе твердой фазы (водоцементного отношения). Увеличение В/Ц с 0,3 до 0,4 приводит к возрастанию прочности цементного камня в марочном возрасте по сравнению с контрольными образцами с 30 до 56%. Усиление эффекта воздействия с увеличением В/Ц объясняется тем, что в этом случае повышается содержание основной токопроводящей фазы – воды, что способствует улучшению условий разряда и гомогенизации смеси при осуществлении разрядно-импульсного воздействия.

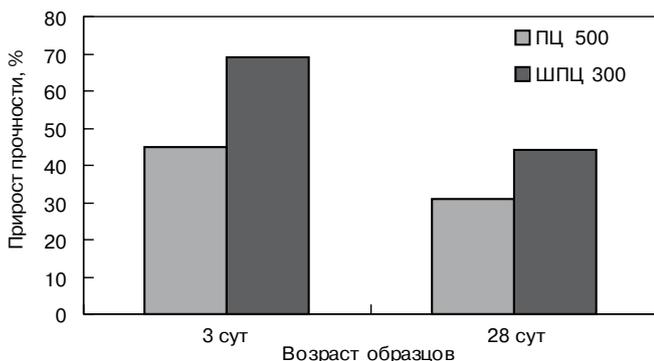


Рис. 1. Влияние РИВ на прочность цементного камня на основе: ПЦ 500 и ШПЦ 300

В случае с ШПЦ полученные результаты обусловлены дополнительной активацией шлакового стекла при воздействии высоковольтного электрического разряда.

В работе [2] показано, что относительная инертность шлаковых стекол при гидратации ШПЦ связана с образованием донорно-акцепторных связей сильными льюисовскими кислотными центрами, нейтрализующими немостикивые атомы кислорода на поверхности. Одним из способов разрушения таких пар, приводящих к образованию новых активных центров, и является электроразрядная активация цементных паст на основе ШПЦ, хотя конкретный механизм разрушения указанных пар может быть различным.

Вероятно, активированная разрядом поверхность шлакового стекла в составе ШПЦ интенсивно сорбирует ионы кальция, что приводит к снижению концентрации ионов Ca^{2+} в жидкой фазе теста и стимулирует гидролиз клинкерных минералов. Этот процесс отражается при электрофизическом исследовании как значительное увеличение накопленного заряда в вяжущей системе (рис. 2).

Активация шлакового стекла по указанному механизму приводит к повышению его пуццолановой активности, увеличению скорости гидратации клинкерных минералов ШПЦ, упрочнению адгезионных контактов.

Проведенный рентгенофазовый анализ показал, что в активированных образцах происходит резкое возрастание гидравлической активности алита, а также заметно увеличивается количество тоберморитоподобных низкоосновных гидросиликатов кальция [3].

Появление на поверхности твердой фазы новых активных центров и дополнительная активация существующих при РИВ связаны с изменением зернового состава цементных паст [4].

Как показали проведенные исследования (рис. 3), в пасте увеличивается количество самых мелких частиц: доля частиц фракции 0,31–1,95 мкм после РИВ возрастает на 42% по сравнению с контрольной пастой, а доля частиц фракции 1,95–9,00 – на 26%. Следовательно, при РИВ происходит диспергация микрочастиц цементной пасты. После 10 мин гидратации удельная поверхность

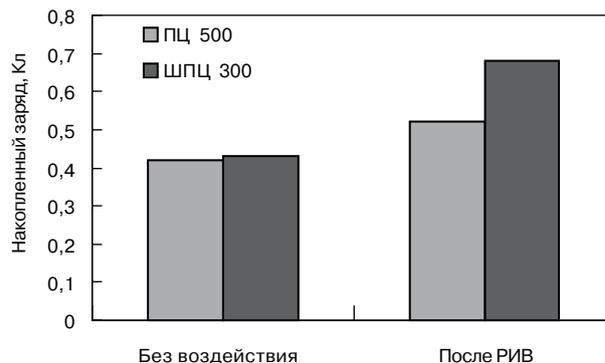


Рис. 2. Величина накопленного электрического заряда для цементных дисперсий на основе ПЦ 500 и ШПЦ 300

Цемент	Кол-во шлака, %	Уд. поверхность, S, м ² /кг	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, ч-мин		Механическая прочность, МПа			
				начало	конец	изгиб		сжатие	
						2 сут	28 сут	2 сут	28 сут
ШПЦ 300	53	294	27,6	4-10	6-45	2,1	5,81	8,5	33,8
ПЦ 500	–	371	26,8	3-20	4-20	3,2	6,25	16,8	52,6

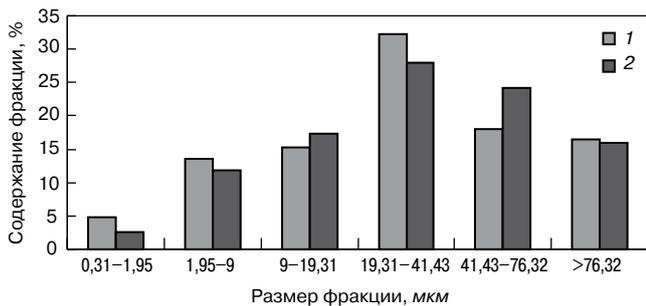


Рис. 3. Зерновой состав цементных паст: 1 – паста после РИВ; 2 – контрольная паста

цементной пасты после РИВ составляет 641,6 м²/кг, в то время как удельная поверхность контрольной пасты лишь 534,1 м²/кг (прирост 20%). Следует отметить, что значительное увеличение удельной поверхности после РИВ связано не только с диспергирующим действием электрогидравлических ударов, но и с более интенсивным формированием высокодисперсных новообразований после РИВ с соответствующим увеличением активной поверхности [5].

Измельчение частиц способствует образованию химических и других дефектов, что определяет химическую активность (реакционную способность) взаимодействующих компонентов [3]. Кроме того, после РИВ увеличивается и количество дислокаций, в том числе вышедших на поверхность, которые являются активными центрами

и активно участвуют в процессах гидратации и в конденсационных процессах структурообразования.

Из всего вышеизложенного следует, что увеличение прочности цементного камня после РИВ обусловлено:

- диспергацией частиц и ростом числа активных центров;
- ростом количества высокодисперсных игольчатых новообразований гидросиликатов кальция;
- изменением структуры межфазных граничных слоев, т. е. их наноструктурированием;
- интенсификацией структурообразования.

Ключевые слова: разрядно-импульсное воздействие, портландцемент, шлакопортландцемент.

Список литературы

1. Юткин Л. А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л.: Машиностроение, 1986. 253 с.
2. Казанская Е.Н., Сычев М.М. Активация твердения портландцемента // Цемент. 1991. № 5. С. 31–35.
3. Сватовская Л.Б., Сычев М.М. Активированное твердение цементов. Л.: Стройиздат, 1983. 160 с.
4. Сычев М.М. Природа активных центров, методы активации гидратации и твердения цементов // Цемент. 1992. № 3. С. 79 – 89.
5. Кузнецов А.Н. Структурообразование цементов и бетонов при разрядно-импульсном воздействии: Диссертация ... канд. техн. наук. Магнитогорск, 2006. 174 с.

Активатор
измельчение активация синтез

Лабораторные мельницы "Активатор" для заводских и исследовательских лабораторий.

Активатор-2SL

Для прободготовки материалов

Активатор-4M

Для наработки небольших партий материалов

Активатор-2S

Для помола материалов в ударном, сдвиговом, вихревом режимах

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

А.И. ТРАУТВАИН, инженер (trautvain@bk.ru), В.В. ЯДЫКИНА, д-р техн. наук, А.М. ГРИДЧИН, д-р техн. наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Особенности механоактивированных минеральных порошков

Измельчение твердых материалов относится к числу самых энергоемких, материалоемких и распространенных технологических процессов. Его осуществляют, как правило, механическим разрушением крупных фрагментов ударным и/или сдавливающим действием в аппаратах различных конструкций.

Развитие аппаратов для измельчения и активации связано с появлением новых конструктивных материалов, повышением требований к дисперсности и форме частиц измельчаемых материалов и появлением материалов, нуждающихся в измельчении, с самыми разнообразными физико-механическими свойствами, а также с необходимостью экономии ресурсов и энергии. Число типов аппаратов, отличающихся конструктивными параметрами, производительностью и другими характеристиками, постоянно увеличивается. Целью данного исследования явилось выявление наиболее рационального помольного агрегата не только с точки зрения увеличения дисперсности исходного материала, но и повышения его реакционной способности и, как следствие, получения композитов на их основе с высокими физико-механическими характеристиками. Интерес представляет и изучение поверхностных свойств измельчаемых материалов и сопоставление их с показателями уже готового продукта.

Исследования проводили на таких материалах, как кварцевый песок, гранит, кварцитопесчаник Лебединского ГОКа и отходы мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов (отходы ММС). Зерновой состав исходных материалов представлен в табл. 1. Помол материала производили с использованием трех лабораторных мельниц: шаровой планетарной, вибромельницы и вибрационного истирателя.

Гранулометрический состав наполнителей оказывает влияние на свойства асфальтобетонных смесей с их использованием. Он важен в первую очередь тем, что содержание частиц определенной величины может существенно сказаться на активности его поверхности [1]. От величины частиц наполнителя напрямую зависит удельная поверхность последнего и соответственно активность. Определение гранулометрического состава минеральных порошков, измельченных в различных мельницах, выполняли с помощью лазерного анализатора частиц, с распределением по долям поверхности.

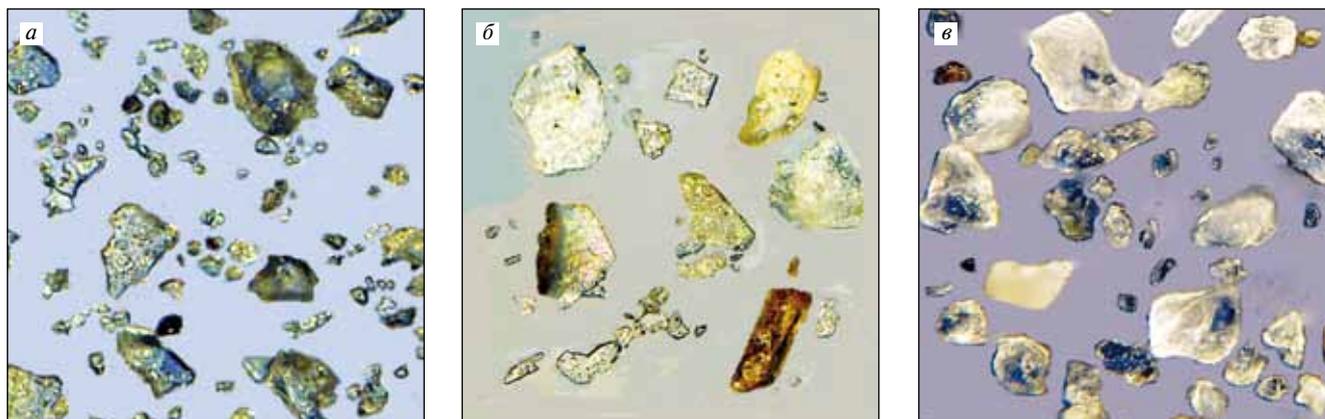
Следует отметить, что материалы, различной природы при измельчении в одной и той же мельнице имеют идентичный профиль гранулометрического состава. Поэтому можно говорить о том, что механизм измельчения в различных помольных агрегатах независимо от вида загружаемого материала одинаков.

Для наполнителей, измельченных в вибромельнице, характерно равномерное распределение частиц в области от 1,1 до 27,1 и отсутствие частиц размером более 60 мкм, в то время как для вибрационного истирателя характерно высокое содержание частиц в области от 18,2 до 75 мкм. Распределение гранулометрического состава для шаровой планетарной мельницы в области от 0,33 до 12,2 мкм аналогично таковому для вибромельницы, однако значения несколько ниже в области от 18,2 до 60,4 мкм наблюдается пик, что сходно с вибрационным истирателем. Отличие заключается в соотношении частиц указанного диапазона. При помоле материала в вибрационном истирателе их количество достигает 10%, а в шаровой планетарной мельнице не превышает 7%. Отсюда можно сделать вывод, что в начале измельчения материала в шаровой планетарной мельнице характер помола в ней сходен с измельчением в вибрационном истирателе (истирающее воздействие), а затем он частично переходит в ударное воздействие, как и в вибромельнице.

В работе [2] было установлено, что размол материалов происходит по-разному. Кварцевый песок во всех мельницах размалывается хуже других материалов. Это может объясняться большей прочностью зерен песка. При этом интенсивное увеличение удельной поверхности происходит до определенной точки, после чего помол производить нецелесообразно, так как рост удельной поверхности значительно замедляется. В результате максимальную удельную поверхность имеют материалы, измельченные в шаровой планетарной мельнице, минимальную – в вибрационном истирателе. Для отходов ММС, помол которых осуществлялся в шаровой планетарной мельнице, эта величина составляет 790 м²/кг, в вибромельнице – 600 м²/кг, в вибрационном истирателе – 520 м²/кг. Поэтому с точки зрения величины удельной поверхности наиболее эффективной мельницей является шаровая планетарная.

Таблица 1

Минеральный материал	Полные остатки на сите, %					
	Размер частиц, мм					
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	менее 0,14
Отсев дробления кварцитопесчаника	19,6	42	56,8	69	85,8	99,9
Отходы ММС	0	0,1	3,4	21,6	65,3	99,9
Отсев дробления гранита	23,7	44	57,6	73,1	86,2	99,9
Кварцевый песок	0,2	0,4	4,9	43,3	92,1	99,9



Морфология поверхности частиц песка, измельченного: а – в шаровой планетарной мельнице; б – в вибромельнице; в – в вибрационном истирателе

Показано [2], что степень измельчения значительно влияет на концентрацию активных центров, причем полученные зависимости для всех материалов в различных мельницах имеют свои особенности. С повышением тонкости помола происходит рост концентрации обменных центров, то есть активности. Например, при помоле в шаровой планетарной мельнице оптимальной удельной поверхностью с точки зрения роста концентрации обменных центров для кварцитопесчаника и отходов ММС будет $400 \text{ м}^2/\text{кг}$; гранита – $650 \text{ м}^2/\text{кг}$; песка – $200 \text{ м}^2/\text{кг}$; в вибромельнице для кварцитопесчаника и отходов ММС эта величина составляет $400 \text{ м}^2/\text{кг}$, песка – $300 \text{ м}^2/\text{кг}$; гранита – $500 \text{ м}^2/\text{кг}$; при измельчении отходов ММС и песка в вибрационном истирателе оптимальной удельной поверхностью является $300 \text{ м}^2/\text{кг}$, кварцитопесчаника – $370 \text{ м}^2/\text{кг}$, гранита – $450 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Дисперсные материалы используются при производстве многих строительных композитов, в том числе и асфальтобетона. Зона контакта в нем, как правило, является слабым местом структуры, где локализуются процессы разрушения при действии внешних нагрузок и агрессивных сред. Это объясняется различиями в состоянии (стабильности) структуры и физических свойств граничащих фаз: в зоне контакта могут концентрироваться внутренние напряжения, превышающие прочность сцепления заполнителя и вяжущего или когезионную прочность их пограничных слоев.

Одним из наиболее эффективных способов увеличения прочности сцепления битума с минеральными материалами в асфальтобетонах является интенсификация физико-химических процессов взаимодействия в зоне контакта, что может быть достигнуто использованием заполнителей и наполнителей с активной поверхностью или модифицированием.

В работе [2] была установлена зависимость изменения активности поверхности различных материалов при помоле от величины их удельной поверхности.

Целью следующего этапа исследования явилось установление влияния свойств поверхности материалов, из-

мельченных в различных помольных агрегатах, на взаимодействие с вяжущим, и на основе этого на получение органоминеральных композитов высокого качества.

В связи с тем, что сцепление в системе наполнитель–вяжущее зависит также от микрогеометрии поверхности минеральных частиц, были получены микрофотоснимки порошков, измельченных в различных мельницах (рисунок).

Как видно из представленных результатов, в шаровой планетарной мельнице разрушение материала происходит в местах структурных дефектов и образующиеся при этом частицы имеют осколочную форму и изрезанные края, тогда как материал, подверженный только истиранию в вибрационном истирателе, содержит частицы преимущественно скругленной формы с ровными, сглаженными краями, а материал, измельченный в вибромельнице, имеет небольшой процент зерен осколочной формы.

Результаты микроскопических исследований по изменению формы поверхности, а также данные по повышению концентрации активных центров дают основание предполагать, что изменение свойств поверхности минеральных материалов в результате помола окажет значительное влияние на процессы взаимодействия их с битумом. Само взаимодействие оценивали по максимальной величине сорбции битума из бензолных растворов минеральными порошками с удельной поверхностью $350 \text{ м}^2/\text{кг}$, измельченных в трех различных лабораторных мельницах, и десорбции бензолом сорбированного ими органического материала фотоколориметрическим методом.

Интенсивность взаимодействия минеральных материалов и органического вяжущего является важнейшим элементом структурообразования в асфальтобетоне, во многом определяющим основные эксплуатационные свойства покрытий автомобильных дорог.

Исследования проводили на вязком битуме БНД 60/90 и свежеразмолотых минеральных порошках из кварцитопесчаника и гранита, измельченных в шаровой мельнице до удельной поверхности $350 \text{ м}^2/\text{кг}$, а для

Таблица 2

Наименование материала	Увеличение активности поверхности порошков, %	Прирост предела прочности при сжатии асфальтовяжущего при 20°C , %	Увеличение коэффициента водостойкости асфальтовяжущего, %
Песок	100	39	43
Кварцитопесчаник	43	22	26
Гранит	41	24	23
Отходы ММС	38	20	21

сравнения — на минеральных порошках, выдержанных на воздухе в течение недели.

Полученные результаты по адсорбции-десорбции наглядно подтверждают предположение о зависимости активности процессов взаимодействия битума с различными минеральными материалами от количества центров адсорбции на их поверхности. Характер происходящих адсорбционных процессов определяет различие в адсорбционной способности разных минеральных порошков по отношению к вяжущему.

Наибольшая адсорбционная способность зафиксирована у минерального порошка из кварцитопесчаника, что объясняется более активным химическим взаимодействием. Наличие хемосорбционных процессов между битумом и минеральным материалом обуславливает более высокое сцепление битумной пленки с поверхностью минерального материала [3].

Отслаивание части битума с поверхности минерального материала указывает на то, что адсорбированный слой битума на поверхности минеральных частиц состоит из прочно, то есть химически связанного и обратимо, то есть физически связанного битума.

Так, на поверхности свежеразмолотого кварцитопесчаника после десорбции битума бензолом осталось 50% первоначально адсорбированного вяжущего, а на поверхности выдержанного на воздухе — 36%. На поверхности свежеразмолотого гранита — 42%, выдержанного на воздухе — 28%. Увеличение количества необратимо адсорбированного битума на поверхности свежеразмолотых минеральных порошков можно отнести за счет происходящих между органическими и минеральными материалами хемосорбционных процессов. Причем наилучшее взаимодействие происходит с поверхностью кварцитопесчаника, что полно-

стью согласуется с величиной концентрации активных центров [2].

Кроме того, на основании данных [2] была выявлена взаимосвязь между увеличением концентрации обменных центров в результате помола и улучшением физико-механических показателей асфальтовяжущего с использованием свежеразмолотых минеральных порошков (табл. 2).

Таким образом, в результате механоактивации минеральных порошков повысилась их реакционная способность по отношению к битуму, что должно положительно повлиять на физико-механические характеристики и долговечность асфальтобетона, причем наиболее эффективно использование для помола шаровой планетарной мельницы.

Ключевые слова: механизм измельчения, гранулометрический состав наполнителей, асфальтобетонные смеси, активные центры, микрогеометрия, хемосорбция, органо-минеральные композиты.

Список литературы

1. *Комохов П.Г.* Нанотехнология, структура и свойства бетона // Третья Междунар. научно-практическая конф. «Бетон и железобетон в третьем тысячелетии». Ростов-на-Дону, 2004. Т. 1. С. 265–267.
2. *Траутвайн А.И., Ядыкина В.В., Гридчин А.М.* Повышение реакционной способности наполнителей в результате помола // Строительные материалы. 2010. № 12. С. 81–83.
3. *Ядыкина В.В.* Взаимодействие метаморфогенного кварца с битумом // Наука и техника в дорожной отрасли. 2003. № 2. С. 25–26.



СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФИЛИАЛ БЕЛГОРОДСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМ. В.Г. ШУХОВА



- Изготавливает устройства для определения внутренних напряжений и трещиностойкости материалов (асфальтобетонов, цементобетонов, растворов, укрепленных грунтов и др.).
- Производит подбор составов, оптимальных режимов приготовления асфальтобетонных смесей из материалов заказчика, обеспечи-

вающих значительное повышение качества асфальтобетонов и производительности работы АБЗ.

- Выполняет работы по подбору составов битумных эмульсий и материалов на их основе, в том числе цветных, с гарантией высокого качества.

Курбатов Владимир Леонидович, Печеный Борис Григорьевич

E-mail: kurbatov_bgtu@list.ru, bpavtor@yandex.ru

Тел./факс: (87922) 55-397

Тел.: 8-962-445-18-81

Реклама

В.А. ЛОТОВ, д-р техн. наук, Е.А. СУДАРЕВ, инженер (sudarev@ngs.ru),
 Национальный исследовательский Томский политехнический университет;
 Ю.А. ИВАНОВ, канд. техн. наук, ООО «Техноаналит» (Томск)

Тепловыделение в системе цемент–вода при гидратации и твердении

Сложность процессов, протекающих в системе цемент–вода, обусловлена высокой чувствительностью системы к воздействию различных факторов при переходе ее из начального состояния с низким уровнем организации и прочности коагуляционной структуры в конечном с кристаллизационной структурой более высокого порядка и прочности. Высокая чувствительность системы цемент–вода обусловлена тем, что при взаимодействии компонентов определяющим является не химический, а физико-химический процесс и любое воздействие на систему внешних энергетических факторов вызывает адекватную реакцию протекающих в системе физико-химических процессов.

Выбор необходимых энергетических воздействий на систему цемент–вода базируется на использовании уравнения Гиббса.

Известно, что движущей силой самопроизвольно протекающих процессов является стремление системы перейти в состояние с наименьшей энергией с выделением тепла либо в наиболее вероятное состояние с большим беспорядком и максимальной энтропией. При гидратации клинкерных минералов в составе цемента энтропия гидратированных соединений значительно увеличивается, что подтверждают данные [1], представленные в таблице.

Аналогично энтропии изменяется и теплоемкость соединений, причем численные значения этих величин при стандартных условиях практически совпадают. Изменение энергии Гиббса при гидратации цемента будет иметь отрицательное значение (самопроизвольный процесс), так как его развитие обеспечивается не только энтропийным фактором $T\Delta S$ (связанная теплота), но и энтальпийным ΔH (выигрыш энергии связи между катионом и анионом при переходе соединения в гидратированное состояние).

Энергетические изменения в развивающейся системе цемент–вода вызывают адекватное изменение ее температуры, и это явление широко используется при термокинетических исследованиях с помощью калориметров различных конструкций.

В настоящей работе использовали дифференциальный микрокалориметр (ДМК), содержащий две калори-

метрические ячейки (КЯ), между которыми исключается возможность теплообмена за счет размещения их в индивидуальном теплоизолирующем сосуде; обе ячейки снабжены единичными датчиками температуры, подключенными через аналоговый цифровой преобразователь (АЦП) к компьютеру (рис. 1).

В обе КЯ засыпается равное количество сухого исследуемого материала, который уплотняется до одинакового объема. В КЯ-1 материал остается сухим во время проведения измерений. В материал КЯ-2 с помощью микробюретки вводится расчетное количество воды. При равенстве температуры спаев дифференциальной термопары (ДТ), возникающие в них ЭДС направлены навстречу друг другу, а измерительный комплекс фиксирует нулевое значение. При введении в КЯ-2 воды выделяется теплота смачивания и гидратации, температура КЯ-2 повышается, и тепло передается на спай ДТ, расположенной в КЯ-2. В результате теплового воздействия на один из спаев ДТ в ее цепи возникает разбаланс ЭДС, который через АЦП поступает на компьютер и фиксируется в виде тепловых эффектов и их изменения во времени. На рис. 2 приведена кинетика тепловыделения системы цемент–вода (масса навески цемента 1 г, масса воды 0,3 г, В/Ц = 0,3).

Интенсивное выделение тепла при контакте цемента с водой (рис. 2) объясняется уменьшением свободной поверхностной энергии (поверхностного натяжения) твердой фазы, избыток этой энергии повышает температуру системы.

Тепловыделение при смачивании цемента водой стимулирует развитие гидролиза трехкальцевого силиката, сопровождающегося образованием гидроксида кальция. Реакция гидролиза и теплота смачивания (левая часть максимума тепловыделения при смачивании) являются своеобразным энергетическим импульсом для развития гидратации цемента.

Экстремальный вид кривой тепловыделения при смачивании объясняется единством и противоположностью двух основных процессов, развивающихся в начальный период взаимодействия цемента с водой: гидратации ($Q_T > 0$) и диспергирования исходных частиц цемента ($Q_D < 0$).

Негидратированный минерал			Гидратированный минерал		
Соединение	S_{298}° , кДж/(моль·К)	C_{p298} , кДж/(моль·К)	Соединение	S_{298}° , кДж/(моль·К)	C_{p298} , кДж/(моль·К)
β -2CaO·SiO ₂	127,79	128,74	2CaO·3SiO ₂ ·2,5H ₂ O	268,16	295,46
3CaO·SiO ₂	168,85	171,7	4CaO·3SiO ₂ ·1,5H ₂ O 5CaO·6SiO ₂ ·5,5H ₂ O	330,8 612,36	309,8 699,4
3CaO·Al ₂ O ₃	205,73	209,6	3CaO·Al ₂ O ₃ ·6H ₂ O	405,17	447,3
3CaO·Al ₂ O ₃ + 3CaSO ₄	–	–	3CaO·Al ₂ O ₃ ·3CaSO ₄ ·31H ₂ O	1710,36	1965,5
CaO·Fe ₂ O ₃	145,39	153,9	3CaO·Fe ₂ O ₃ ·6H ₂ O	425,28	472,36
CaO	39,8	42,87	Ca(OH) ₂	83,5	92,39

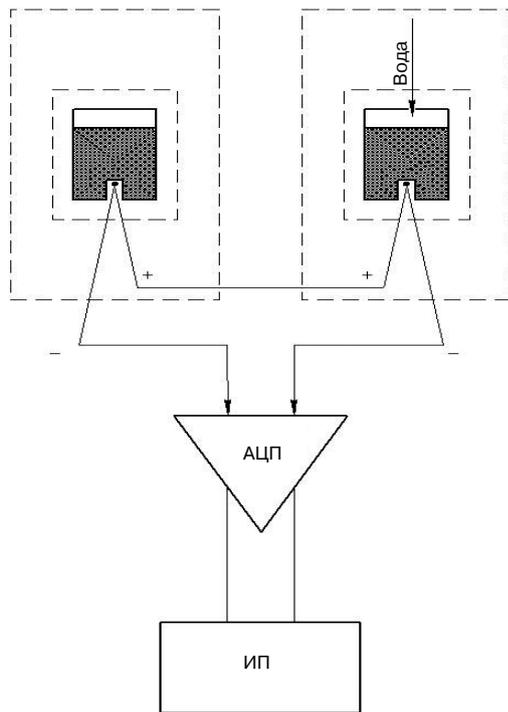


Рис. 1. Схема дифференциального микрокалориметра (ДМК)

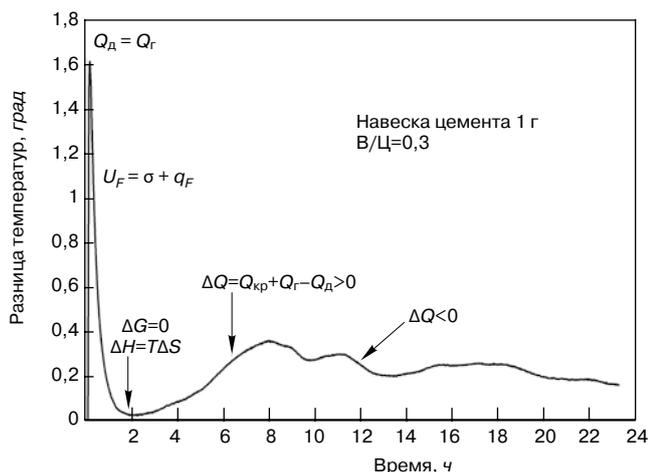


Рис. 2. Кинетика тепловыделения системы цемент-вода

Движущей силой взаимодействия цемента с водой является разность (ΔQ) теплоты гидратации и диспергирования цемента:

$$\Delta Q = Q_r + (-Q_d).$$

В экстремальной точке кривой тепловыделения значения этих теплот становятся равными, после чего начинают преобладать процессы диспергирования (правая часть кривой тепловыделения), и все тепло, запасенное системой, а также тепло, выделяемое цементом при продолжающейся гидратации, расходуется на диспергирование исходных частиц до размеров около 3–10 нм.

Образование высокодисперсных продуктов гидратации в этот период и особенно в индукционном периоде сопровождается увеличением полной свободной поверхностной энергии U_F :

$$\Delta U_F = \Delta H - P\Delta V - T\Delta S = \Delta\sigma + q_F,$$

где $\Delta\sigma$ — прирост свободной поверхностной энергии при образовании единицы новой поверхности; q_F — тепло,

поглощенное при образовании новой поверхности, или скрытая теплота образования поверхности.

Постоянство температуры системы в индукционном периоде объясняется достижением подвижного состояния равновесия между гидратацией и диспергированием цемента ($\Delta G = 0$) и равенством между энтальпийным (теплота гидратации) и энтропийным (теплота диспергирования) факторами системы цемент-вода ($\Delta H = T\Delta S$).

После заполнения исходного порового пространства системы цемент-вода нанодисперсными продуктами гидратации возникает стесненное состояние и внутрипоровое избыточное давление, которое стимулирует вследствие ограниченности свободного пространства развитие перекристаллизации первичных продуктов гидратации с плотностью 1500 кг/м³ в более компактное, закристаллизованное состояние с плотностью 2400–2600 кг/м³. Кристаллизация сопровождается выделением тепла, уменьшением объема твердой фазы, образованием нового свободного объема и выделением свободной воды, которая вновь вступает в топохимическое взаимодействие с негидратированной частью зерен цемента и диспергирует их поверхность, поглощая при этом часть накопленной энергии системы.

Движущая сила гидратации в этот период увеличивается за счет выделения тепла кристаллизации $Q_{кр}$:

$$\Delta Q = Q_{кр} + Q_r - Q_d > 0.$$

После индукционного периода кривая тепловыделения приобретает волнообразный характер, так как тепло, выделяемое системой при кристаллизации первичных продуктов гидратации вследствие периодичности этого процесса, либо усиливает, либо ослабляет суммарное тепловыделение системы. При условии отсутствия тепла кристаллизации, что наблюдается в индукционном периоде или при высоком водоцементном отношении ($B/C = 5-10$), гидратация цемента будет развиваться только за счет тепла гидратации, которое практически полностью будет расходоваться на диспергирование частиц цемента. В этом случае температура системы будет сохраняться постоянной в течение всего периода гидратации.

Диспергирование частиц цемента водой происходит не только в поверхностном слое, но и проникающими в кристаллическую решетку минералов протонами (H^+), имеющими намного меньший размер по сравнению с параметрами кристаллической решетки клинкерных минералов [2]. В результате протонирования и гидроксилирования минералов происходит аморфизация их поверхности с образованием гидратированных соединений, адсорбирующих своей поверхностью свободную воду. Рост тепловыделения после индукционного периода совпадает по времени с началом сроков схватывания цемента, а максимум тепловыделения — с концом срока схватывания. В период между началом и концом сроков схватывания цемент связывает практически всю воду затворения и переводит ее из капиллярно-подвижного (свободная вода) в капиллярно-неподвижное (адсорбционное) состояние.

Простые расчеты показывают, что при гидратации и диспергировании цемента, приводящих к образованию гелеобразных продуктов с плотностью 1500 кг/м³, связывается 75% воды и 25% цемента. Эти продукты заполняют 90% первоначального свободного порового пространства. При плотности слоя сухого цемента $\rho_r = 1350$ кг/м³ объемная доля твердой фазы (K_T) при истинной плотности цемента $\rho_n = 3000$ кг/м³ составляет $K_T = \rho_r/\rho_n = 0,45$, а величина свободного порового пространства $(1 - K_T) = 0,55$. При начальной объемной доле твердой фазы $K_T = 0,45$, толщина пленки воды δ , удерживаемой поверхностью частиц, составляет:

$$\delta = \frac{1 - K_{T1}}{K_{T1} \cdot (Sm \cdot \rho_r)} = \frac{0,55}{(295 \cdot 1350)} = 3 \cdot 10^{-6} = 3 \text{ мкм},$$

где Sm — удельная поверхность единицы массы цемента, $\text{м}^2/\text{кг}$; ρ_r — плотность слоя сухого цемента, $\text{кг}/\text{м}^3$.

В начальном состоянии системы взаимодействие частиц в цементном тесте осуществляется через пленки воды толщиной $2\delta = 6 \text{ мкм}$.

Выделяющийся при гидролизе $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ гидроксид кальция и продукты гидратации клинкерных минералов обладают чрезвычайно высокой удельной поверхностью ($Sm = 350\text{--}450 \text{ м}^2/\text{г}$) [3], и в результате химического и адсорбционного связывания воды уже в ранние сроки гидратации практически полностью исчезает свободная вода и говорить о каком-либо растворении клинкерных минералов при отсутствии свободной воды некорректно.

Периодичность тепловыделения, обусловленная накоплением коллоидных продуктов гидратации и их перекристаллизацией в более компактное состояние, сопровождающаяся появлением свободной воды в системе, позволяет утверждать, что при гидратации и твердении цемента происходит своеобразная перекачка жидкой фазы через твердую, а не наоборот, как это следует из сквозьрастворного механизма.

Цикличность гидратации и твердения цемента является основным признаком, отличающим его от полуводного гипса и негашеной извести, при гидратации которых происходит сначала полное, лавинообразное диспергирование исходного вяжущего с образованием частиц коллоидной дисперсности и адсорбционным связыванием практически всей воды затворения, а затем при условии возникновения стесненного состояния в этих системах развивается только перекристаллизация и объединение первичных продуктов гидратации.

Анализ механизмов гидратации и твердения цемента по данным кинетики тепловыделения дает основание полагать, что из всех известных теорий наиболее достоверной теорией гидратации и твердения цемента является теория Байкова [4], в основе которой лежит взаимодействие воды с цементом, сопровождающееся топомхимической коллоидацией исходных продуктов гидратации. Единственное уточнение, которое необходимо внести в эту теорию, — это периодическая цикличность развития коллоидации и кристаллизации, сохраняющаяся в системе цемент—вода в течение длительного времени.

Работа проводилась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (ГК.02.740.1.1.0855).

Ключевые слова: система цемент—вода, гидратация, клинкерные минералы, тепловыделение, теплота смачивания, свободная поверхностная энергия, энергия Гиббса.

Список литературы

1. *Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мчедлов-Петросян О.П.* Термодинамика силикатов. М.: Стройиздат, 1986. 408 с.
2. *Лотов В.А.* Нанодисперсные системы в технологии строительных материалов и изделий // Строительные материалы. 2006. № 9 / Наука. № 8. С. 5—7.
3. *Бут Ю.М., Сычев М.М., Тимашев В.В.* Химическая технология вяжущих материалов. М.: Высшая школа, 1980. 472 с.
4. *Байков А.А.* Собрание трудов. М.—Л.: АН СССР, 1948. Т. 5: Труды в области вяжущих веществ и огнеупорных материалов. 592 с.



IV конференция «Текущее состояние строительного комплекса и перспективы посткризисного развития промышленности строительных материалов РФ» в рамках выставки

«Отечественные Строительные Материалы-2012»

26 января 2012 г.

Москва, Экспоцентр

В программе семинара:

- | | |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. Итоги работы строительного комплекса России в 2011 г. и прогноз развития строительства в 2012 г. 2. Текущее состояние и тенденции развития промышленности строительных материалов России 3. Состояние экономики и строительного комплекса России — глазами зарубежного предпринимателя 4. Закономерности и особенности развития рынков минеральных вяжущих (цемент, известь, гипс) в годы кризиса и перспективы ближайшего будущего 5. Развитие подотрасли стеновых материалов на примере керамических стеновых материалов в свете новой редакции СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» | <ol style="list-style-type: none"> 6. Техническое перевооружение подотрасли и расширение производства керамзита — гарантия эффективной реализации Национального проекта «Доступное и комфортное жилье — гражданам России» 7. Производство газобетона в России. Место России в мировом производстве 8. Производство и применение древопластиков в строительном комплексе России 9. Рынок мягких кровельных материалов в 2011 г. и перспективы его развития в ближайшие годы |
|--|--|

Дополнительную информацию Вы можете получить по телефону (499) 976-20-36, 976-22-08, электронной почте: mail@rifsm.ru, rifsm@mail.ru
Руководитель проекта Юмашева Елена Ивановна, менеджер проекта Гаркави Елена Владимировна

С.В. ФЕДОСОВ, д-р техн. наук, академик РААСН, Ивановский государственный архитектурно-строительный университет; В.И. БОБЫЛЕВ, ООО «ДСК Инвест+»; А.М. ИБРАГИМОВ, д-р техн. наук, Ивановский государственный архитектурно-строительный университет; В.К. КОЗЛОВА, д-р техн. наук, Алтайский государственный технический университет; А.М. СОКОЛОВ, канд. техн. наук, Ивановский государственный энергетический университет

Моделирование набора прочности бетоном при гидратации цемента

Прогнозирование механической прочности бетона теоретическими методами продолжает оставаться актуальной задачей строительного материаловедения. Решение этой задачи позволяет значительно сократить объемы дорогостоящих и длительных экспериментальных исследований в этой сфере. Благодаря усилиям ряда исследователей [1–3] в настоящее время существуют достаточно четкие и общепринятые представления об основных закономерностях механического разрушения и прочности бетона. Дальнейшие работы посвящены созданию методов математического и компьютерного моделирования изменения механической прочности бетона в зависимости от различных факторов [4, 5].

Актуальность разработки таких методов значительно возрастает благодаря перспективе широкого практического применения электротепловой обработки бетона и железобетонных изделий вместо традиционных методов (ТВО водяным паром, продуктами сгорания газа) [6, 7]. Электротепловая обработка может существенно отличаться от традиционной по своим параметрам и характеристикам, что значительно сказывается на наборе прочности бетоном. Например, при такой обработке достигается почти однородное температурное поле и практически одинаковые условия твердения бетона по всему объему обрабатываемого изделия [6, 7].

Анализ существующих сведений о механической прочности бетона [1–5] позволяет сформулировать следующие замечания, касающиеся принципов построения математической модели, предназначенной для прогнозирования механической прочности бетона.

Во-первых, прочность бетона любого вида определяется прочностью цементного камня. При разрушении бетона под воздействием механических нагрузок трещины образуются в объеме цементного камня и в месте контакта связующего с заполнителем. Лишь в некоторых разновидностях бетона наблюдается разрушение заполнителя, что требует учета влияния на прочность этой составляющей. Это означает, что математическую модель механической прочности бетона в подавляющем числе практических случаев можно свести к определению прочности цементной составляющей [1–3].

Во-вторых, известно, что прочность бетона зависит от большого количества факторов: водоцементное отношение, соотношение компонентов бетонной смеси, марка цемента, качество заполнителей, пористость, время созревания, температура бетона и др. Практический интерес представляет построение математической модели, которая отражает влияние на механическую прочность бетона таких важнейших факторов, как его температура и время твердения. Влияние других факторов для заданного вида и класса бетона

предопределено его рецептурой и нормативными документами.

В-третьих, влияние температуры и времени твердения цементного камня после приготовления бетонной смеси обусловлено, как известно, гидратацией соединений, входящих в состав цемента. Минералогический состав современных портландцементов включает в себя C_3S (трехкальциевый силикат) – 50–65%; C_2S (β -двухкальциевый силикат) – 15–25%; C_3A (трехкальциевый алюминат) – 8–15%; C_4AF (четырекальциевый ферроалюминат) – 8–12% [8, 9]. Предлагаемые в настоящее время математические модели учитывают в лучшем случае гидратацию только одной составляющей – C_3S [5]. Хотя C_3S является основным носителем свойств цемента, необходимо обязательно учитывать влияние на гидратацию и других составляющих (C_2S , C_3A , C_4AF) [8, 9].

В настоящее время известно, что гидратация цемента представляет собой последовательный ряд сложных химических превращений [8, 9]. Несмотря на более чем столетнюю историю интенсивных исследований химических процессов в твердеющем цементе, многие аспекты до сих пор неясны, а существующие представления являются в значительной степени гипотетическими. Известно, что гидратация цемента начинается с гидролиза его составляющих сразу же после затворения бетонной смеси водой. Считается, что гидролиз двух основных составляющих – C_3S и C_2S имеет одинаковый характер и состоит из четырех последовательных стадий. Одним из продуктов гидролиза каждой стадии является гидроксид кальция $Ca(OH)_2$. Другими продуктами на первых трех стадиях последовательно являются гидроортосиликаты кальция различной степени замещения: $Ca_3[HSiO_4]_2$, CaH_2SiO_4 и $Ca(H_2SiO_4)_2$, т. е. при переходе от первой к третьей стадии происходит постепенное замещение в молекуле соли атомов кальция атомами водорода. На четвертой стадии полный гидролиз завершается разложением исходных соединений на образующие их $Ca(OH)_2$ и ортокремниевую кислоту H_4SiO_4 . Вероятность появления указанных продуктов значительно уменьшается от первой стадии к четвертой. Гидролиз C_3S по сравнению с C_2S протекает значительно быстрее, что можно объяснить отличиями в строении кристаллической решетки этого минерала, которое делает его термодинамически менее устойчивым и обеспечивает быстрое взаимодействие с водой [9]. Так как реакции гидролиза практически необратимы, предполагается, что благодаря высокой концентрации гидроксида кальция на базе возникших продуктов гидролиза в нормальных условиях происходит образование основных солей – разновидностей гидроксогидроорто- силикатов, например $Ca_7[HSiO_4]_4(OH)_2$, а также

гидроксоортосиликатов кальция, например вида $\text{Ca}_2\text{SiO}_4 \cdot x\text{Ca}(\text{OH})_2$, где $x = 0,5; 1; 1,5; 2$. Предполагается, что с течением времени под воздействием различных химических веществ гидроксогидроортосиликаты способны превращаться в двойные соли.

При гидратации C_3S могут возникать также продукты, отличающиеся от продуктов гидролиза и гидратации C_2S . Например, при нормальной температуре и при пропаривании может образовываться аввиллит ($\text{Ca}_3[\text{HSiO}_4]_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), а при температуре $50-300^\circ\text{C}$ появляется трехкальциевый гидросиликат $\text{Ca}_6(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_6$. При температуре ниже 100°C , что соответствует условиям электротепловой обработки бетона, высокая концентрация гидроксида кальция способствует дальнейшему объединению образовавшихся продуктов в более сложные соединения. В результате этого образуются различные типы полукристаллических гидратов силикатов кальция, которые являются промежуточными по структуре между гелем $\text{C}-\text{S}-\text{H}$ и двумя кристаллическими фазами, имеющими близкое сходство между собой [9]. Одна из них тоберморит, другая – дженнит, предполагаемые формулы которых имеют вид $\text{Ca}_5[\text{Si}_6\text{O}_{18}\text{H}_2] \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Ca}_9[\text{Si}_6\text{O}_{18}\text{H}_2] \cdot (\text{OH})_8 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ соответственно. Согласно структурным формулам этих соединений [9] тоберморит представляет собой гидрополисиликат кальция, а дженнит – гидроксогидрополисиликат, образовавшийся на основе тоберморита. Оба минерала имеют слоистую структуру. Таким образом, считается, что окончательными продуктами гидратации трех- и двухкальциевого силикатов при температуре ниже 100°C являются плохо закристаллизованные новообразования, которые представляют собой, по существу, неорганические полимеры [9].

Продукты взаимодействия алюминатов и алюмоферритов кальция (C_3A , C_4AF) с водой к настоящему времени изучены более полно [8, 9]. Хорошо известно, что гидролиз и гидратация этих составляющих цемента протекают намного быстрее по сравнению с трехкальциевым силикатом. Основным продуктом гидратации C_3A в присутствии гипса ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) является этрингит $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 31\text{H}_2\text{O}$, который при повышенной температуре подвержен перекристаллизации, приводящей к образованию алюминийзамещенных гидратов силикатов кальция. Кроме того, возможно появление таумасита.

Таким образом, ясно, что твердеющий цемент представляет собой один из наиболее сложных объектов исследования, с которым приходится иметь дело. Но даже весьма сложные и многоступенчатые химические процессы подчиняются фундаментальным законам природы. Это дает основание предположить, что для описания гидратации цемента может быть использован один из базовых законов химии – уравнение Аррениуса:

$$K = A \cdot \exp\left(-\frac{E}{k \cdot T}\right), \quad (1)$$

где K – константа скорости химической реакции, с^{-1} ; A – постоянный коэффициент (число химических взаимодействий в единицу времени), с^{-1} ; E – энергия активации химической реакции, Дж; T – температура, К; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана.

Если известна константа скорости химической реакции, то изменение количества вещества в единицу времени определяется выражением:

$$\frac{dN}{dt} = -K \cdot N = -A \cdot N \cdot \exp\left(-\frac{E}{k \cdot T}\right), \quad (2)$$

где N – количество вещества, $\text{г}/\text{м}^3$, способного вступить в реакцию гидратации (количество реагента) в произвольный момент времени t (полагаем, что порядок реакции равен единице).

Решение уравнения (2) позволяет получить закон изменения N во времени:

$$N = N^0 \cdot \exp(-K \cdot t) = N^0 \cdot e^{-t \cdot A \cdot \exp\left(\frac{E}{k \cdot T}\right)}, \quad (3)$$

где N^0 – количество реагента в начальный момент ($t = 0$).

С учетом (3) степень гидратации цемента можно определить по формуле:

$$G = \frac{N^G}{N^0} = \frac{N^0 - N}{N^0} = 1 - \frac{N}{N^0} = [1 - \exp(-K \cdot t)], \quad (4)$$

где количество прореагировавшего вещества:

$$N^G = N^0 - N = N^0 \cdot [1 - \exp(-K \cdot t)] = N^0 \cdot \left[1 - e^{-t \cdot A \cdot \exp\left(\frac{E}{k \cdot T}\right)}\right], \quad (5)$$

Сразу после приготовления бетона ($t = 0$) $N = N^0$, $N^G = 0$, $G = 0$, а после завершения гидратации ($t = \infty$) $N = 0$, $N^G = N^0$, $G = 1$.

Полагая, что прочность бетона при сжатии σ пропорциональна степени гидратации цемента [1–5], можно записать:

$$\sigma = \sigma^m \cdot G = \sigma^m \cdot [1 - \exp(-K \cdot t)] \quad (6)$$

или в относительных значениях:

$$\sigma^* = \frac{\sigma}{\sigma^m} = G = 1 - \exp(-K \cdot t), \quad (7)$$

где σ^m – максимальная прочность, достигаемая при завершении гидратации цемента ($G = 1$); в качестве расчетного времени достижения такого состояния целесообразно принять срок созревания бетона 5 лет [1–3].

Из (7) можно получить выражение для определения константы скорости химической реакции по известной величине σ^* :

$$K = -\frac{\ln(1 - \sigma^*)}{t}. \quad (8)$$

По (8) выполнены расчеты значения K при $t > 0$ для бетона В25–В30 (рис. 1) с использованием экспериментальных зависимостей набора прочности в пределах 28 сут при различной температуре [10]. При этом учитывалось, что при твердении свыше 28 сут гидратация цемента продолжается, а прочность бетона нарастает, достигая значений 1,25; 1,75; 2 и 2,25 по отношению к прочности в возрасте 28 сут при сроке твердения 3 мес, 1 год, 2 года и 5 лет соответственно [1–3].

При небольшом времени созревания константа скорости реакции гидратации имеет наибольшие значения (рис. 1) и в значительной степени зависит от температуры, что качественно соответствует выражению (1). Это можно объяснить тем, что в реакции гидратации в начальный период одновременно вступают все минералогические составляющие цемента. В дальнейшем по мере завершения гидратации величина K уменьшается и стремится к установившемуся значению [8, 9]. Полученный результат (рис. 1) свидетельствует о необходимости учета поведения всех составляющих цемента при количественном описании гидратации.

Для этого выразим начальное количество реагента в формуле (4) следующим образом:

$$N^0 = N^0_{\text{C}_3\text{S}} + N^0_{\text{C}_2\text{S}} + N^0_{\text{CAF}} = g_1 \cdot N_0 + g_2 \cdot N_0 + g_3 \cdot N_0, \quad (9)$$

где $N^0_{\text{C}_3\text{S}}$, $N^0_{\text{C}_2\text{S}}$ и N^0_{CAF} – начальное содержание в составе цемента соединений C_3S , C_2S и $\text{C}_3\text{A} + \text{C}_4\text{AF}$ соответственно; поскольку C_3A и C_4AF проявляют практически одинаковые свойства при гидратации [4, 5], они учитываются общим суммарным показателем (N^0_{CAF}); g_1 , g_2 и g_3 – долевое содержание C_3S , C_2S и $\text{C}_3\text{A} + \text{C}_4\text{AF}$ в составе цемента.

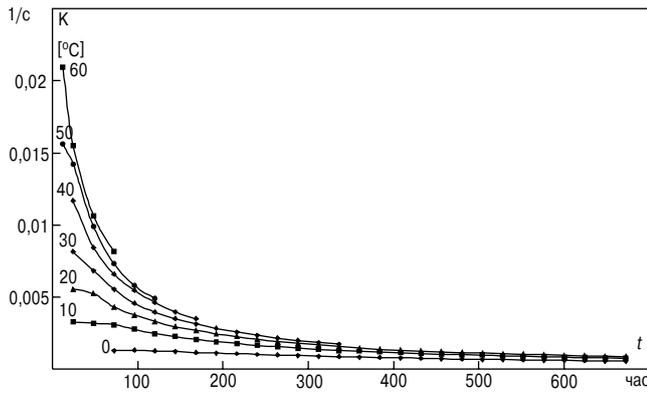


Рис. 1. Изменение константы скорости химической реакции (гидратации) при твердении бетона

Количество реагента, вступившего в реакцию в произвольный момент времени, по аналогии с (9) может быть определено как:

$$N^G = N_{C_3S}^G + N_{C_2S}^G + N_{CAF}^G + b \cdot N_{CAF}^R, \quad (10)$$

где $N_{C_3S}^G$, $N_{C_2S}^G$ и N_{CAF}^G – количество прореагировавших C_3S , C_2S и C_3A+C_4AF ; N_{CAF}^R – количество продуктов гидратации C_3A+C_4AF , которое подверглось перекристаллизации; $b < 1$ – коэффициент, учитывающий изменение свойств продуктов гидратации в результате перекристаллизации.

$$\begin{aligned} N_{C_3S}^G &= N_{C_3S}^0 \cdot \{1 - \exp(-K_{C_3S} \cdot t)\} = g_1 \cdot N^0 \cdot \left\{1 - \exp\left(-t \cdot A_{C_3S} \cdot \exp\left[-\frac{E_{C_3S}}{k \cdot T}\right]\right)\right\}; \\ N_{C_2S}^G &= N_{C_2S}^0 \cdot \{1 - \exp(-K_{C_2S} \cdot t)\} = g_2 \cdot N^0 \cdot \left\{1 - \exp\left(-t \cdot A_{C_2S} \cdot \exp\left[-\frac{E_{C_2S}}{k \cdot T}\right]\right)\right\}; \\ N_{CAF}^G &= N_{CAF}^0 \cdot \{1 - \exp(-K_{CAF} \cdot t)\} \cdot \exp(-K_{CAF}^R \cdot t) = \\ &= g_3 \cdot N^0 \cdot \left\{1 - \exp\left(-t \cdot A_{CAF} \cdot \exp\left[-\frac{E_{CAF}}{k \cdot T}\right]\right)\right\} \cdot \exp\left(-t \cdot A_{CAF}^R \cdot \exp\left[-\frac{E_{CAF}^R}{k \cdot T}\right]\right); \\ N_{CAF}^R &= N_{CAF}^0 \cdot \{1 - \exp(-K_{CAF} \cdot t)\} \cdot \left\{1 - \exp(-K_{CAF}^R \cdot t)\right\} = \\ &= g_3 \cdot N^0 \cdot \left\{1 - \exp\left(-t \cdot A_{CAF} \cdot \exp\left[-\frac{E_{CAF}}{k \cdot T}\right]\right)\right\} \cdot \left\{1 - \exp\left(-t \cdot A_{CAF}^R \cdot \exp\left[-\frac{E_{CAF}^R}{k \cdot T}\right]\right)\right\}, \end{aligned} \quad (11)$$

где K_{C_3S} , K_{C_2S} , K_{CAF} , K_{CAF}^R ; A_{C_3S} , A_{C_2S} , A_{CAF} , A_{CAF}^R ; E_{C_3S} , E_{C_2S} , E_{CAF} , E_{CAF}^R – параметры уравнения Аррениуса (1), т. е. константы скорости химической реакции, число взаимодействий в единицу времени, энергии активации для реакции гидратации C_3S , C_2S и C_3A+C_4AF и реакции перекристаллизации этtringита соответственно.

На основе анализа и обобщения существующих литературных сведений о гидратации составляющих цемента, перекристаллизации продуктов гидратации, показателей набора прочности бетоном [1–11] были получены численные значения постоянных уравнения Аррениуса (1) в формуле (10) (см. таблицу).

$$\begin{aligned} K &= \frac{1}{t} \cdot \ln \left[\frac{1}{1 - g_1 \cdot (1 - e^{-K_{C_3S} \cdot t}) - g_2 \cdot (1 - e^{-K_{C_2S} \cdot t}) - g_3 \cdot (1 - e^{-K_{CAF} \cdot t}) \cdot \left\{ (1-b) \cdot e^{-K_{CAF}^R \cdot t} + b \right\}} \right] = \\ &= \frac{1}{t} \cdot \ln \left[1 - g_1 \cdot \left(1 - e^{-t \cdot A_{C_3S} \cdot \exp\left\{-\frac{E_{C_3S}}{k \cdot T}\right\}} \right) - g_2 \cdot \left(1 - e^{-t \cdot A_{C_2S} \cdot \exp\left\{-\frac{E_{C_2S}}{k \cdot T}\right\}} \right) - g_3 \cdot \left(1 - e^{-t \cdot A_{CAF} \cdot \exp\left\{-\frac{E_{CAF}}{k \cdot T}\right\}} \right) \cdot \left\{ (1-b) \cdot e^{-t \cdot A_{CAF}^R \cdot \exp\left\{-\frac{E_{CAF}^R}{k \cdot T}\right\}} + b \right\} \right]^{-1}. \end{aligned} \quad (12)$$

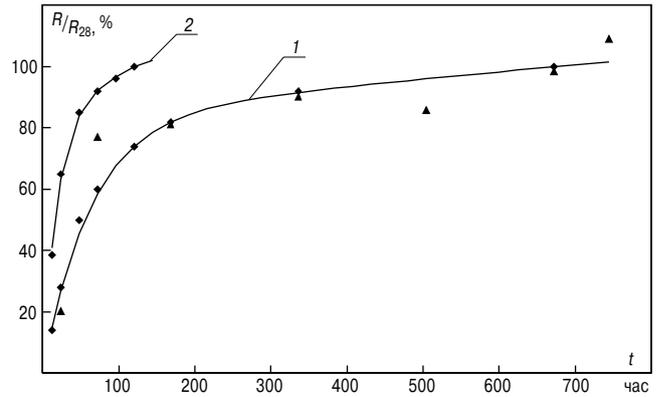


Рис. 2. Зависимость предела прочности бетона при сжатии от температуры и времени твердения: 1 – 20°C; 2 – 50°C; линии – расчет; точки – эксперимент по [10] (бетон В25–В30)

Формула (10) учитывает, что этtringит, который образуется в результате гидратации C_3A+C_4AF в присутствии гипса, имеет склонность к перекристаллизации [8, 9]. Причем этот процесс значительно ускоряется при температуре 30°C и выше. Коэффициент b отражает тот факт, что продукты перекристаллизации хотя и продолжают участвовать в обеспечении механической прочности цементного камня, тем не менее выполняют эту функцию менее эффективно, чем этtringит [8].

Для каждой составляющей правой части формулы (10) можно записать уравнение вида (2) и найти его решение аналогично (5). В результате таких действий получено:

Количество химических взаимодействий, ч ⁻¹				Энергия активации, эВ				b
A _{C₃S}	A _{C₂S}	A _{CAF}	A _{CAF} ^R	E _{C₃S}	E _{C₂S}	E _{CAF}	E _{CAF} ^R	
1,63×10 ⁻²	4,1×10 ²⁰	1,113×10 ⁴	2,35×10 ³	0,12	1,5	0,34	0,41	0,55

Полученные результаты позволяют прогнозировать набор прочности бетоном при гидратации составляющих цемента. Для этого путем подстановки в левую часть (4) выражения (7) для G , а в правую часть выражений (9) и (10) для N^0 и N^G с учетом соотношений (11) и последующих преобразований получена формула для определения константы скорости гидратации одновременно всех составляющих цемента:

Выражение (12) позволяет определять величину K для различного времени твердения бетонной смеси с момента затворения при фиксированном значении температуры T . Это дает возможность по формуле (7) находить расчетное относительное значение прочности бетона, а при известной величине марочной прочности — ее абсолютное значение. Характерно, что выражение (12) аналогично формуле (8) при $t = 0$ обращается в неопределенность вида $\frac{0}{0}$, которая может быть раскрыта с помощью правила Лопиталья. Однако практического значения это не имеет, так как очевидно, что в момент затворения бетонной смеси прочность цементного камня должна быть принятой $\sigma = 0$.

Результаты расчетов по (12) представлены на рис. 2 в сравнении с экспериментальными данными [10]. Можно отметить практически полное совпадение результатов расчета и эксперимента, что подтверждает правильность предложенной модели.

Можно сделать вывод, что формула (12) и расчет изменения во времени прочности бетона на ее основе справедливы для фиксированного значения температуры T . На практике, особенно при использовании тепловой обработки железобетонных изделий, температура, при которой происходит гидратация цемента, изменяется в широких пределах по определенному графику. Поэтому представляется целесообразным дальнейшее развитие предложенной модели с учетом параметров тепловой обработки. Это позволило бы решать практические задачи, например разрабатывать оптимальные режимы электротепловой обработки с целью достижения бетоном требуемой механической прочности в заданные или минимальные сроки.

Ключевые слова: гидратация минералов цемента, константа скорости химической реакции, уравнение Аррениуса.

Список литературы

1. Шубенкин П.Ф. и др. Б.Г. Скрамтаев, жизнь и творчество. М.: Стройиздат, 1986. 73 с.
2. Шейкин А.Е. Строительные материалы. М.: Стройиздат, 1978. 432 с.
3. Берг О.Я. и др. Высокопрочный бетон. М.: Стройиздат, 1971. 208 с.
4. Лагойда А.В. Прогнозирование прочности бетона при повышенных температурах выдерживания // Бетон и железобетон. 1994. № 4. С. 11–13.
5. Бабицкий В.В., Семенюк С.Д., Бибик М.С. Прогнозирование характеристик твердеющего тяжелого бетона: Збірник наукових праць «Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Ровно: Изд-во НУВГП, 2009. Вип. 18. С. 3–12.
6. Федосов С.В. и др. Электротепловая обработка бетона токами различной частоты // Строительные материалы. 2010. № 6. С. 4–7.
7. Федосов С.В. Тепломассоперенос в технологических процессах строительной индустрии. Иваново: ПрессСто, 2010. 364 с.
8. Ли Ф.М. Химия цемента и бетона. М.: Стройиздат, 1961. 530 с.
9. Козлова В.К. и др. Продукты гидратации кальцисиликатных фаз цемента и смешанных вяжущих веществ. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2005. 183 с.
10. Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях / Под ред. Б.А. Крылова и др. М.: НИИЖБ, 2005. 275 с.
11. Бондаренко В.М. и др. Железобетонные и каменные конструкции. М.: Высшая школа, 2007. 887 с.



Редакция журнала «Строительные материалы»® при поддержке ITE СИБИРСКАЯ ЯРМАРКА, ООО НПП «Баскей» в рамках проекта КЕРАМТЭКС проводит научно-технический семинар, посвященный проблемам производства керамических стеновых материалов и перспективам развития отрасли в Сибири «Инновационные технологии для кирпичных заводов средней и малой мощности».

Новосибирск, Экспоцентр **1 февраля 2012 г.**

Обсуждаемые вопросы:

<ul style="list-style-type: none"> • Перспективы развития отрасли. • Состояние нормативной базы отрасли. • Проблемы старых заводов по производству керамического кирпича. Инновационные направления технологической и аппаратурной реконструкции. 	<ul style="list-style-type: none"> • Перспективы метода полусухого прессования. • Производство новых видов изделий стеновой керамики. • Проблемы привлечения инвестиций для реконструкции заводов средней и малой мощности.
--	--

Семинар организован при поддержке фирмы 

В рамках семинара предусмотрено посещение нового кирпичного завода «Ликолор» (2 февраля 2012 г.)

Приглашаем Вас принять участие в семинаре и дискуссии по обсуждаемым вопросам.

Телефоны для справок: +7 (499) 976-22-08, 976-20-36, т/ф: +7 (910) 437-03-98 —Лескова Елена Львовна

М.В. РЫБАКОВА, инженер, В.Д. БАРБАНИЯГРЭ, д-р техн. наук,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Композиционный материал на основе цементной суспензии мокрого помола

Современное развитие технологии бетона неразрывно связано с разработкой и внедрением экономически, технологически и технически эффективных разновидностей вяжущих, обеспечивающих получение высококачественных изделий [1, 2]. Внедрение новых технологий высокомарочных бетонов требует вяжущего с новыми свойствами. Основными направлениями совершенствования эксплуатационных характеристик цементных композитов являются улучшение технологичности, повышение прочности и долговечности. Данное направление является актуальным, что позволяет решать многие технические и экономические вопросы.

Эффективным способом модифицирования цементных композитов является метод механохимической активации цемента и вяжущих [3, 4]. В последние десятилетия активно проводились разработки в направлении мокрого помола цемента, о чем свидетельствуют патенты РФ [5, 6].

Для активации гидратации и интенсификации твердения цемента помол портландцементного клинкера предлагается проводить в водной среде. Это способствует лучшему измельчению зерен цемента благодаря понижению их твердости и адсорбционному диспергированию [7].

Цель данной работы – получение быстротвердеющего высокопрочного композита на основе модифицированного цемента, полученного в результате механохимической активации клинкера в водной среде. Задача состояла в том, чтобы быстротвердеющее вяжущее обладало не только большей дисперсностью по отношению к базовому цементу, но и не приводило к значительному повышению водопотребности.

В качестве исходных компонентов в работе применяли клинкер и цемент ПЦ500Д0 ЗАО «Белгородский цемент», природный гипс. Совместный помол клинкера (2,5–1,25 мм) и гипса (5%) осуществляли в лабораторной шаровой мельнице, в которой отношение массы мелющих тел ($M_{м.т}$) к массе размалываемого материала ($M_{мат}$) равнялось $M_{м.т}/M_{мат} = 11$. Масса измельчаемого материала при этом составляла 100 г.

Исследования кинетики измельчения (рис. 1) показали, что при сухом помоле клинкера с гипсом (5%) в лабораторной шаровой мельнице удельная поверхность 300 м²/кг достигается за 38 мин измельчения, тогда как помол в водной среде ($V/\Omega = 0,6$) дает возможность получения такой же степени измельчения при сокраще-

нии времени помола и энергии практически в два раза. При одинаковом времени измельчения удельная поверхность при мокром помоле возрастает в 1,9 раза и достигает значения 590 ± 10 м²/кг. Вода образует жидкие прослойки между частицами твердого тела при измельчении, резко снижая трение между ними и, в свою очередь, оказывает расклинивающее действие, тем самым интенсифицируя помол.

В результате механохимической активации клинкера в водной среде получается цементная суспензия с высокой степенью дисперсности с преобладанием частиц 0–5 мкм до 30% [8].

Проводили исследования гидравлической активности цемента по ГОСТ 310.4–81. Данные представлены в табл. 1. Изготавливали стандартные образцы на вольском песке размером 40×40×160 мм из цементно-песчаного раствора с $V/\Omega = 0,4$ и распылом конуса 106–115 мм.

Исследования прочностных характеристик цементов показали (рис. 2), что в возрасте 3 сут нарастающий характер активности обеспечивает цемент, полученный механохимической активацией в водной среде, прочность которого составила 31,6 МПа. По отношению к контрольному составу (22,4 МПа) прирост прочности составил 41%. В 28 сут возрасте прочность цементного камня, изготовленного из цемента мокрого помола, также отличается более высокими показателями (51,3 МПа) по отношению к цементам сухого лабораторного помола (46,5 МПа) и заводского (44,5 МПа).

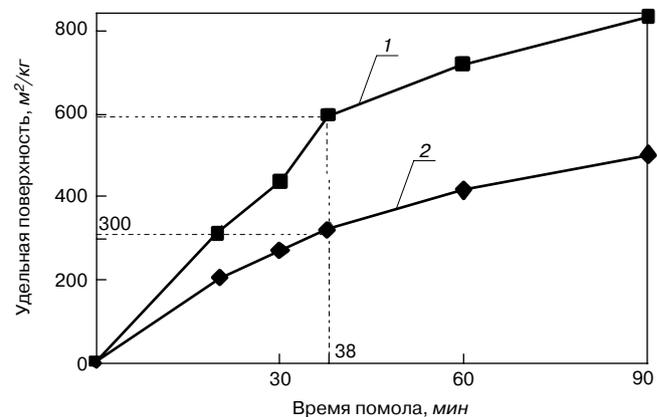


Рис. 1. Кинетика мокрого (1) и сухого (2) помола

Таблица 1

Цементно-песчаная смесь	Подвижность смеси, мм	Предел прочности при			
		изгибе, МПа, в возрасте, сут		сжатию, МПа, в возрасте, сут	
		3	28	3	28
Цемент заводской (контрольный)	112	5	6,1	22,4	44,5
Цемент лабораторного сухого помола	113,5	5,1	6,4	23,8	46,5
Цемент мокрого помола	114	5,7	7	31,6	51,3

Таблица 2

Состав смеси, кг/м ³						Предел прочности при сжатии, МПа					Экспериментальная плотность, кг/м ³
Цемент		Песок	Кварцито-песчанник	В/Ц	ОК, см	Возраст, сут				ТВО*	
сухого помола	мокрого помола					1	3	7	28		
350	–	700	1295	0,4	5	11,3	21,5	23,2	34,5	31,4	2385
–	350	700	1295	0,4	5	21,6	31,1	40,3	47,5	39,6	2418
–	350	665	1225	0,37	2	24,8	38,4	41,5	50,2	46,7	2430

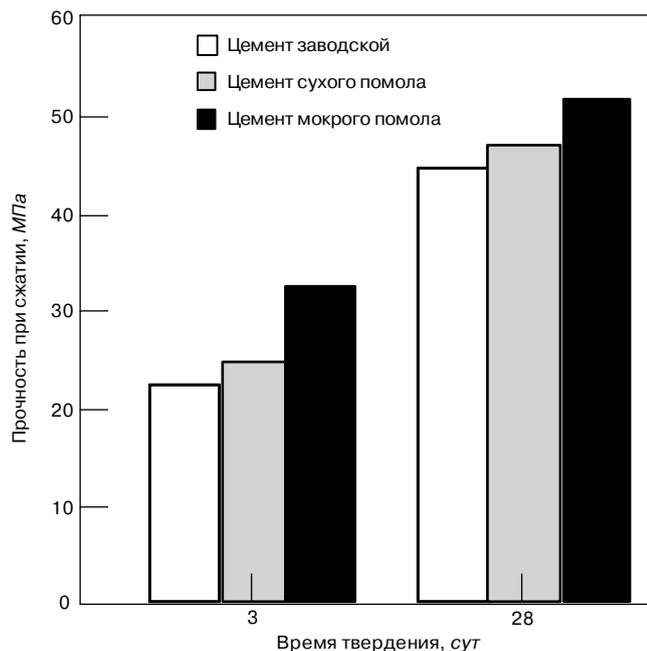


Рис. 2. Активность цемента при различном способе помола по ГОСТ 310.4–81

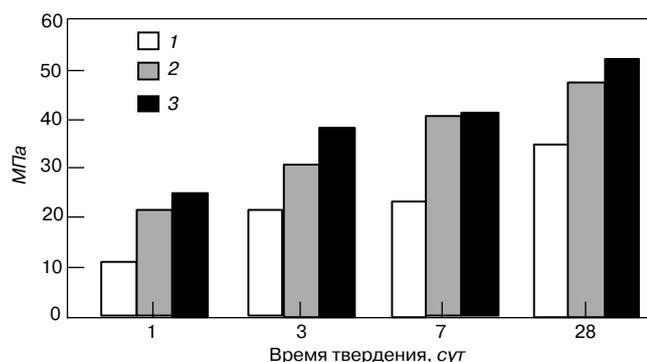


Рис. 3. Прочность при сжатии композиционного материала на цемент: 1 – сухого помола; 2, 3 – мокрого помола

Для оценки влияния цементной суспензии мокрого помола на свойства получаемого композита, а также для определения технико-экономического эффекта ее применения были подобраны составы композиционного материала (табл. 2) из следующих компонентов: цемента сухого и мокрого помола, кварцевого песка Нижнеольшанского месторождения по ГОСТ 8736–93 ($M_k = 1,5$), отсева дробления кварцито-песчанника (КП) фракции 10–5 мм. С целью снижения водопотребности цементной суспензии применяли поликарбоксилатный суперпластификатор Melflux 2651F, который вводили непосредственно при помолке клинкера в виде водного раствора.

Оптимальная концентрация суперпластификатора 0,15% массы вяжущего. Все составы композиционного

материала проектировали с условием равной подвижности ($OK = 2–5$ см). Из полученных смесей методом виброуплотнения формовались образцы-кубы размером $70 \times 70 \times 70$ мм.

Прочность при сжатии исследуемых образцов определяли в возрасте 1, 3, 7, 28 сут при нормальных условиях твердения, а также при тепловлажностной обработке при $85^\circ C$ по режиму 1–6–1 (рис. 3).

Результаты определения прочности показывают, что наибольшей прочностью обладают композиты, изготовленные с применением цемента мокрого помола, твердевшие в нормальных условиях, а также при тепловлажностной обработке.

Таким образом, в сравнении с цементом сухого помола цементная суспензия, полученная мокрым измельчением клинкера, обеспечивает более интенсивную кинетику гидратации и твердения как бездобавочного цементного камня, так и цементно-песчаного раствора, а также сложного по составу композита.

В результате проведенных исследований установлено, что цементная суспензия мокрого помола может применяться для производства быстротвердеющих композитов. При этом повышаются прочностные показатели таких материалов в первые сутки твердения в среднем на 100%, а также увеличивается плотность изделий.

Ключевые слова: цемент, помол, дисперсность, прочность, композиционный материал.

Список литературы

1. Рахимов Р.З., Хабибулина Н.Р., Рахимов М.М. и др. Бетоны на основе композиционных шлакощелочных вяжущих // Строительные материалы. 2005. № 8. С.16–17.
2. Баженов Ю.М., Фаликман В.Р. Новый век: новые эффективные бетоны и технологии: Материалы I Всерос. конф. по проблемам бетона и железобетона «Бетон на рубеже третьего тысячелетия». Москва. 9–14 сент. 2001. С. 91–102.
3. Шестоперов С.В., Рояк С.М., Иванов Ф.М. Мокрый домол цемента: В тр. НИИЦемент. М.: Промстройиздат, 1952. Вып. 5. 85 с.
4. Сулименко Л.М., Шалуненко Н.И., Урханова Л.А. Механохимическая активация вяжущих композиций // Изв. вузов. Строительство. 1995. № 11. С. 63–68.
5. А. с. 2003136027 РФ. Способ получения цементно-водной суспензии и устройство для его осуществления / С.А. Зубехин, Б.Э. Юдович, В.Г. Губарев // Опубл. 20.05.05. Б.И. № 3. С. 52.
6. А. с. 2194676 РФ. Способ обработки цементного клинкера / В.В. Ронин // Опубл. 20.12.02. Б.И. № 8. С. 22.
7. Ребиндер П.А. Избранные труды. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. М.: Наука, 1979. 328 с.
8. Рыбакова М.В., Барбаныгрэ В.Д. Интенсификация процессов твердения цементного камня на основе цементной суспензии и суперпластификатора // Строительные материалы. 2010. № 8. С. 55–57.

В.И. КАЛАШНИКОВ, д-р техн. наук, Е.В. ГУЛЯЕВА (gulyaeva5@gmail.com),
 Д.М. ВАЛИЕВ (damir_vm@mail.ru), В.М. ВОЛОДИН (vladimir.versus@gmail.com),
 А.В. ХВАСТУНОВ (alexey-pnz@mail.ru), инженеры,
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Высокоэффективные порошково-активированные бетоны различного функционального назначения с использованием суперпластификаторов

В связи с развитием самоуплотняющихся бетонов (СУБ), которые востребованы в монолитном, сборном и дорожном строительстве, важно оценить действие различных суперпластификаторов (СП) на реологию бетонных смесей. За рубежом активно внедряются самоуплотняющиеся бетоны для монолитного строительства, изготовления дорожных конструкций и дорожного полотна. Особенно эффективны бетоны нового поколения для изготовления кольцевых элементов под автомобильные дороги. При их изготовлении использование высокопрочных бетонов позволяет уменьшить расход бетона в 2–3 раза. Традиционные кольцевые железобетонные элементы изготавливают с толщиной стенок 100–150 мм. В странах Западной Европы кольцевые элементы под автодорогами изготавливают с толщиной стенок не более 40–50 мм из бетона классов по прочности В100–В120.

При выборе СУБ важно определить реологические характеристики, учитывая при этом геометрию опалубки, укладку арматуры и технику заливки. Если бетон обладает высокой текучестью, то, например, для щебеночного бетона имеется риск расслоения, для реакционно-порошкового фибробетона – оседания фибры к дну формы. Если текучесть бетона низкая, то в смеси останется много пузырьков вовлеченного воздуха. Основой получения СУБ является не только использование самых эффективных суперпластификаторов, но и рецептура бетона нового поколения. Присутствие в бетоне

высокодисперсных наполнителей (молотого кварца, известняка) усиливает действие СП.

Реологическое поведение СУБ, как и обычного цементного теста, можно описать уравнением Шведова–Бингама:

$$\tau = \tau_0 + \eta_n (d\varepsilon/dt),$$

где τ – напряжение сдвига; τ_0 – предельное напряжение сдвига (предел текучести); η_n – пластическая вязкость системы, проявляющаяся после преодоления действующим напряжением сдвига предела текучести; $d\varepsilon/dt$ – градиент скорости сдвига.

В отличие от обычного цементного теста, обладающего равной растекаемостью с пластифицированным тестом (из цилиндра или конуса), первое обладает более высоким пределом текучести τ_0 , чем пластифицированное. При этом вязкость пластифицированного теста в динамических условиях может быть значительно выше, чем у непластифицированного равной текучести. Эти особенности поведения двух видов цементных суспензий легко выявляются в состоянии вибрационного воздействия на них. Если подобрать одинаковый расплыв цементных суспензий из конуса Хагерманна, равный 350 мм, который для обычной суспензии достигается при В/Ц = 0,4–0,5, а для пластифицированной – при В/Ц = 0,17–0,2, то изменение вязкости при наложении вибрации и прекращении ее принципиально отличается (рис. 1).

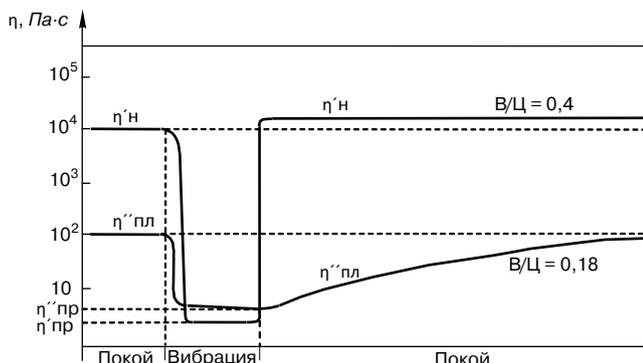


Рис. 1. Изменение пластической вязкости непластифицированной (индекс «н») и пластифицированной (индекс «пл») цементных суспензий с равной растекаемостью

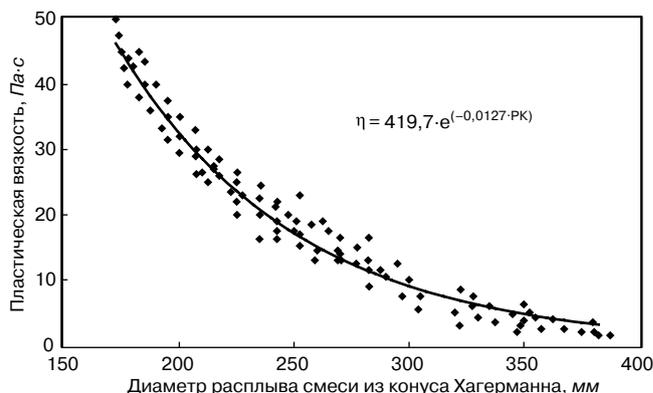


Рис. 2. Зависимость пластической вязкости от диаметра расплыва смеси из конуса Хагерманна

Таблица 1

Наименование	Вид СП, дозировка, % массы цемента	В/Ц (В/Т) с СП	В/Ц (В/Т) без добавок	Расплав с СП, см	Расплав без добавок, см	В _{эф}
Красноярский ПЦ500Д0 (ЦДС), 1-я партия	Melflux 5581F, 0,9	0,185	0,5	37	29	2,7
Красноярский ПЦ500Д0 (ЦДС), 2-я партия	Melflux 5581F, 0,9	0,185	0,5	32	29	2,7
Красноярский цемент ПЦ500Д0	Visco Crete-20 GOLD, 0,9	0,17	0,52	29	29	2,97
	Хидетал 9γ, 0,9	0,18	0,52	38	29	2,88
	С-3, 0,9	0,34	0,52	24	29	1,53
	Glenium, 0,9	0,19	0,52	29	29	2,74
	Одолит К, 0,9	0,22	0,52	19	29	2,36
	Одолит Т, 0,9	0,22	0,52	20	29	2,36
	ViscoCrete 5New, 0,9	0,18	0,52	31	29	2,88
	ViscoCrete 25Ru, 0,9	0,18	0,52	30	29	2,88
Жигулевский цемент ПЦ500Д0	ViscoCrete-20 GOLD, 0,8	0,18	0,5	32	25	2,77
	ViscoCrete-20 GOLD, 0,8	0,18	0,5	29	24	2,77
	Melflux 5581F, 0,8	0,18	0,5	35	24	2,77
Датский цемент белый СЕМ 52,5	Melflux 5581F, 1	0,17	0,55	30	33	3,94
Датский цемент белый СЕМ 52,5 + МК новокузнецкий негранулированный 7% массы цемента	Melflux 5581F, 1	0,17 (0,16)	0,7	27	30	4,37
Вольский цемент ПЦ500Д0	Melflux 5581F, 0,85	0,165	0,54	37	30	3,27
	Хидетал 9γ, 0,9	0,17	0,54	32	30	3,17
	Glenium, 0,9	0,196	0,54	34	30	2,75
	Одолит Т, 0,9	0,233	0,54	28	30	2,3
	Одолит К, 0,9	0,233	0,54	26	30	2,3
	С-3, 0,9	0,3	0,54	28	30	1,8
	ViscoCrete-20 GOLD, 0,9	0,18	0,54	32	30	3
Мордовцемент ПЦ500Д0Н	Melflux 5581F, 0,9	0,18	0,5	38	25	2,77
Шлакопортландцемент М400 (35% шлака)	Melflux 5581F, 0,9	0,17	0,5	32	31	2,94
	Glenium, 0,9	0,206	0,5	34	31	2,42
	Одолит Т, 0,9	0,213	0,5	35	31	2,34
	Одолит К, 0,9	0,213	0,5	34	31	2,34
	С-3, 0,9	0,3	0,5	35	31	1,66
	Хидетал 9γ, 0,9	0,2	0,5	37	31	2,5

Непластифицированная суспензия, у которой концентрация твердой фазы равна 44,5%, является агрегированной, оводненной, но свободная вода, необходимая для перемещения частичек относительно друг друга, находится внутри агрегатов. Топологическая структура такой суспензии представляет собой каркас, у которого вязкость неразрушенной структуры очень велика. При воздействии вибрации по П.А. Ребиндеру каркас разрушается, вода уходит из агрегатов и участвует в снижении вязкости. Структурно-механический переход из состояния неразрушенной структуры (структуры геля) в состояние предельно разрушенной структуры ($\eta'_{пр}$) осуществляется с уменьшением вязкости на три порядка и более. При прекращении вибрации структура мгновенно восстанавливается и за счет компактной перегруппировки частиц вязкость становится выше, чем до вибрации. Именно поэтому непластифицированные тиксотропные дисперсные системы не обладают в покое послетиксотропным течением.

Пластифицированная цементная суспензия хотя и имеет более высокую концентрацию твердой фазы при $V/C = 0,18$ ($C_v = 64\%$), ее контактная структура между частицами существенно разрушена электростатическими силами отталкивания. Поэтому структурно-механической переход сопровождается малым изменением порядка вязкости. Вибрация разрушает остаточную структуру (структуру золя) и слабые контактные связи между дискретными частицами. При прекращении вибрации силовые связи восстанавливаются медленно, что сопровождается продолжительным растеканием.

Необходимо принимать во внимание кроме динамической вязкости η кинематическую ($\nu = \frac{\eta}{\rho}$, где ρ – плотность суспензии), которая обычно не учитывается. В приведенном выше примере плотность пластифицированной суспензии равна 2,35 г/см³, а непластифицированной – 1,94 г/см³. В связи с этим текучесть более тяжелой суспензии будет более высокой. В тяжелой бе-

Таблица 2

Наименование компонентов	Масса, кг/м ³	Объем, л/м ³	В/Ц, В/Т	ρ, кг/м ³	$\frac{\Pi_1}{\Pi}$	$\frac{\Pi_2}{\Pi}$	$\frac{\Pi_3}{\Pi}$	$\frac{\Pi_4}{\Pi}$	$\frac{\Pi_5}{\Pi}$	Прочность, МПа, через, сут		
										1	7	28
ЦДС Цемент красноярский ПЦ500ДО, 0,9% Melflux 5581F	305	98,4	0,417	2456	0,74	1,1	2,01	$R_{изг} = 7,95$	$R_{изг} = 11$	$R_{изг} = 16$		
Микрокварц (ПМ), $S_{уд} = 2600 \text{ см}^2/\text{г}$	226	85,3	0,054		$\frac{\Pi_3}{\Pi} = 1,6$	$\frac{MK}{\Pi} = 0,07$	$\frac{\Pi_5}{\Pi} = 3,2$	$R_{сж} = 52,8$	$R_{сж} = 107,2$	$R_{сж} = 122$		
Песок тонкий (П _т), отсеянный из крупного песка $M_{кр} = 2,85$ (Красноярск); фр. 0,16–0,315 мм = 25%; $\rho_{нас} = 1385 \text{ кг/м}^3$ фр. 0,315–0,63 мм = 75%; $\rho_{упл} = 1550 \text{ кг/м}^3$	334,3	126			$\frac{\sum \Pi}{\Pi} = 3,43$; $\frac{\sum \Pi + \Pi_5}{\Pi} = 6,64$							
МК новокузнецкий, 7,0% массы цемента	21,4	9,3										
Песок крупный (П _з) (Красноярск), отсеянный из товарного песка: $M_{кр} = 2,85$ фр. 0,63–1,25 мм = 22%; фр. 1,25–5 мм = 16%; фр. 2,5–5 мм = 62%; $\rho_{нас} = 1580 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{упл} = 1740 \text{ кг/м}^3$, $\Pi_{упл} = 34,3\%$	486	184	$O_{кр} = 26 \text{ см}$, $D_{кр} = 62 \text{ см}$									
Щебень, дробленый из гравия: фр. 10–15 мм = 50%; фр. 8–10 мм = 30%; фр. 5–8 мм = 20%; $\rho_{нас} = 1350 \text{ кг/м}^3$; $\rho_{упл} = 1565 \text{ кг/м}^3$, $\Pi_{упл} = 42\%$	979	362,6										
$\Sigma M_{сух}$	2352	865,6										
Вода	127	127										
$M_{б.с.}$	2479	992,6										

$\Pi_{кр}^{уд} = 2,5 \text{ кг/МПа}$;
 $R_{кр}^{уд} = 0,4 \text{ МПа/кг}$;
 $\Pi_{кр}^{уд} = 19,1 \text{ кг/МПа}$;
 $R_{кр}/R_c = 0,13$

$I_{вд}^{П_1} = 2,5$;
 $I_{удп}^{П_3} = 2,43$;
 $I_{р}^{П_5} = 1,73$

тонной смеси для изготовления бетона для балластных утяжелителей газопроводов или защиты от радиационных излучений обнаруживается более высокая удобоукладываемость за счет очень тяжелых заполнителей и наполнителей. В такой бетонной смеси уменьшается расход воды, что дает возможность повысить прочность бетона или снизить расход цемента.

В отечественных лабораториях для определения реологических характеристик смеси обычно используется стандартный конус и конус Хагерманна, который можно использовать для тестирования растекаемости смеси из него. Поэтому исследована взаимосвязь вязкости реакционно-порошкового бетона (РПБ) от распыла смесей из конуса Хагерманна. Использовался РПБ следующего состава: Ц = 700 кг; микрокварц с $S_{уд} = 3300 \text{ см}^2/\text{г} - 350 \text{ кг}$; тонкий песок фракции 0,16–0,63 мм – 1025 кг; микрокремнезем новокузнецкий – 70 кг; СП Melflux 2651 – 0,9% массы цемента (Ц). Вязкость регулировали содержанием воды 210–245 л. Она определялась на вискозиметре Reotest-2. Зависимость представлена на рис. 2. Как следует из рис. 2, оптимальный расплыв бетонной смеси из конуса Хагерманна 280–380 мм соответствует вязкости 11–12 Па·с. Относительную текучесть (Г) по истечении смеси из конуса Хагерманна (по методике германской фирмы TESTING) определяли: $G = (D_p/D_k)^2 - 1$, где D_p и D_k – диаметр расплыва и диаметр нижнего основания конуса (100 мм) соответственно.

Для указанных расплывов относительная текучесть $G = 6,8 - 13,4$.

Зависимость η от диаметра расплыва суспензий из конуса (РК) экспоненциальная $\eta = 419,7 \cdot e^{(-0,0127 \cdot PK)}$. Коэффициент корреляции 0,988, стандартная ошибка $s = 2,255$.

Разжижение цементно-водных, минерально-водных и бинарных цементно-минерально-водных систем до низкого значения вязкости – основа получения высоких водоредуцирующих эффектов.

Для предварительной оценки водоредуцирующего эффекта в цементных суспензиях СП использовали конус Хагерманна. Нормированный расплыв пластифицированных суспензий из него был принят равным 260–380 мм, что соответствовало относительной текучести, равной 5,8–13,4.

По равновеликим расплывам различных пластифицированных и непластифицированных суспензий цемента и отдельных смесей рассчитаны водоредуцирующие эффекты по формуле: $V_{эф} = (V/Ц)_н / (V/Ц)_п$, где $(V/Ц)_н$ и $(V/Ц)_п$ – водоцементное отношение непластифицированной и пластифицированной суспензий соответственно.

Установлено, что в цементных суспензиях из 6 видов цемента (табл. 1) все СП при дозировке 0,85–0,9% массы цемента обеспечивают водоредуцирующий эффект от 2,5 до 3,3. При этом жизнеспособность суспензий достаточно высокая, потеря текучести через 10–15 мин после первого испытания небольшая и не превышает 5–10%. Низкие дозировки этих добавок в пределах 0,05–0,2% приводят к заметной или полной потере текучести, а через 20–25 мин дисперсии сильно загустевают. Наибольший водоредуцирующий эффект выявлен у белого цемента с содержанием $C_3S = 75\%$ и $C_3A = 4\%$.

СП Хидетал 9γ более избирателен к вольскому цементу ($V_{эф} = 3,17$), но он мало отличается от $V_{эф} = 2,88$ в суспензиях на красноярском и жигулевском цементах. Российские СП Одолит К и Одолит Т уступают по водоредуцирующему действию добавке Хидетал 9γ.

Добавление микрокремнезема к портландцементу в количестве 7% массы последнего мало изменяет водоредуцирующую эффективность.

Кратковременное смешивание цемента (Ц) с МК и сухим СП в мельнице мало влияет на разжижающую способность СП.

Водоредуцирующий эффект СП С-3 в цементных суспензиях не превышает значения 1,75. Суспензии из молотых кварцевых песков и различных микрокварцев имеют близкие водоредуцирующие эффекты (1,15–1,22) как при сверхнизких дозировках СП (0,05–0,2%), так и при высоких (1%). При этом вид СП и колебания содержания SiO_2 в кварцевых или кварцсодержащих породах не играют заметной роли.

Добавление к молотому песку 0,5–1% $Ca(OH)_2$ повышает $V_{эф}$ до 2. Это связано с известным механизмом перезарядки отрицательной поверхности кварца и других кислых пород на положительную [1]. Этот механизм остается неизменным и для СП на поликарбоксилатной основе.

В качестве примера высокой эффективности СП при хорошо подобранной рецептуре порошковых компонентов и оптимальном гранулометрическом составе песка-заполнителя и щебня приведен состав малоцементного порошково-активированного щебеночного бетона (табл. 2). Из табл. 2 следует, что при расходе цемента $305 \text{ кг}/\text{м}^3$ достигнута прочность бетона при сжатии 122 МПа. При этом бетонная смесь была самоуплотняющейся с осадкой конуса 26 см, с расплывом конуса 62 см и соответствовала марке SF1 для СУБ по стандарту европейского руководства [2]. В составе не использовали органические модификаторы вязкости, а высокая растекаемость при низком содержании воды достигнута порошковой активацией щебеночного бетона с помощью добавок микрокварца в количестве 74% массы цемента и 7% микрокремнезема. Но этих дисперсных компонентов было бы недостаточно, если бы мы не использовали очень тонкий песок фр. 0,16–0,63 мм. Тонкозернистый песок еще в большей степени усиливает действие СП. Соотношения компонентов в бетонной смеси ($P_m/Ц$; $P_r/Ц$; $Щ/P_3$; $P_3/Ц$; $Щ/Ц$; $\Sigma P/Ц$ и $\Sigma(P+Щ)/Ц$) оказались самыми оптимальными. Высокая реология была обеспечена оптимизацией трех условных реологических критериев, определяющих состояние трех реологических матриц в топологической структуре бетонной смеси ($I_{ВД}^{П}$; $I_{ВД}^{ПЗ}$; $I_{Р}^{Ш}$).

Можно с уверенностью утверждать, что будущее бетона будет определяться порошковой активацией любых бетонных смесей, в том числе для высоконагруженных автодорог и дорожных конструкций.

Работа выполнена при поддержке гранта федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», номер гос. контракта 14.470.11.1254.

Ключевые слова: порошковая активация, цементы, суперпластификаторы, самоуплотняющиеся бетоны нового поколения, реология, гранулометрия, прочность.

Список литературы

1. *Калашиков В.И.* О реакции различных минеральных композиций на нафталин-сульфокислотные суперпластификаторы и влияние на нее быстрорастворимых щелочей: В мат. III национальной конф. с участием зарубежных представителей «Механика и технология композиционных материалов». София: БАН, 1982.
2. European Proect Group «The European Guidelines for Self – Compacting Concrete. Specification, Production and Uses». Joint work by EFNAPC, VJBM, CEMBUREAU, EFCA, ERMACO. May, 2005.

С.Н. ЛЕОНОВИЧ, д-р техн. наук, Белорусский национальный технический университет; Г.Л. ЩУКИН, канд. хим. наук, А.Л. БЕЛАНОВИЧ, канд. хим. наук, В.П. САВЕНКО, научный сотрудник, С.А. КАРПУШЕНКОВ, канд. хим. наук, старший научный сотрудник, Белорусский государственный университет

Свойства щелочно-силикатных теплоизоляционных материалов и особенности их получения

Современный строительный рынок испытывает дефицит высокоэффективных теплоизоляционных материалов неорганической природы. Это обусловлено тем, что большинство производимых теплоизоляционных материалов имеет волокнистое строение, часть из них — органическую природу, последнее значительно ограничивает области применения таких материалов и усложняет проектные решения. Исследуемые щелочно-силикатные сырьевые смеси в сочетании с высокоэффективными наполнителями позволяют в настоящее время создавать пористые теплоизоляционные материалы, обладающие уникальными свойствами: жесткой ячеистой структурой, заданными геометрическими размерами и формой, низким коэффициентом теплопроводности, негорючестью, высокой технологичностью, экологичностью и т. д. при сравнительно низкой себестоимости. Применяя такие теплоизоляционные материалы в строительстве, можно с успехом решать проблемы, связанные с их дефицитом, энергосбережением и соответствием вновь возводимых и реконструируемых зданий нормам СНиП.

Цель работы заключалась в исследовании особенностей получения теплоизоляционных материалов, создаваемых вспучиванием при температуре 300–500°C щелочно-силикатных сырьевых смесей, и изучении их свойств.

Полученные при выполнении работы результаты исследования представляют практический интерес для конструирования составов щелочно-силикатных сырьевых смесей, их подготовки к термообработке, вспучиванию, а также оценки влияния различных факторов на получение и свойства пористого теплоизоляционного материала.

В работе исследовали формирование твердосиликатной пористой структуры из щелочно-силикатных сырьевых смесей, состоящих из жидкого стекла (ГОСТ 13078–81) и добавок: соединений алюминия, буры, мела, микродоломита, которые гомогенизировались в ней с помощью миксера. После сушки сырьевой смеси при температуре 82–90°C до остаточной влажности 5–7% образцы вспучивались при температуре 300–500°C с последующей выдержкой в течение 40–45 мин. Микроструктуру полученного твердосиликатного пористого материала изучали с помощью растрового микроскопа LEO 1420 фирмы «Carl Zeiss», прочность при сжатии данного материала определяли на приборе ДОСН-3 309 5023, определение гигроскопичности образцов проводили в соответствии с ГОСТ 23409.10–78, водостойкости — по методике, изложенной в работе [1], а теплопроводность измеряли на приборе ИТЭМ-1.

Установлено [2], что при нагреве жидкое стекло теряет влагу, увеличивает свою вязкость и затвердевает при содержании воды 30–35%. Эффект твердения его при снижении содержания воды связан с проявлением коагуляции. Нагрев при температуре более 100°C сопровождается переходом жидкого стекла в пиропластиче-

ское состояние, которое обеспечивает формирование эластичных пленочных структур, полупроницаемых для паров воды, затрудняющих быструю их фильтрацию. В результате испарения воды пиропластическая масса жидкого стекла вспучивается. Этот процесс протекает как при температуре 200–300°C, когда сырьевая смесь теряет большую часть воды, так и при более высокой температуре, когда из смеси удаляется кристаллизационная и конституционная вода. В этих условиях пленочная структура переходит в стадию отверждения.

Важнейшей предпосылкой для получения вспученного материала с оптимальными характеристиками свойств и их достаточной воспроизводимостью является соблюдение принципа соответствия скорости протекания физико-химических процессов испарения влаги и скорости формирования новых твердосиликатных структур. Любые изменения в принципе соответствия влекут за собой изменение свойств твердосиликатных образований.

Установлено, что при остаточной влажности более 5–7% вспучиваемого образца высокая скорость и неравномерность разогрева до и после температуры вспучивания сказывается на размере, регулярности пор и прочности всей пористой структуры, а также на внутренних напряжениях в изделиях. Кроме того, давление паров воды при вспучивании сырьевой смеси не должно превышать прочности при разрыве образующихся из пиропластического состояния смеси пленочных структур. В противном случае вместо однородной структуры с равномернораспределенными, преимущественно замкнутыми порами можно получить крупнопористый материал с пустотами и кавернами.

В [1] установлено, что практически любая добавка, вводимая в состав жидкого стекла, оказывает влияние не только на характер изменения его свойств, но и на формирование пиропластической массы щелочно-силикатной сырьевой смеси и в конечном счете на изменение основных свойств вспученных материалов. Предлагаются [3] к применению в щелочно-силикатных сырьевых смесях различные по химической природе твердые и жидкие добавки, обеспечивающие получение вспученных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами. Авторы работы [4] классифицируют добавки по предпочтительному взаимодействию с жидким стеклом на инертные, гелеобразные и термоактивные.

Однако опыт показал, что практически все добавки участвуют в химических процессах и обеспечивают изменение свойств жидкого стекла в условиях формирования щелочно-силикатной сырьевой смеси, перехода ее в пиропластическое состояние и образования твердосиликатной вспученной фазы. При этом следует учитывать не только характер взаимодействия жидкого стекла с гомогенной или гетерогенной добавкой, но и влияние продуктов реакции на свойства пиропластической мас-

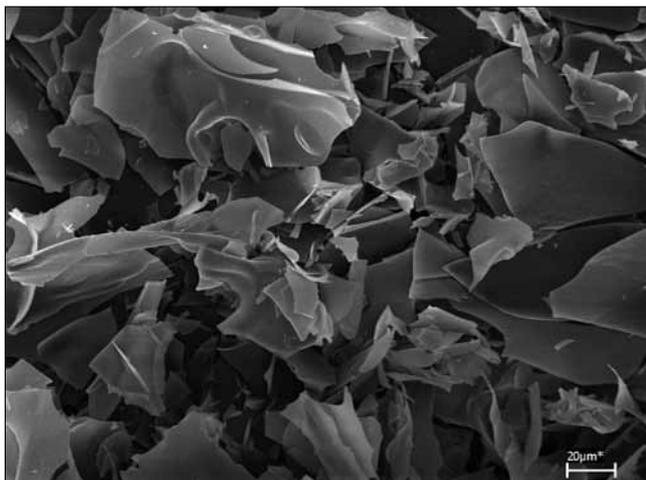


Рис. 1. Фрагмент структуры вспученного образца, полученного из жидкого стекла

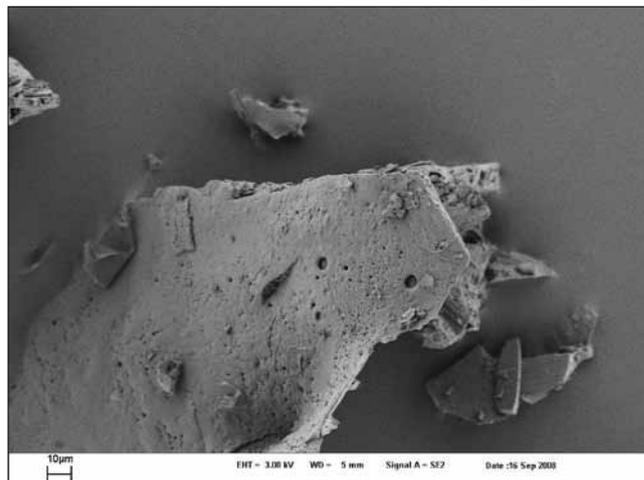


Рис. 2. Пористость поверхности фрагмента листообразной структуры вспученного образца, полученного из жидкого стекла

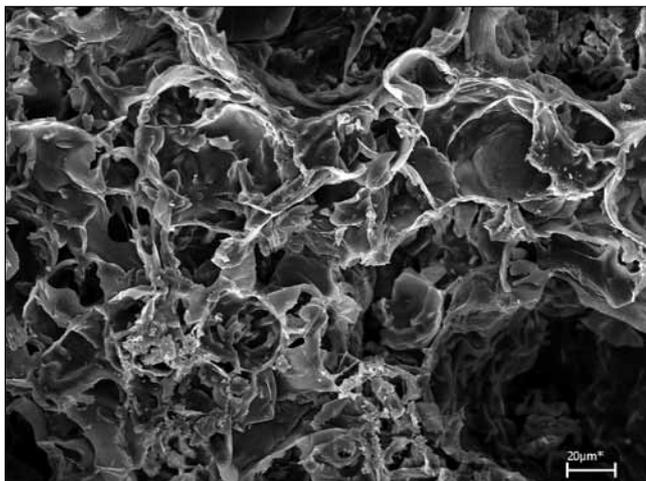


Рис. 3. Фрагмент структуры вспученного образца, полученного из жидкого стекла, содержащего 5% $Al_2(SO_4)_3$



Рис. 4. Фрагмент структуры вспученной щелочно-силикатной сырьевой смеси, содержащей 5% бору

сы. Так, тонко-дисперсные порошкообразные добавки $Al(OH)_3$, мел, микродоломит, введенные в жидкое стекло, при гомогенизации в отличие от растворимых добавок ($Al_2(SO_4)_3$, $Al(OH)_2NO_3$, бура) увеличивают время достижения равновесного состояния сырьевой смеси, перевод ее в гелеобразное состояние, что сказывается на вспучивании и формировании твердой фазы с определенными эксплуатационными свойствами.

Высушенные до 5–7% остаточной влажности образцы, полученные из жидкого стекла, при температуре 300–350°C за 40–45 мин прогрева вспучиваются с регулярным распределением пор по объему с коэффициентом вспучивания $K=10–17$. Как гомогенные, так и гетерогенные добавки, введенные в жидкое стекло, снижают коэффициент вспучивания в 2–3 раза, увеличивают прочность межпоровых перегородок. С увеличением остаточной влажности образцов снижается равномерность образования пор и при влажности 20–30% формируются в основном раковины. Наблюдаемый эффект обусловлен большим количеством пара, принимающего участие в первичной поризации пиропластической массы. Замечено, что при вспучивании щелочно-силикатных образцов с размерами более $5 \times 10 \times 7$ см в объеме остается до конца не вспученный силикат, который при обработке водой легко разрушается и переходит в раствор. Это означает, что при реализации технологии вспучивания необходимо уделять внимание равномерности обогрева, особенно при низкой температуре, всего объема вспучиваемого материала.

Исследования порового образования, проведенные с помощью растрового микроскопа, позволили установить, что перегородки пор и сами поры материала, полученного из жидкого стекла, состоят из листообразных структур (рис. 1).

Толщина листообразных структур изменяется в зависимости от коэффициента вспучивания от 1 до 10 мкм, а их поверхность покрыта порами (рис. 2).

Анализ поперечного среза сферических частиц вспученного материала показал, что они представляют собой полые сферы, армированные перегородками, которые выполняют роль упрочнителей сферического образования.

Следует отметить, что полученный из жидкого стекла без добавок материал имеет невысокое качество из-за неоднородной пористости, значительного разброса пор по их размерам, а также наличия пустот и уплотнения в структуре, что создает внутренние напряжения в образцах и как результат – обилие трещин в объеме.

Добавка в жидкое стекло 5% водного раствора $Al_2(SO_4)_3$ вызывает при гомогенизации его желирование и загустевание. Лишь при интенсивном перемешивании удается получить достаточно вязкую однородную гелеобразную систему. Образцы этой сырьевой смеси после сушки до остаточной влажности 5–7% прогревали при температуре 350°C в течение 45 мин, коэффициент вспучивания в среднем составил 3–4. Вспученная структура представляет бесформенную массу (рис. 3).

Прочность при сжатии вспученной структуры, полученной из сырьевой смеси, содержащей $Al_2(SO_4)_3$, в

3–5 раз превосходит прочность (0,4–0,7 МПа) образцов, полученных из жидкого стекла, а водостойкость возрастает в 6–8 раз.

Аналогичные вспученные структуры формируются и при наличии в щелочно-силикатной сырьевой смеси добавок 5% $Al_2(OH)_2NO_3$ и $Al(OH)_2$.

Введение в состав жидкого стекла 5% буры также приводит к его желированию. Однако при гомогенизации сырьевая смесь приобретает вид гелеобразной массы, которая при содержании воды 5–7% становится прозрачной. Вспучивание высушенной массы сопровождается формированием упорядоченной пористой структуры (рис. 4).

Замечено, что для вспученных образцов, полученных из сырьевой смеси, содержащей 5–6% буры, характерно равномерное распределение пор в объеме. Это обеспечивает образцам более высокое значение прочности при сжатии. Кроме того, установлено, что бора растворяется в жидком стекле с образованием сырьевой смеси, для которой характерна высокая клеящая способность и вязкость. Увеличение концентрации буры в жидком стекле более 7% приводит к его интенсивному желеобразованию, которое со временем исчезает с образованием плотной клеящей массы и при высыхании переходит в прозрачное стеклообразное состояние. Механизм этого взаимодействия пока не выяснен.

Установлено, что введение в сырьевую смесь из жидкого стекла и буры наполнителя – мела или доломита обеспечивает получение при температуре вспучивания 300–350°C мелкопористого материала, для которого характерны более высокие значения прочности при сжатии. Полученные результаты определили необходимость проведения оптимизации борсодержащей щелочно-силикатной сырьевой смеси по количеству вводимых в ее состав мела или доломита. Последнее позволило экспериментально подобрать состав, мас. %: жидкое стекло – 83–84; бора – 5–6; наполнитель (мел, доломит) – 12–10. Состав может быть рекомендован для разработки технологии производства теплоизоляционного гранулированного материала с удовлетворительными эксплуатационными свойствами.

При изучении особенностей получения щелочно-силикатных материалов выяснилось, что самой затратной по тепловой энергии является сушка сырьевой смеси в течение 5–7 ч при температуре 82–90°C для получения готового продукта к термическому вспучиванию.

На основе литературных данных, были найдены способы [5] удаления части воды из жидкого стекла за счет его дегидратации путем добавления органических соединений – спиртов, кетонов, эфиров и др., способных образовывать с водой сольваты.

Проведенное исследование дегидрирующей способности этилового спирта в сырьевой смеси, содержащей 94% жидкого стекла и 6% буры, а также 84% жидкого стекла, 6% буры и 10% доломита, позволило оптимизировать количество этилового спирта, вводимого в смесь

Таблица 1

Состав образцов вспученных силикатных материалов, г	Прочность при сжатии, МПа
Жидкое стекло – 80	0,39
Жидкое стекло – 80, бора – 6	0,57
Жидкое стекло – 80, бора – 6, мел – 5,5	0,87
Жидкое стекло – 80, бора – 6, мел – 11	0,89
Жидкое стекло – 80, бора – 6, доломит – 5,5	1,31
Жидкое стекло – 80, бора – 6, доломит – 11	1,33

Таблица 2

Состав силикатных материалов, г	Гигроскопичность, %		
	Температура вспучивания образцов материала		
	300°C	400°C	500°C
Жидкое стекло – 80	46,2	18,3	16
Жидкое стекло – 80, бора – 6	6,7	5	2
Жидкое стекло – 80, бора – 6, доломит – 5,5	4,8	3,5	1,6

при интенсивном перемешивании. В частности, введение в сырьевую смесь этилового спирта в количестве 3–5% вызывает образование гелеобразной массы, которую можно переносить на сетку и отжимать избыток воды с последующей сушкой при 85°C в течение 2 ч до остаточной влажности 5–6% и вспучивать при температуре 350°C в течение 45 мин. Полученные образцы обрезали до необходимого размера 10×10×10 мм, помещали в динамометр ДОСМ-3-309 5023 и определяли прочность образца (табл. 1).

Из приведенных в табл. 1 данных следует, что при использовании буры в качестве модификатора жидкого стекла, а в качестве наполнителя – мела более чем в два раза увеличивается прочность вспученного материала при сжатии, а при замене мела на доломит – более чем в три раза.

Известно, что для высокопористых силикатных материалов характерна гигроскопичность, которая обусловлена адсорбцией паров воды на их поверхности или в капиллярах. Величина гигроскопичности определяется количеством поглощенной образцом влаги.

В табл. 2 приведены значения гигроскопичности вспученных при температуре 300–500°C щелочно-силикатных материалов, полученных с использованием в качестве сырьевой смеси жидкого стекла, буры и доломита. Образцы выдерживались в условиях, соответствующих требованиям ГОСТ 23409.10–78.

Из табл. 2 следует, что образцы, полученные из жидкого стекла без добавок, характеризуются большими значениями гигроскопичности, чем образцы с добавлением буры, буры и доломита. Введение в состав жидко-

Таблица 3

Состав образца, г	Коэффициент теплопередачи, Вт/К	Высота образца, м	Площадь поперечного сечения образца, м ²	Перепад температуры на образце, Мв (дел)	Перепад температуры на теплотоме, Мв (дел)	Теплопроводность образца, Вт/(м·К)
Жидкое стекло без добавок	0,061	0,0043	0,000164	38	2,5	0,076
Жидкое стекло – 80, бора – 6	0,061	0,0043	0,000177	44	1,7	0,078
Жидкое стекло – 80, бора – 6, мел – 5,5	0,061	0,0052	0,000177	48	2,2	0,082
Жидкое стекло – 80, бора – 6, мел – 11	0,061	0,0053	0,000177	43	1,8	0,084
Жидкое стекло – 80, бора – 6, доломит – 5,5	0,061	0,0050	0,000177	54	2	0,087
Жидкое стекло – 80, бора – 6, доломит – 11	0,061	0,0056	0,000177	49	2	0,085

го стекла буры и доломита обеспечивает во вспученном материале формирование мелкопористой структуры, которая способствует уменьшению конденсации паров воды в порах. Кроме того, упрочняются межпоровые перегородки, на поверхности вспученного материала образуется достаточно плотная корочка, что также способствует увеличению доли закрытых пор и уменьшению гигроскопичности.

Водостойкость образцов, полученных из жидкого стекла при температуре вспучивания 300, 400 и 500°C, очень низкая: за 24 ч нахождения в воде с температурой 25°C их масса уменьшилась соответственно на 37, 28 и 20%, рН водного раствора возросло от 7 до 11,7. Водостойкость образцов, содержащих буру, а также буру и доломит, на 20–30% выше, чем без добавок. Однако в воде с температурой 60–70°C наблюдается на всех исследуемых образцах разрушение поровых структурных образований, а при кипении происходит их полный распад.

Зависимость величины теплопроводности образцов от состава сырьевой смеси оценивали по методике измерения, прилагаемой к прибору ИТЭМ-1. Результаты измерений теплопроводности образцов силикатных вспученных материалов приведены в табл. 3.

Из приведенных в табл. 3 данных следует, что для образцов, полученных из жидкого стекла, среднее значение теплопроводности составляет 0,076 Вт/(м·К), что в 3,3 раза превышает теплопроводность воздуха и соответствует значению теплоизоляционного материала, предназначенного для защиты от проникновения тепла или холода.

Введение в состав сырьевой смеси буры увеличивает теплопроводность вспученного материала в 1,1 раза. Добавка в сырьевую смесь из жидкого стекла, буры и мела практически не приводит к увеличению теплопроводности образца, при этом значение ее не зависит от концентрации мела. Замена мела на доломит также незначительно влияет на величину теплопроводности образца.

Очевидно, что в производстве щелочно-силикатного вспученного материала функции связующего выполняет ксерогель кремниевой кислоты, формирующийся при термическом или химическом отверждении жидкого стекла. Он представляет собой малопрочную и высокопористую коагуляционно-конденсированную структуру, что и обуславливает низкие прочностные эксплуатационные свойства теплоизоляционного материала. Эффективным способом улучшения этих свойств с целью расширения областей применения материала является разработка способов управления микро- и макроструктурой связующего, а также оптимизация его сырьевой смеси, способов поризации, химического и гранулометрического составов как модификатора, так и наполнителя.

До настоящего времени механизм структурообразования при отверждении щелочно-силикатной сырьевой смеси остается дискуссионным, не выявлены взаимосвязи между структурой жидкого стекла и микро- и макроструктурой твердой фазы теплоизоляционного материала и его свойствами. Вместе с тем следует считать установленным, что физико-механические и химические свойства вспученной системы определяются не только микроструктурным строением, но и характеристиками матрицы вяжущего и характером адгезионного контакта вяжущий–наполнитель. Наиболее значимыми факторами являются степень наполнения, характер и химические свойства наполнителя, его активность по отношению к вяжущему. В частности, алюмосодержащий наполнитель способствует выделению из щелочно-силикатной сырьевой смеси новообразования, характеризующиеся относительно высокими прочностными характеристиками и водостойкостью. Этими новообра-

зованиями, по-видимому, являются щелочные алюмосиликаты, гидроалюмосиликаты и т. д.

Вместе с тем следует отметить, что микро- и макроструктура вспученного щелочно-силикатного материала зависит не только от состава сырьевой смеси, но и от порообразования, которое можно охарактеризовать двумя последовательными и взаимосвязанными процессами: формированием пузырьков пара в сырьевой смеси и остеклованием пиропластических образований вокруг этих пузырьков с формированием межпоровых перегородок и закреплением пористой структуры. Существуют характерные параметры времени образования пор и стеклования межпоровой системы высокопористой структуры. При медленном нагреве сырьевой смеси можно получить вспученную массу с малыми порами, а при быстром нагреве происходит ее вскипание с запаздыванием структурообразования высокопористой системы.

Общим недостатком практически всех щелочно-силикатных вспученных материалов является низкая устойчивость к воде и водным растворам. Основной причиной относительно низкой устойчивости их является неполная полимеризация жидкого стекла или продукта взаимодействия его с модификатором при температуре дегидратации. Неполная термическая дегидратация проявляется при относительно низкой (300–350°C) температуре вспучивания, когда не обеспечивается высокая степень полимеризации сырьевой смеси в щелочно-силикатном вспученном материале. Особенно низкая степень закристаллизованности сырьевой смеси отмечается во внутренней части образующегося вспученного материала. Проблема водостойкости вспученных при низкой температуре щелочно-силикатных теплоизоляционных материалов решается введением в сырьевую смесь водоупрочняющих добавок: соединения алюминия, бора, цинка и кальция, действие которых основано на повышении в их присутствии степени поликонденсации используемых силикатных материалов. Однако их применение лишь снижает порог устойчивости щелочно-силикатного теплоизоляционного материала к воде, но не исключает ее негативного влияния на эксплуатационные свойства. Последнее и предопределяет необходимость проведения интенсивного поиска способов, исключающих низкую стойкость щелочно-силикатных материалов в воде.

Ключевые слова: щелочно-силикатные материалы, жидкое стекло, поризация, поровая структура, водостойкость.

Список литературы

1. *Малявский Н.И., Попидко Б.В.* Технология получения водостойких щелочно-силикатных утеплителей из жидкого стекла, модифицированного алюминием // Кровельные и изоляционные материалы. 2006. № 4. С. 60–62.
2. *Рыжков И.В., Толстой В.С.* Физико-химические основы формирования свойств смеси с жидким стеклом. Харьков: Вища школа, 1975. С. 139.
3. *Малявский Н.И.* Щелочно-силикатный утеплитель. Свойства и химические основы производства // Российский химический журнал. 2003. Т. 4. С. 39–45.
4. *Лотов В.А., Кутугин В.А.* Формирование пористой структуры пеносиликатов на основе жидко-стеклольных композиций // Стекло и керамика. 2008. № 1. С. 6–10.
5. *Бабушкина М.И.* Жидкое стекло в строительстве. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1971. 223 с.
6. *Энциклопедия неорганических материалов / Под ред. И.М. Федорченко.* В 2-х т. Киев: Укр. сов. энциклопедия, 1977. Т. 1. С. 272.

Б.С. ЮШКОВ, канд. техн. наук, С.С. СЕМЕНОВ, инженер (sss84@mail.ru), Пермский государственный технический университет

Применение шлакощелочного бетона для производства свай

На территориях металлургических предприятий годами скапливаются отходы металлургического производства. Один из таких отходов — шлак, который складывается на огромных территориях плодородных земель, отравляя окружающую среду.

В Пермском крае расположено одно из крупных предприятий металлургической отрасли — ОАО «Чусовской металлургический завод» (ЧМЗ); в отвалах накоплено около 10 млн т доменных металлургических шлаков. Ввод в эксплуатацию установки по их переработке с получением шлакового щебня и песка привел к снижению объема размещения доменных шлаков в отвалах.

Шлаковый щебень имеет широкое применение в производстве строительных материалов (бетонов, железобетонных изделий), используется для формирования слоев дорожной одежды [1–3].

В результате экспериментально-теоретических исследований подобраны составы шлакощелочного бетона класса прочности В 15; В 22,5; В 25. В качестве крупного заполнителя бетона использовался шлаковый щебень; мелким заполнителем служил отсев дробления шлакового щебня. В качестве вяжущего применялся шлак молотый, затворенный щелочным водным раствором NaOH+KOH. Расход составляющих компонентов шлакощелочного бетона класса В 22,5 на 1 м³ приведен в табл. 1.

В качестве контрольного выбран бетон на портландцементе и природном щебне. Подбор состава бетона проводился по рекомендациям ГОСТ 27006–86 «Бетоны. Правила подбора состава». Из полученных составов бетона изготовлены образцы-кубы с гранями 10×10×10 см, по 9 штук на каждый состав бетона. Тепловлажностную обработку образцов проводили в лабораторной пропарочной камере по режиму (2+3+6+2) ч при температуре 85°С.

Таблица 1

Наименование компонентов	Ед. изм.	Количество
Шлак молотый (S _{уд} = 300–350 м ² /кг)	кг	458,87
Отсев дробления шлака крупностью 0,0015–0,002 м	кг	713,8
Щебень шлаковый крупностью 0,005–0,02 м	кг	1121,69
Щелочной раствор плотностью 1264,4 кг/м ³	л	150

Замена в строительных материалах природных компонентов на промышленные отходы — важный ресурсосберегающий аспект. Так, только для изготовления железобетонных свай на шлаковой основе, необходимых для реализации строительных программ Пермского края, потребуется весь свежий выход доменных шлаков ЧМЗ.

Следует отметить, что решение о применении строительных материалов с добавлением промышленных отходов должно приниматься на основании результатов комплексных экологических и санитарно-гигиенических исследований.

Авторами статьи были проведены эколого-аналитические исследования экологической опасности образцов шлакощелочных бетонов на шлаковом щебне и изделий из них:

- исследованы химический состав, физико-химические свойства шлакового щебня, полученного при обогащении и дроблении шлаков;
- определены состав и рецептура изготовления образцов шлакощелочных бетонов с использованием природного и шлакового щебня в качестве инертного заполнителя;
- на основе данных о химическом составе материалов, входящих в состав образцов бетонов, определены компоненты, подлежащие обязательному контролю;
- проведена оценка потенциальной экологической опасности шлакового щебня, образцов шлакощелочных бетонов на природном и шлаковом щебне на основании исследований эмиссии ионов тяжелых металлов в водные модельные среды.

Химический состав различных фракций шлакового щебня ЧМЗ представлен в табл. 2.

По содержанию основных компонентов (SiO₂, Al₂O₃, MgO) и физико-механическим свойствам шлаковый щебень подобен гравийному, который широко используется для получения бетонов различной прочности.

Микроэлементный анализ показал присутствие в шлаках меди, цинка, хрома и никеля. Отличительной особенностью шлаков ЧМЗ является высокое содержание соединений титана, магния и ванадия, что связано с сырьевой базой (руда после выплавки титана и магния) и технологией переработки. Сера находится в шлаковом щебне в виде сульфидов кальция и магния.

Складирование, использование и переработка таких шлаков могут сопровождаться миграцией ионов тяжелых металлов в объекты окружающей среды.

Для проведения исследований были приготовлены образцы шлакощелочных бетонов на шлаковом и природном щебне.

Таблица 2

Фракция, мм	Массовая доля компонентов, %									
	Fe	FeO	SiO ₂	CaO	TiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	MgO	V ₂ O ₅	S
5–20	1,24	2,2	30,14	31,12	8,71	0,57	13,68	11	0,19	1,15
20–40	1,21	1,21	31,04	31,06	8	0,66	14,13	10,97	0,2	1,52
40–70	1,73	1,73	29,11	31,12	9,03	0,75	13,32	11,41	0,23	1,57

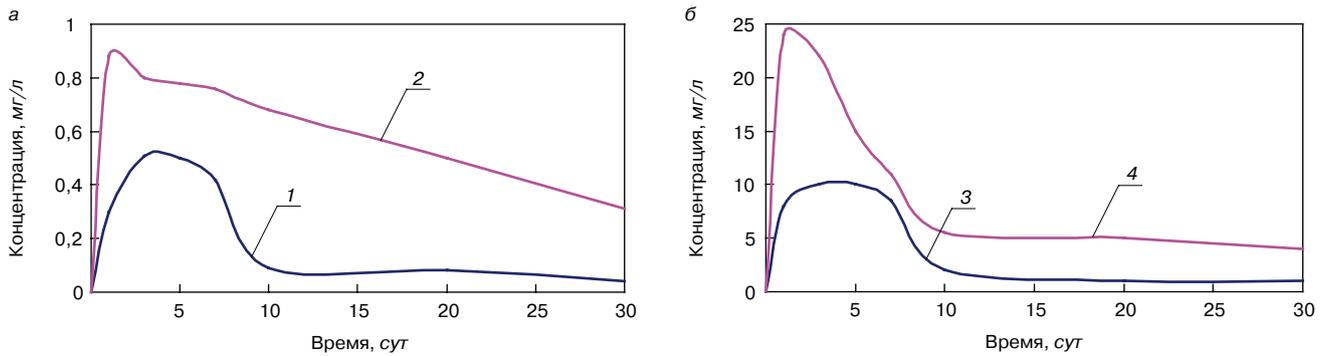


Рис. 1. Зависимость выщелачивания ионов ванадия и титана (а), а также железа и марганца (б) из шлакового щебня в дистиллированной воде от времени выдержки: 1 – ванадий (ПДК = 0,001 мг/л); 2 – титан (ПДК = 0,06 мг/л); 3 – марганец (ПДК = 0,01 мг/л); 4 – железо (ПДК = 0,1 мг/л)

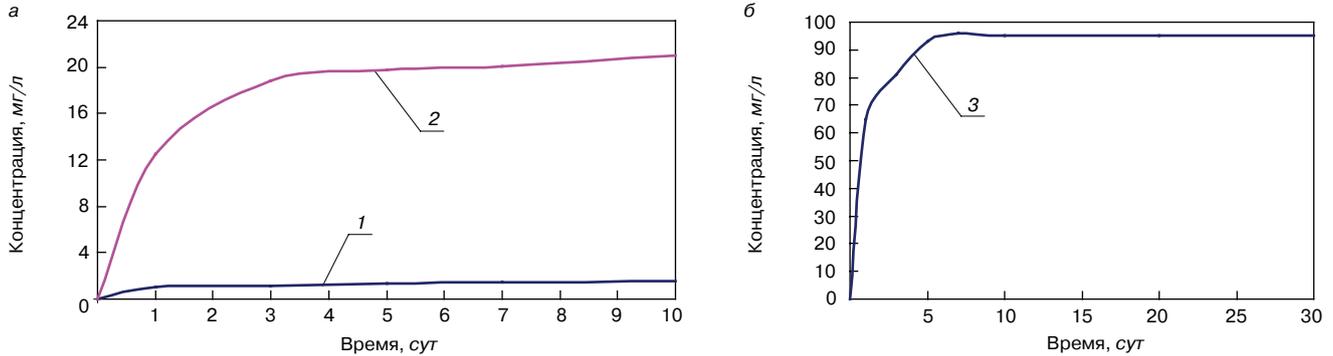


Рис. 2. Зависимость выщелачивания ионов ванадия и титана (а), а также марганца (б) из шлакового щебня в аммонийно-ацетатном буферном растворе от времени выдержки: 1 – ванадий; 2 – титан; 3 – марганец

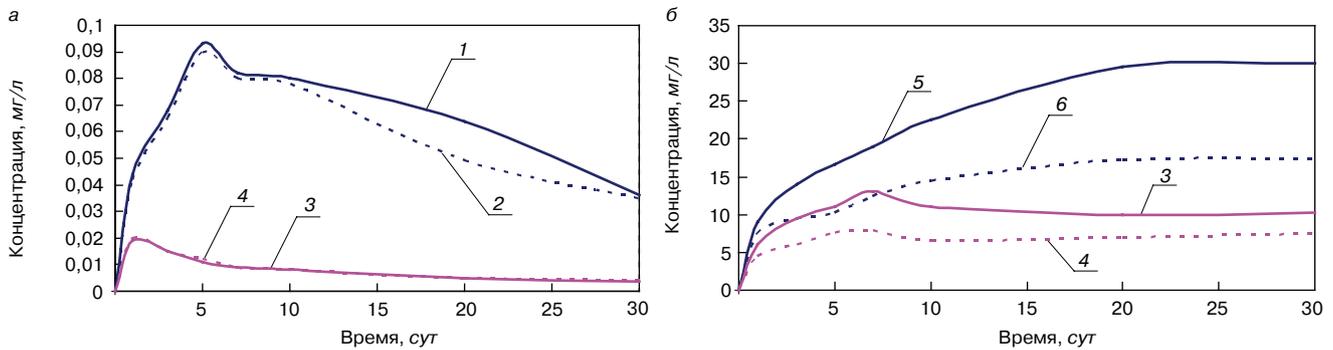


Рис. 3. Зависимость выщелачивания ионов ТМ из образцов шлакощелочных бетонов в дистиллированной воде (а) и аммонийно-ацетатном буферном растворе (б) на шлаковом и природном щебне от времени выдержки: 1 – ванадий (бетон на шлаковом щебне); 2 – ванадий (бетон на природном щебне); 3 – титан (бетон на шлаковом щебне); 4 – титан (бетон на природном щебне); 5 – марганец (бетон на шлаковом щебне); 6 – марганец (бетон на природном щебне)

Для оценки закономерностей и степени миграции ионов тяжелых металлов в модельные среды были проведены эколого-аналитические исследования образцов шлакового щебня, шлакощелочных бетонов на шлаковом и природном щебне по методике, принятой для санитарно-гигиенической оценки стройматериалов с добавлением промтоходов (МУ 2.1.674–97 «Санитарно-гигиеническая оценка стройматериалов с добавлением промтоходов»).

В качестве образцов природного щебня при проведении исследований использован базальтовый щебень месторождений Пермского края следующего состава, %: 47,1 – 47,8 SiO₂; 13 – 13,7 Al₂O₃; 15,2 – 16 Fe₂O₃; 1,51 – 1,75 TiO₂; 9,4 – 10,2 CaO; 5 – 5,3 MgO.

В качестве модельных растворов с учетом возможных областей использования шлака (строительство дорог, бетоны) были выбраны дистиллированная вода и ацетатно-аммонийный буферный раствор (рН=4,8), имитирующий агрессивные среды. Опыты проводили в статическом режиме в течение 30 суток при соотноше-

нии шлак:раствор – 1:2. Отбор проб для исследования водных вытяжек проводили через 1, 3, 5, 7, 10, 20, 30 сут выдержки материала в воде и аммонийно-ацетатном буферном растворе. Определение содержания металлов в отобранных пробах растворов проводили в аккредитованных лабораториях по утвержденным методикам (ПНД Ф 14.1:2.4.135–98 «Методика выполнения измерений массовых концентраций металлов методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-АЭ) в питьевой, природной, сточных водах и атмосферных осадках»; ПНД Ф 14.1:2.50–96 «Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации общего железа в природных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой»).

Результаты исследования эмиссии тяжелых металлов в дистиллированную воду представлены на рис. 1.

Установлено, что кривые выщелачивания тяжелых металлов имеют ярко выраженный экстремальный характер, снижение содержания ионов тяжелых металлов

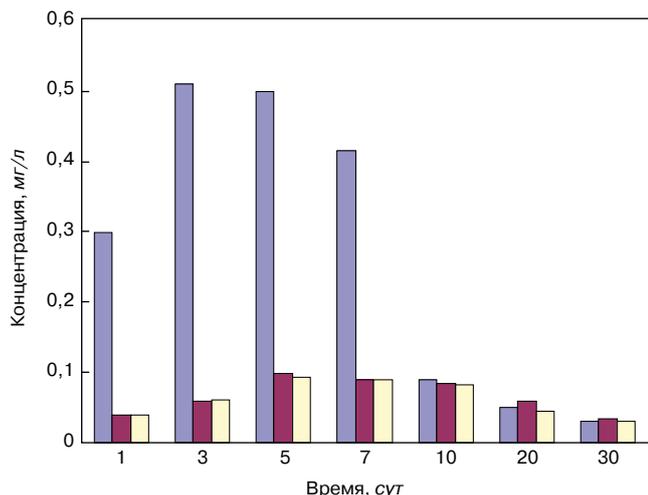


Рис. 4. Зависимость выщелачивания ионов ванадия из образцов шлакощелочных бетонов и шлакового щебня в дистиллированной воде от времени выдержки: ■ – шлаковый щебень; ■ – бетон на шлаковом щебне; □ – бетон на природном щебне

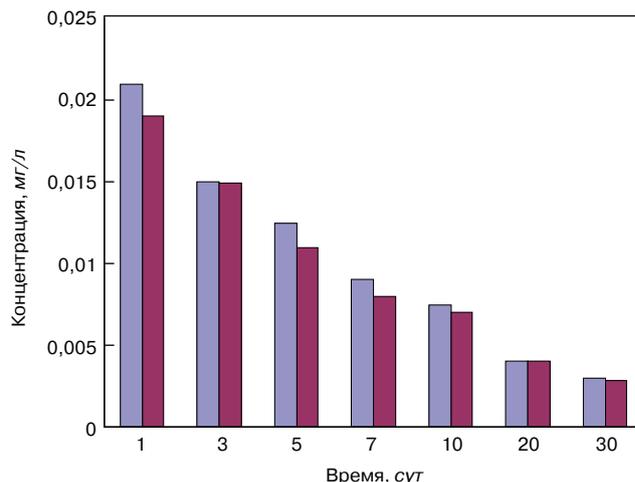


Рис. 5. Зависимость выщелачивания ионов титана из образцов шлакощелочных бетонов в дистиллированной воде от времени выдержки: ■ – бетон на шлаковом щебне; ■ – бетон на природном щебне

в модельных средах отмечено через 5 сут. Характер полученных зависимостей можно объяснить кинетическими особенностями процесса. В первый период обработки происходит выщелачивание ионов тяжелых металлов из поверхностных слоев образца, затем процессы замедляются в результате диффузионных затруднений извлечения ионов тяжелых металлов из объема образца.

Сопоставление содержания ионов тяжелых металлов, выщелачиваемых из шлакового щебня, с их ПДК в воде водоемов рыбохозяйственного назначения позволило определить, что содержание тяжелых металлов в водной вытяжке из шлакового щебня превышает установленные ПДК, поэтому использование шлакового щебня в дорожном строительстве для формирования слоев дорожной одежды нецелесообразно без проведения дополнительных мероприятий, предотвращающих доступ влаги к шлаковому щебню. *Несоблюдение указанных рекомендаций повлечет за собой эмиссию токсичных тяжелых металлов в почву и грунтовые воды.*

Результаты исследования эмиссии тяжелых металлов в аммонийно-ацетатный буферный раствор показали, что выщелачивание тяжелых металлов из образцов шлакового щебня в аммонийно-ацетатный буферный раствор происходит по экспоненциальной зависимости (рис. 2). Через 30 сут доля экстрагированных из шлакового щебня ионов железа составила 9,6%; марганца – 4,9%; ванадия – 0,27%.

Для определения потенциальной экологической опасности шлакощелочных бетонов, изготовленных на основе шлакового щебня, были проведены исследования эмиссии токсичных тяжелых металлов (ванадий, титан, марганец) в водные среды (дистиллированную воду и аммонийно-ацетатный буферный раствор) и их сравнение со стандартными образцами бетонов. В экспериментах использовали образцы шлакощелочных бетонов на шлаковом и природном щебне марки В 22,5 (рис. 3).

Выщелачивания ионов железа из шлакощелочного бетона на шлаковом и природном щебне в дистиллированной воде не выявлено. Кривые выщелачивания тяжелых металлов из всех образцов проходят через экстремум, концентрации ионов в воде практически одинаковые.

Интенсивность выщелачивания ионов ванадия и железа (рис. 4); ионов титана (рис. 5) из образцов шлакощелочных бетонов на шлаковом и природном щебне в дистиллированной воде находятся на одном уровне.

Сопоставление содержания ионов тяжелых металлов, выщелачиваемых из образцов шлакощелочного бетона на шлаковом щебне, с ПДК в воде водоемов рыбохозяйственного водопользования позволило определить, что содержание тяжелых металлов в водной вытяжке ниже установленного ПДК.

Интенсивность выщелачивания ионов тяжелых металлов из шлакощелочного бетона на шлаковом щебне в аммонийно-ацетатном буферном растворе несколько выше, чем из шлакощелочного бетона на природном щебне (в 1,1 – 1,3 раза на 7-е сут и в 1,2 – 1,3 раза на 20-е сут). Особо следует отметить значительное выщелачивание ионов тяжелых металлов из образцов шлакощелочных бетонов на природном щебне. Установлено, что содержание ионов тяжелых металлов, выщелачиваемых из образцов шлакощелочного бетона на шлаковом щебне, ниже ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения. Таким образом, потенциальная экологическая опасность шлакощелочных бетонов на шлаковом щебне сопоставима с экологической опасностью образцов шлакощелочных бетонов, полученных с использованием природного щебня.

Чтобы доказать возможность применения шлакощелочного бетона на шлаковом щебне в производстве свай, необходимо было установить, как развивается коррозия в арматуре при взаимодействии со шлаком. Для этого провели исследование, суть которого заключалась в следующем. Были взяты два круглых ($\varnothing 20$ мм) образца металлического проката, которые поместили в одинаковые емкости объемом 1,5 л. В одну емкость положили образец металла и засыпали шлаковым щебнем объемом, равным емкости; в другую емкость с образцом металла засыпали природный щебень. Обе емкости залили до краев водой и закрыли герметично крышками. Через десять месяцев образцы металла достали и осмотрели. На обоих образцах были видны ничем не отличающиеся слабые следы ржавчины, что указывает на одинаковые по скорости процессы коррозии металла в среде со шлаковым и природным щебнем.

После подбора оптимального состава шлакощелочного бетона на шлаковом щебне и исследования свойств этого бетона были изготовлены сваи. Всего свай из шлакощелочного бетона на шлаковом щебне изготовили по 4 шт.: 11, 10, 8, 7, 5 м длиной.

На различных строительных площадках с различными грунтовыми условиями указанные сваи подверглись динамическим испытаниям согласно СНиП 3.02.01–87

Таблица 3

Вид грунтов	Толщина напластования, прорезаемая сваями, не менее, м
Глина твердая $0,21 < IL < 0$	2
Глина тугопластичная $0,33 < IL < 0,5$	6
Глина мягкопластичная $0,5 < IL < 0,6$	10
Суглинок мягкопластичный $0,49 < IL < 0,75$	10
Глина полутвердая $0,13 < IL < 0,25$	3
Гравийный грунт $0,33 < e$	2
Песок пылеватый $0,68 < e$	6
Песчано-гравийная смесь $0,57 < e$	3
Песок $0,55 < e$	5

Таблица 4

Вид грунтов основных слоев основания	Вид грунта прослойки	Глубина залегания подошвы прослойки, не более, м	Прорезаемая толщина прослойки, не более, м
Глинистые грунты мягкопластичной и текучей консистенции толщиной до 11 м	Глина $0,21 < IL$	3	2
	Гравийный грунт $0,33 < e$	4	2
Глины твердопластичные толщиной до 6 м	Пески пылеватые $0,68 < e$	4	3
	Песчано-гравийная смесь $0,57 < e$	3	2
Пески средней плотности толщиной до 5 м	Глина $0,49 < IL < 0,75$	2	1
	Глина $0,21 < IL$	3	0,5

«Земляные сооружения, основания и фундаменты». Средний отказ от одного удара по всем площадкам составил от 0,1 до 0,2 см. При этом сколы в голове сваи были незначительные и не уменьшали поперечное сечение сваи более чем на 5%. Трещин при осмотре не было обнаружено.

На основании динамических испытаний, учитывая грунтовые условия строительных площадок, установили область применения свай по возможности их ударного погружения в однородные (табл. 3) и неоднородные (табл. 4) грунтовые напластования.

Полевые испытания свай из шлака показали их стойкость к разрушениям. О целесообразности применения свай из шлака говорит и то, что стоимость отходов промышленного производства на порядок ниже стоимости природных строительных материалов.

В настоящее время в Российской Федерации вопрос об утилизации отходов промышленности не является приоритетным. Огромные запасы природных ресурсов дают возможность пока не заниматься отходами. Так будет не всегда. Рано или поздно вопрос утилизации отходов станет основным и потребует решения.

Исследования, проведенные на кафедре оснований, фундаментов и мостов Пермского государственного технического университета, показали возможность использования металлургического шлака в изготовлении свай.

Ключевые слова: шлакощелочной бетон, металлургический шлак, материал сваи, шлакощелочное вяжущее, шлаковый щебень.

Список литературы

1. Пугин К.Г., Вайсман Я.И., Юшков Б.С., Максимович Н.Г. Снижение экологической нагрузки при обращении со шлаками черной металлургии. Пермь: Перм. гос. техн. ун-т, 2008. 315 с.

2. Пугин К.Г. Металлургический шлак в дорожном строительстве // Проблемы и перспективы развития Евразийских транспортных систем: Мат. Междунар. научн.-практ. конф. 12–13 мая 2009 г. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2009.

3. Юшков Б.С., Брызгалов С.В. Несущая способность свай из бетона на шлаковом щебне при действии горизонтальных нагрузок // Мат. всероссийской научно-технической конференции «Автотранспортный комплекс – проблемы и перспективы, экологическая безопасность». Пермь. 26–27 апреля 2007 г. С. 77–81.

ПОДПИСКА
НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ
журнала «Строительные материалы»®



<http://ejournal.rifsm.ru/>

А.А. ПАК, канд. техн. наук, Р.Н. СУХОРУКОВА, научн. сотрудник,
учреждение Российской Академии наук Институт химии и технологии
редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева
Кольского научного центра РАН (г. Апатиты Мурманской обл.)

Способы устранения трещин в стыке и повышения сцепления газобетона с пенополистиролом

В современной строительной практике одним из самых «проблемных» материалов является пенополистирол (ППС). Острейшая полемика по вопросу применения ППС в строительстве разгорелась между учеными и производителями. Первые, не отрицая высоких теплоизоляционных свойств ППС, подчеркивают его пожароопасность, выделение отравляющих газов при горении, недолговечность. Производители же утверждают, что при использовании качественных сырьевых материалов, грамотных конструктивных решений, соблюдении технологических процессов вспенивания ППС и изготовления изделий исключаются все негативные явления. Споры продолжаются, и тем не менее пенополистирольные изделия продолжают широко использоваться во всех странах.

Наиболее эффективно применять ППС при изготовлении многослойных изделий типа сэндвич. В известных сэндвич-панелях и блоках, преимущественно трехслойных, для образования внутреннего теплоизоляционного слоя используются предварительно изготовленные пенополистирольные плиты. Эти плиты могут быть закрыты с обеих сторон листовым материалом (из оцинкованной стали, алюминиевых сплавов, древесно-стружечных плит, армо- или асбестоцемента и др.) либо бетонными слоями (легкобетонными, пенобетонными). Только при устройстве наружных бетонных слоев создается сцепление между бетоном и ППС, причем неслошное. С остальными материалами никакого монолитного сцепления нет. ППС отличается низкой адгезией, в том числе с цементным камнем. Поэтому для обеспечения сцепления между конструктивными слоями применяются специальные гибкие стержневые или проволоочные связи. Однако ввиду отсутствия монолитного соединения между защитным слоем и ППС и наличием зазора в последнем может скапливаться влага с образованием мостиков холода.

По технологии композиционных стеновых и теплоизоляционных изделий из полистиролгазобетона (ПГБ), разработанной в институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья Кольского научного центра РАН [1, 2], наружные конструктивные слои образуются газобетоном, а внутренний, теплоизоляционный — из ППС. Новизна технологии состоит в послойном формовании конструктивных слоев из исходных сырьевых материалов: наружные слои из газобетонной смеси, а внутренний теплоизоляционный слой — из невспененного или частично вспененного бисерного суспензионного полистирола (ПС). Характерные для газобетонной смеси и бисерного ПС является то, что они во время тепловлажностной обработки изделия в пропарочной камере вспучиваются (заполняют объем в закрытой форме) на разных температурных уровнях, формируя конструктивные слои и образуя многослойное изделие в окончательном виде. При этом контактирующие материалы подпрессовываются, прижимаются друг к другу, создавая мо-

нолитное бесшовное соединение. В данном случае мы имеем дело не со статическим соединением почти полностью готовых исходных материалов, как при применении легкого и пенобетона (пенополистирол в виде готовых листов, а легкий и пенобетон уже полностью отформованными и объемно не изменяющимися), а с динамическим соединением материалов-полуфабрикатов, которые под действием температуры структурно изменяются, объемно расширяются, формируя изделие в окончательном виде не в процессе формирования, а во время пропаривания.

Однако в процессе выполнения экспериментальных исследований нами было замечено, что в некоторых образцах ПГБ после пропаривания появляются трещины в стыке между газобетоном и полистиролом. Появление трещин следовало ожидать, так как мы пытаемся создать монолитное соединение таких разных по своей природе материалов, как камень и полимер, с различными физико-механическими, термодинамическими и деформативными свойствами. В то же время следует отметить, что в принципе трещины на боковых гранях стеновых блоков не представляют большой опасности, так как они будут перекрываться клеящим материалом при кладке стены. Чаше трещины наблюдались в большемразмерных образцах, блоках размерами 195×198×398 мм и резе в образцах-кубах 70,7×70,7×70,7 мм и призмах 70,7×70,7×220 мм. То есть в возникновении трещин сказывается еще и масштабный фактор. Важно подчеркнуть, что трещины носят поверхностный характер, глубиной не более 2–3 мм, что было установлено поперечной распиловкой блоков и образцов.

С целью устранения трещин были рассмотрены различные способы на разных этапах технологического процесса. Для начала опробовали самые очевидные на наш взгляд приемы для устранения трещинообразования:

- прокладка в месте соединения газобетона и полистирола армирующего материала;
- обработка гранул пенополистирола клеящим раствором;
- устройство соединения шип-паз путем подсыпки бисерного невспененного полистирола.

В экспериментах в качестве армирующего материала была использована синтетическая отделочная сетка с ячейкой 5 мм, используемая для выполнения штукатурных работ по кирпичным и бетонным поверхностям. Устанавливалась сетка в форму следующими способами (рис. 1).

Испытания влияния сетки на трещинообразование в стыке газобетон — ППС проводили на кубиках — 70,7×70,7×70,7 мм и призмах — 70,7×70,7×220 мм. Также для контроля формовали блоки размерами 195×198×398 мм. Внешний осмотр образцов после пропаривания и распалубки показал, что отделочная сетка независимо от схемы расположения уменьшает, но не исключает трещины в стыке.

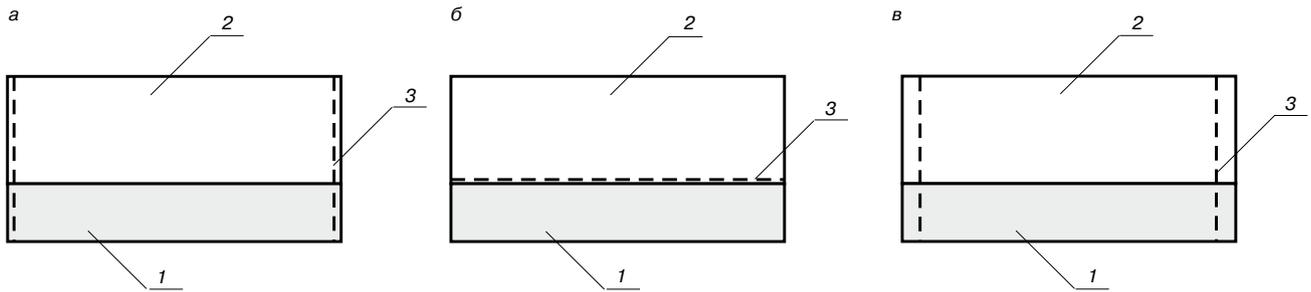


Рис. 1. Схемы расположения отделочной сетки в двухслойном полистиролгазобетоне: а – вертикально по бортам формы; б – горизонтально в стыке газобетона с полистиролом; в – вертикально на расстоянии 2 см от стенки формы; 1 – газобетон, 2 – полистирол, 3 – сетка



Рис. 2. Двухслойный полистиролгазобетон с соединением газобетона с полистиролом типа «шип-паз»

Номер образца	Описание образца	Прочность сцепления, МПа·10 ⁻¹
1	Газобетон + частично вспененный ПС без устройства соединения шип-паз	0,7
2	Газобетон + частично вспененный ПС с устройством соединения шип-паз в один ряд	1,5
3	Газобетон + частично вспененный ПС с устройством соединения шип-паз в два ряда	1,6

Также не были получены стабильные положительные результаты при обработке гранул пенополистирола клеящими растворами поливинилацетатной эмульсии и столярного клея.

Лучшие результаты были получены при устройстве соединения шип-паз путем подсыпки бисерного невспененного полистирола. Выполненные нами эксперименты показали, что невспененный бисерный ПС при разогреве до 85–95°C развивает давление расширения в 1,5–2 раза больше, чем частично вспененный ПС с коэффициентом вспенивания $K_{всп}=8-10$ [3]. Поэтому, если бы удалось ввести в поверхностный слой газобетонной смеси в один-два ряда для образования «шипа» невспененный ПС (с некоторым возвышением над поверхностью газобетона) и на него засыпать частично вспененный ПС, образующий теплоизоляционный слой, то при вспенивании эти два вида ПС спрессовывались бы друг с другом гораздо лучше, чем с газобетоном. Таким образом, получилось бы более плотное замковое соединение типа шип-паз.



Рис. 3. Поверхности отрыва газобетона от полистирола без устройства шип-паз (а) и с устройством шип-паз (б)

В основе этого приема лежат результаты выполненных нами экспериментов, показавших, что давление расширения системы газобетон–бисерный ПС в четыре раза больше, чем у системы газобетон–частично вспененный ПС. Осуществляется эта рекомендация следующим образом: в поверхность залитой в форму газобетонной смеси вдавливаются две пластины под углом 30–40° на глубину 2–3 см. В зазор между пластинами засыпается бисерный ПС. Затем, сводя вместе верхние края пластин, бисерный ПС вводится в расширенный зазор с некоторым припуском над поверхностью бетонной смеси. Сверху на бетонную смесь засыпается почти до верха формы частично вспененный ПС, и форма закрывается крышкой. В дальнейшем, вспучиваясь при тепловлажностной обработке, эти два вида ПС спрессовываются друг с другом. Бисерный ПС, заглубленный в газобетон, будет образовывать шип и создавать прочное соединение ППС с газобетоном.

На рис. 2 представлен поперечный разрез образца двухслойного ПГБ с соединением шип-паз.

В таблице приведены результаты испытаний образцов ПГБ, из которых следует, что устройство соединения шип-паз увеличивает прочность сцепления газобетона с ППС в два раза.

На рис. 3 приведены поверхности отрыва газобетона от ПС после испытания на сцепление без устройства шип-паз (а) и с устройством шип-паз (б).

Как видно из рис. 3, при соединении ПС с газобетоном без устройства шип-паз отрыв происходит в месте соединения по контакту ПС с газобетоном, а при устройстве соединения шип-паз прочность сцепления ПС с газобетоном больше прочности разрыва газобетона.

Таким образом, по результатам выполненных экспериментов можно сделать заключение, что наиболее эффективным для уменьшения трещинообразования и обеспечения надежного сцепления между газобетоном и полистиролом является устройство в стыке между ними соединения типа шип-паз.

Ключевые слова: газобетон, пенополистирол, полистиролгазобетон, стык шип-паз.

Список литературы

1. Пак А.А., Крашенинников О.Н., Сухорукова Р.Н. Газобетон на основе техногенного сырья Кольского горно-промышленного комплекса / Апатиты:КНЦ РАН, 2000. 84 с.
2. Пак А.А., Сухорукова Р.Н. Основы технологии и физико-механические свойства композиционного стенового материала из полистиролгазобетона. // Технологии бетонов. 2008. № 10. С. 61–63.
3. Пак А.А., Сухорукова Р.Н. Особенности технологии стеновых многослойных изделий из полистиролгазобетона // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2010. № 5. С. 30–34.



Российская академия естественных наук
Новосибирский государственный аграрный университет
Выставочный центр «ITE Сибирская ярмарка»



Международная научно-техническая конференция «НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬНОМ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИИ»

2 февраля 2011 г.

Новосибирск

Темы конференции:

1. Теоретические и методологические вопросы развития науки о технологии в строительном материаловедении.
2. Физико-химические процессы, связанные с новейшими технологиями и получением качественных материалов.
3. Проблемы развития материально-технической базы для внедрения новых технологий производства строительных материалов и изделий.
4. Пути совершенствования качества и технологического обеспечения строительных материалов за счет применения добавок направленного действия.
5. Нормативная база и экономико-организационные вопросы эффективного внедрения новых технологий в строительном комплексе.

Информационная поддержка:

Научно-технический журнал

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®**

Оргкомитет:

Телефон/факс (383) 267-12-45,
e-mail: gmunsau@mail.ru
630099, г. Новосибирск- 99, Главпочтамт, а/я № 257

Е.А. ПЕТРОВА, канд. техн. наук,
Московский государственный строительный университет

Снижение горючести древесины

На протяжении многих тысячелетий человек использовал древесину в качестве основного материала для строительства жилья. В XXI в., веке высокотехнологичных строительных материалов, древесина продолжает оставаться одним из самых распространенных материалов для строительства дачных домов. Несмотря на многочисленные положительные качества, древесина имеет свои специфические особенности, которые необходимо учитывать при ее использовании. Прежде всего древесина легко возгорается и гниет, что обусловлено ее органической природой. Поэтому для продления срока службы ее необходимо защищать от гниения и возгорания с помощью пропиточных огнебиозащитных составов (био-пиренов). По данным управления ГО и ЧС, в Московской области в среднем каждый год сгорает порядка 3 тыс. дач и садовых домиков. Причиной каждого десятого возгорания является непредумышленный поджог. Под огнезащитой подразумевается обработка древесины специальными средствами, при которых она становится значительно более устойчивой к огневому воздействию.

В зависимости от назначения и области применения огнезащитные составы для деревянных поверхностей можно разделить на покрытия и пропитки.

К покрытиям относятся лаки, краски, эмали и об-мазки. Принцип их действия заключается в создании на защищаемой поверхности термоизолирующего слоя, который на определенное время предохранит древесину от термического разложения.

К пропиткам относятся антипирены и био-пирены. Принцип действия пропиток заключается в том, чтобы не допустить горения продуктов разложения древесины с образованием пламени. В этом случае при удалении пламени возгорания древесины не произойдет. Это достигается либо разбавлением горючих газообразных соединений негорючими газами путем снижения концентрации горючих веществ в области возможного горения, либо уменьшением процесса газификации поверхности древесины путем нанесения на нее газонепроницаемой пленки. В домашних условиях легче всего осуществить поверхностную (капиллярную) пропитку. Ее можно

проводить всеми способами нанесения — опрыскивани-ем, окунанием в раствор, обработкой кистью. Благодаря капиллярному всасыванию раствор проникает на глу-бину 1–2 мм.

Несмотря на многообразие средств огнезащиты, проблему снижения горючести древесины нельзя счита-ть решенной, поскольку известные составы не явля-ются атмосферостойкими, их нельзя хранить в условиях строительной площадки при пониженной температуре, что крайне важно в зимних условиях. Обладая высокой стоимостью, современные средства огнезащиты древе-сины недолговечны. Многие антипирены «высаливаю-ся» на поверхности древесины, что полностью исклю-чает возможность дальнейшей ее обработки декоративны-ми покрытиями.

На кафедре прикладной химии Московского госу-дарственного строительного университета для древе-сины создана рецептура огнебиозащитного пропиточного состава-реагента на основе органических фосфор- и азотсодержащих соединений [1].

Полученный состав — комплексная система из коксо-образователя, био-пирена и антифриза представляет собой прозрачную бесцветную жидкость плотностью $(1,12–1,118) \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ [ГОСТ 18995.1–73] с показателем преломления 1,442–1,448 [ГОСТ 18995.2–73], pH = 2,1–3, температурой застывания -30°C , условной вязкостью 40–50 с [ГОСТ 8420–74] и живучестью не менее 500 сут. Благодаря эффекту антифриза полученный состав может выдерживать температуру до -30°C , что значительно облегчит его хранение в условиях строительной площад-ки. Модифицированная древесина за счет кислых свойств в процессе пожара образует на поверхности не-прерывный отверждающийся вспученный слой, толщи-на которого увеличивается по мере возрастания темпе-ратуры. Этот процесс сопровождается выделением негорючих газов, разбавляющих в газовой фазе горючие про-дукты и создающих эффект «задувания».

Исследование механизма действия огнебиозащит-ного пропиточного состава проводили методом инфра-красной спектроскопии [2]. За счет взаимодействия

Таблица 1

Способ нанесения	Температура окружающей среды, °C	Относительная влажность воздуха, %	Расход состава (R) и время сушки (t) каждого слоя						Общий расход состава, кг/м ²	
			1-й слой		2-й слой		3-й слой			
			R ₁ , кг/м ²	t ₁ , мин	R ₂ , кг/м ²	t ₂ , мин	R ₃ , кг/м ²	t ₃ , мин		
Кистью, валиком, распылением	+40	85	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	32	32	32
	+20							36	36	36
	0							55	55	55
	-15							78	78	78
	+40	75						22	22	22
	+20							32	32	32
	0							45	45	45
	-15							67	67	67
	+40	65						23	23	23
	+20							27	27	27
	0							38	38	38
	-15							51	51	51

Таблица 2

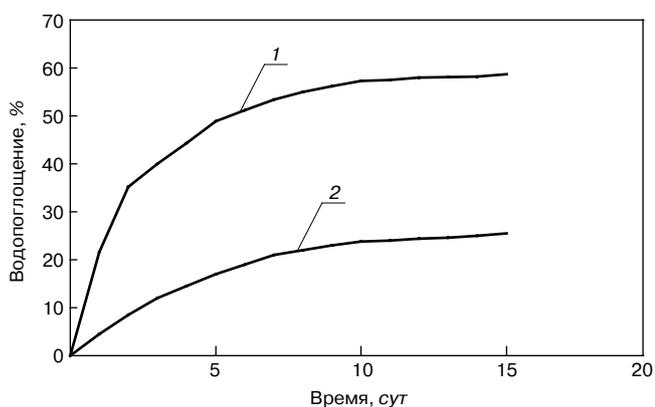
Вид древесины	Расход состава, кг/м ²	Параметры горючести				Группа горючести древесины
		Температура дымовых газов, °С	Степень повреждения по длине образца, %	Степень повреждения по массе, %	Время самостоятельного горения, с	
Контрольный образец (незащищенная древесина сосны)	–	780	100	96.7	670	Г4
Модифицированная древесина сосны	0,1	119	38	18,1	0	Г1
	0,2	110	32	14,18	0	
	0,3	107	26	11,08	0	
	0,4	100	21	10,51	0	

Таблица 3

Вид древесины	Время выдерживания на культуре гриба, сут	Расход защитного состава, кг/м ²	Результат биологических испытаний после выдержки на культуре гриба Coniophora Cerebella	
			Потери массы образцами, %	Визуальное наблюдение за образцами
Контрольный образец (незащищенная древесина сосны)	60	–	Разрушен полностью	Пышный рост гриба
Модифицированная древесина сосны	60	0,06	0	Отсутствие роста мицелия гриба

Таблица 4

Испытуемые ЛКМ	Расход ЛКМ, кг/м ²	Состояние поверхности образца с ЛКМ по модифицированной древесине (сосна)	Расход пропиточного состава, кг/м ²	Оценка адгезии в баллах
PESTO – стойкая к мытью краска для внутренних работ	0,25	Края надрезов гладкие и нет отслоившихся участков покрытия	0,1	1
			0,2	
			0,3	
			0,4	
Лак Bootsklarlac	0,1	Незначительное отслаивание в виде мелких чешуек (менее 5%). Нарушение более чем на 5% поверхности	0,1	1
			0,2	
			0,3	
			0,4	
Краска Миранол	0,1	Частичное или полное отслаивание покрытия вдоль линий надрезов (менее 5%)	0,1	1
			0,2	
			0,3	
			0,4	
Краска Миралкид	0,1	Полное отслаивание покрытия	0,1	1
			0,2	
			0,3	
			0,4	



Кинетика водопоглощения контрольных образцов и образцов, обработанных огнебиозащитным составом: 1 – контрольный образец (незащищенная древесина); 2 – образец защищенной древесины

карбоксильной группы малеиновой кислоты, а также этиленгликоля и диметилфосфита с оксигруппой целлюлозы образуются простые и сложные эфиры целлюлозы, которые дают поглощение в области спектра 1200–1500 см⁻¹. На спектре исходной целлюлозы в этой области нет пика. Очевидно, что пропиточный состав вступает в химическую реакцию с древесиной.

Наносить полученный состав можно всеми известными способами (кистью, валиком, распылением) в три слоя с промежуточной сушкой в течение не менее 30 мин. Технология нанесения полученного состава приведена в табл. 1.

Испытания на горючесть в соответствии с ГОСТ 30244–94 показали, что полученный состав при расходе 0,1–0,3 кг/м² переводит древесину в группу слабогорючих материалов (Г1).

Необходимо учесть, что горение разных пород древесины отличается. Например, дуб из-за высокой плотности тяжело поджечь даже без пропитки; сосна или ель

Таблица 5

Показатели	Контрольные образцы сосны	Модифицированные образцы сосны
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	79	89,45
Предел прочности при сжатии вдоль волокон, МПа	43,68	48
Предел прочности при скалывании, МПа	7	7,4
Предел прочности при сжатии поперек волокон, МПа	10	12,67

Таблица 6

Серия	№ образца	Масса пластинки, кг		Площадь поверхности пластинки, м ²	Время проведения испытания, ч	Потери массы пластинок, кг/(м ² ·ч)
		до испытания	после испытания			
Контрольный (незащищенный образец сосны)	1	0,0197	0,0196	0,0021	720	8,8 · 10 ⁻⁵
	2	0,0199	0,0198			6,1 · 10 ⁻⁵
Образец модифицированной древесины сосны	3	0,0195	0,0188	0,0021	720	5,1 · 10 ⁻⁵
	4	0,0196	0,0195			5,8 · 10 ⁻⁵

горят очень хорошо. Поэтому все испытания препаратов проводили на образцах древесины сосны, которая рассматривается как своеобразный эталон.

Результаты испытаний по определению группы горючести древесины, модифицированной огнебиозащитным составом, приведены в табл. 2.

Полученный состав также обладает хорошим эффектом биозащиты. В соответствии с ГОСТ 30028.4–93 установлено, что при расходе состава 0,06 кг/м² модифицированная древесина устойчива по отношению к агрессивному дереворазрушающему грибу *Coniophora Cerebella*.

Данные биологических испытаний приведены в табл. 3.

Испытания в климатической камере [3] показали, что эффект огнезащиты сохраняется в течение не менее 6 лет, антисептирования – в течение не менее 15 лет.

Испытания на водостойкость [ГОСТ 16483.20–72] показали, что водопоглощение модифицированной древесины снижается по сравнению с незащищенной в 2,27 раза (рисунок).

При испытании на адгезию [ГОСТ 15140–78] не выявлено ограничений по обработке древесины, модифицированной огнебиозащитным составом, распространенными лакокрасочными материалами (ЛКМ) (адгезия в баллах для всех испытанных покрытий составила 1).

Результаты испытаний на адгезию к модифицированной древесине некоторых ЛКМ приведены в табл. 4.

Механические испытания [ГОСТ 16483.3–84; 16483.23–73; 16483.11–72; 16483.11–72; 16483.5–73; 16363–76] показали, что при всех видах напряженного состояния наблюдалось увеличение прочностных показателей древесины, модифицированной огнебиозащитным составом.

Прочностные показатели образцов модифицированной древесины приведены в табл. 5.

Это объясняется тем, что состав склеивает отдельные волокна древесины и улучшает условия их совместной работы.

Корродирующее действие средства огнезащиты на металл оценивают по потере массы металлических пластинок в граммах на 1 м² поверхности в час и вычисляют по формуле:

$$B = (A - B) / (П \cdot 720),$$

где В – потери массы пластинок, г·м⁻²·ч⁻¹; А – масса пластинки до испытания, г; Б – масса пластинки после

испытания, г; П – площадь поверхности пластинки, м²; 720 – время проведения испытаний, ч.

Полученный огнебиозащитный состав выдержал испытание на корродирующее действие [ГОСТ 9.401–91], так как потери массы стальных пластинок здесь составили 5,1·10⁻⁵ – 5,8·10⁻⁵ кг/(м²·ч), что значительно меньше, чем в контрольной серии из незащищенной древесины. Потери массы пластинок получены расчетным путем, кг/м²·ч.

Технология приготовления огнебиозащитной композиции несложна и состоит из трех стадий. На первой стадии проводят реакцию каталитического гидролиза крахмала в присутствии минеральной кислоты. По мере завершения гидролиза в состав вводят часть азотсодержащего компонента смеси. Вторая стадия (синтез биопирена) происходит при медленном нагревании и выдерживании компонентов смеси 15 мин при температуре не выше 90°С. Третья стадия – приготовление пропиточного состава посредством смешивания и нагревания в течение 20–40 мин биопирена, полученного во второй стадии, и соответствующего водного раствора коксообразователя, полученного на первой стадии, с последующим введением антифриза [1].

Промышленное производство полученной огнебиозащитной пропитки экономически выгодно из-за ее невысокой стоимости, которая составляет 78 р./кг, что значительно дешевле, чем у ряда зарубежных составов (не менее 155 р./кг). С учетом небольшого расхода цена огнезащитной обработки невысока и составляет 0,31 р./м². Для сравнения, стоимость огнезащитной обработки поверхности древесины зарубежными составами не менее 8 р./м².

Ключевые слова: огнезащита древесины, биопирен, огнебиозащита, антифриз, горючесть.

Список литературы

1. Патент РФ № 2254228. Е.А. Петрова, А.Я. Корольченко. Состав для огне- и биозащиты древесины. Заявл. 13.11.2003. Опубл. 20.06.05. Бюл. № 17.
2. Беллами Л. Инфракрасные спектры молекул. М: Иностранная литература, 1957. 273 с.
3. НПБ 251–98 «Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний».
4. Способы и средства огнезащиты древесины. М: ВНИИПО, 1994.

Г.П. ПОНОМАРЕВА, канд. техн. наук, О.М. СЛАДКОВ, канд. техн. наук,
А.А. АРТЕМЕНКО, д-р техн. наук, М.В. ПОНОМАРЕВ, инженер (pgp54@mail.ru),
Саратовский государственный технический университет

Строительные пенополиуретановые конструкции с наружным слоем из базальтопластика

Создание новых облегченных материалов, отвечающих требованиям современной строительной индустрии, является первостепенной и важной задачей. Значительный интерес в строительной индустрии вызывают многослойные полимерные композиционные материалы (ПКМ). В представленных на рынке многослойных конструкциях внутренний слой выполнен из минеральной ваты или пенопласта, а наружные слои из металлических листов, ДВП или листов ПВХ [1].

С целью совершенствования многослойных конструкций в настоящей работе рассматриваются способы получения слоистых композиций, полученных соединением полимерной матрицы пенополиуретана (ППУ) и базальтопластика (БП) – базальтовой ткани (БТ), импрегнированной эпоксисодержащей смолой [2].

Авторами представлено несколько методик получения слоистых композитов, в состав которых входит ППУ, расположенный между БП, представляющем несколько слоев базальтовой ткани, пропитанных эпоксисодержащей модифицированной огнестойкой смолой, структурированной при температуре и давлении. Формо-образующая поверхность прессовой оснастки, в которой формируется многослойная структура, может быть гладкой или иметь выступы, равномерно расположенные по всей поверхности и образующие в наружном

слое углубления типа ребер жесткости (рис. 1, а, б). Разработан также многослойный композит, обладающий тепловым эффектом (рис. 1, в). В качестве нагревательного элемента используются углеродные нити (УН).

Для создания опытных образцов использовали четыре способа формирования структуры.

По первому способу (1) образцы получены размещением уже готовой ППУ плиты между слоями БТ, пропитанной эпоксисодержащей смолой, с последующим структурированием смолы в прессовой оснастке под давлением. Соединение происходит за счет адгезивных свойств смолы. Количество слоев из БТ на поверхности плиты регламентируется необходимостью создания конструкции заданной прочности.

По второму способу (2) образцы получены введением смеси компонентов жесткой полиуретановой системы между слоями базальтопластика (БТ пропитана смолой, проведено отверждение).

По третьему способу (3) образцы получены введением реакционной смеси компонентов жесткой полиуретановой системы между слоями БТ, соединение которых осуществлялось за счет адгезивных свойств ППУ. Для усиления конструкции на ее верхнюю и нижнюю поверхности накладывается БТ, пропитанная смолой с последующим структурированием смолы под давлением.

Способ получения	Разрушающая нагрузка, МПа			
	при продавливании	при 10% сжатии	при изгибе	при отрыве слоев
[1]		0,2	0,35	0,2
1	85	0,22	0,52	0,58
2	95	0,27	0,63	0,57
3	42	0,29	0,71	0,56
4	46	0,29	0,71	0,56

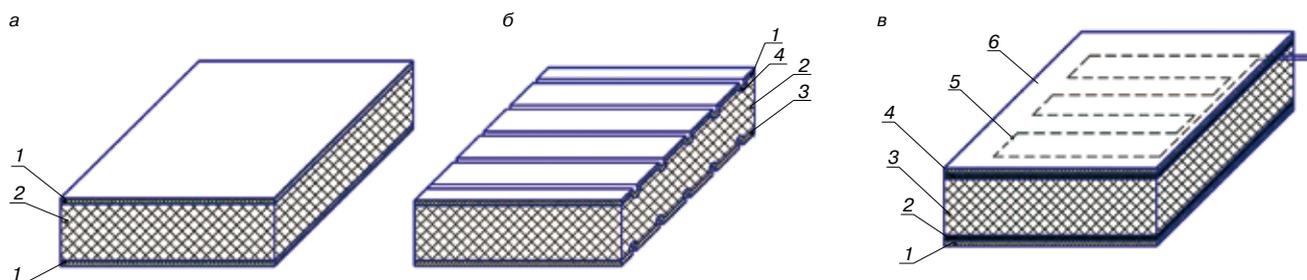


Рис. 1. Структура многослойного композита: а – с плоской поверхностью; б – с ребрами жесткости; 1 – БП; 2 – ППУ; 3 – БП; 4 – ребра жесткости; в – с углеродными нитями; 1 – БП; 2 – БП; 3 – ППУ; 4 – БП; 5 – УН; 6 – БП

По четвертому способу (4) образцы сформированы аналогично третьему, в которые дополнительно введены углеродные нити, выложенные в определенном порядке между слоями БП внутренней поверхности плиты, выступающими наружу концами [3].

Опытные образцы многослойных структур, содержащих по два слоя базальтовой ткани на обеих поверхностях, укомплектованных в одну конструкцию по различным технологиям, подвергли механическим испытаниям. Экспериментальные исследования показали, что все полученные структуры обладают улучшенными прочностными характеристиками, которые во многом зависят от способа получения композита (см. таблицу).

При сравнении полученных данных экспериментальных исследований наиболее прочным по всем показателям оказался композит, полученный заполнением жидкой ППУ системы между слоями БТ с последующим соединением с БП (способ 3 и 4). При сравнении с существующими многослойными композитами [4] прочность при сжатии увеличивается на 10, 25, 30 и на 31% у первого, второго, третьего и четвертого образцов соответственно; прочность при изгибе увеличивается на 32, 44, 50%. Прочность на отрыв слоев (адгезионная прочность) выше у первого образца. Для увеличения твердости наружных слоев и жесткости конструкции в целом на наружные поверхности можно добавить БП с необходимым количеством слоев. Четвертый способ формирования композита предполагает его использование в качестве тепловой строительной панели при возведении зданий сельскохозяйственного и технического назначения.

Таким образом, многослойная конструкция на основе пенополиуретана и базальтовой ткани, пропитанной

модифицированным эпоксидным связующим, обладает улучшенными прочностными характеристиками при испытании на сжатие и изгиб и высокой адгезионной прочностью в системе базальтопластик – пенополиуретан, которая обеспечивается адгезивными свойствами ППУ и смолы. Величина разрушающей нагрузки увеличивается.

Ключевые слова: пенополиуретан, базальтопластик, базальтовая ткань, эпоксисодержащая смола, углеродная нить.

Список литературы

1. Справочник по композиционным материалам: в 2 кн. Кн. 2 / Под ред. Дж. Любина / Пер. с англ. Ф.Б. Геллера, М.М. Гельмонта / Под ред. Б.Э. Геллера М.: Машиностроение, 1988. 488 с. : ил.
2. Сэндвич-структуры из композиционных материалов / А.А. Артеменко, О.М. Сладков, Г.П. Пономарева // Пятый Саратовский салон изобретений, инноваций и инвестиций, в 2-х ч. сб. Ч.1 Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2010. С. 130–131. ISBN 978-5-7433-2205-3.
3. Пат. 2317307 Российская Федерация МПК Е 04С 1/40 Многослойный конструкционный материал и способы его получения. / А.А. Артеменко, Г.П. Пономарева, О.М. Сладков; заявитель А.А. Артеменко, Г.П. Пономарева, О.М. Сладков; заявл. 17.11.2008.
4. *Абрамов С.А.* Полиуретаны фирмы ООО «Эластотек» для применения в строительстве, производстве сэндвич-панелей в автомобильной и мебельной промышленности. // Пластические массы. 2007. № 9. С. 3–7.

**28-30
МАРТА
2012
КАЗАХСТАН
АСТАНА
Выставочный центр
«КОРМЕ»**

ПРОМСТРОЙИНДУСТРИЯ АСТАНА
13-я КАЗАХСТАНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:

 МИНИСТЕРСТВО
 РЕГИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ
 И ИНФРАСТРУКТУРЫ
 РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Организаторы:

 НАЦИОНАЛЬНЫЙ
 ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
 «КОРМЕ»

МВК "Атакент-Экспо"
 Республика Казахстан
 050057 Алматы, ул. Тимурязева, 42
 Тел./факс: (727) 2582535, 2751357, 2751481
 e-mail: office@atakentexpo.kz,
 zhanat@atakentexpo.kz

Филиал МВК "Атакент-Экспо"
 Республика Казахстан
 010000 Астана,
 пр. Кабанбай батыра, 7/3, оф. 043
 Тел./факс: (7172) 507329, 507330
 e-mail: atakent@mail.ru

www.atakentexpo.kz

И.Ю. САМОНЕНКО, канд. соц. наук, МГУ им. М.В. Ломоносова, А.А. БОЙКО, коммерческий директор электронной торговой системы B2B-Center (Москва)

Электронные торги — современный инструмент строительного бизнеса

В настоящее время бизнес отличает высокая мобильность. Уже никого не удивляют поставки строительных материалов на расстояние тысячи километров, выполнение строительных подрядов не только в разных регионах страны, но и в зарубежных странах и даже на других континентах. Условиями такой мобильности становятся оперативная коммерческая информация (где возникает спрос на товар или услугу, каковы условия данного запроса) и возможность быстрого реагирования предложением на возникший спрос (быстрого участия в конкурсе, торгах). Общая тенденция к снижению управленческих расходов, с одной стороны, развитие современных средств коммуникаций — с другой, повышение защищенности информации в электронном виде — с третьей стали основой для переноса места заключения сделок купли-продажи различной продукции или услуг в виртуальное пространство.

Электронные торговые площадки появились в первые годы XXI в. и послужили толчком для развития высоких технологий и инновационных методов управления бизнесом. До начала цифровой эры поставщики тратили много сил и времени на поиски рынков сбыта и на процесс участия в торгах, который требовал подготовки большого количества бумажной документации. Для каждого конкурса необходимо было предоставить новый комплект нотариально заверенных документов, а если предположить необходимость участия компании в нескольких конкурсах, то количество однообразной работы резко увеличивалось. В несколько раз возрастали затраты на нотариат, почтовые расходы, если заказчик организовывал интересные торги на значительном расстоянии от потенциальных участников. Кроме того, проблема поиска интересующих торгов вызвала необходимость подписки на множество узкоотраслевых и ведомственных изданий, однако печатные издания не слишком облегчают процесс поиска тендеров, поскольку обладают определенным временем запаздывания доставки оперативной информации на этапе как производства издания, так и доставки издания подписчику. Кроме того, издание, как правило, доступно для просмотра ограниченного круга сотрудников организации-подписчика.

Современные технологии значительно упростили жизнь участников рынка. Появились электронные торговые площадки, на которых заказчики легко могут найти поставщиков необходимых товаров, работ, услуг. Соответственно поставщики получают возможность быстрого поиска информации по интересующей их тематике, оценки объема спроса на поставляемую ими продукцию (услугу), расширения географии рынка сбыта, мониторинга цен на товары и услуги.

Торги на электронных площадках проходят в режиме реального времени, все участники или сторонние наблюдатели могут проследить за их ходом. При традиционном способе проведения участникам была доступна только информация об объявленных торгах. При этом имена участников конкурса и его победитель не всегда назывались. Сейчас же в целях борьбы с недобросовестными заказчиками и участниками торгов, а также стремлением к прозрачности и информационной открытости на некоторых электронных площадках доступны статистические данные о проводимых торгах, о

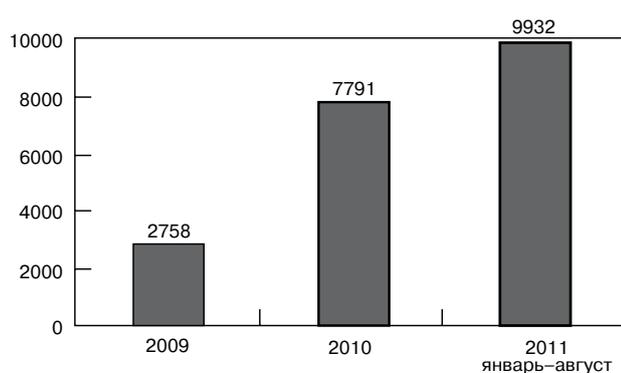
количестве участников, видны ценовые предложения компаний, скрыты лишь их наименования с целью недопущения ценового сговора между участниками. Выбор победителя осуществляется по параметрам, установленным организатором. После подведения итогов торгов участники могут увидеть предложения друг друга и оценить правильность выбора победителя организатором. В настоящее время бизнес признает целесообразность и экономическую эффективность электронных торгов. Многие организации практически все закупки переводят в электронную форму, например МРСК-Центра 94,6% торгов проводит в электронном виде.

Сектор B2B, в котором работают электронные площадки для корпоративных заказчиков, имеет широкий функционал, поскольку ряд компаний существует на рынке с момента формирования культуры электронных торгов и соответственно они уже успели накопить определенный опыт и технологическую базу. Как правило, развитые электронные площадки корпоративного сектора отличаются более разнообразными способами проведения торгов, среди которых конкурсы, аукционы, запросы цен/предложений, конкурентные переговоры и пр. На некоторых площадках возможно более 40 видов торгов. Широкий выбор торговых процедур помогает заказчику найти поставщика по важным для него критериям: качеству поставляемого товара (услуги), репутации поставщика, опыту работы на рынке и пр. Эти параметры невозможно предусмотреть при проведении аукциона. Следует отметить, что на электронных площадках компании закупают практически любую продукцию и услуги, от канцелярских товаров до строительных промышленных объектов. Среди видов работ и услуг, предлагаемых и востребованных на электронных площадках, можно назвать проектно-исследовательские, научно-исследовательские, строительные-монтажные работы, финансовые услуги и др.

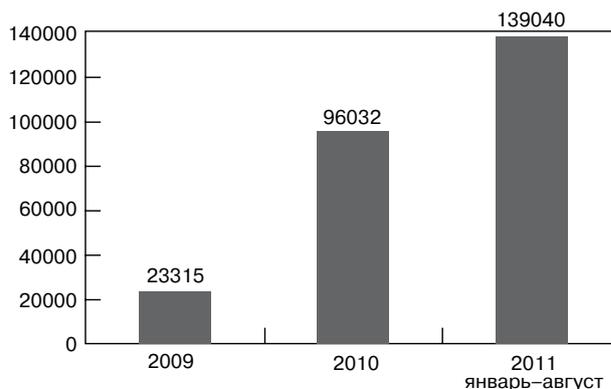
С точки зрения действующего законодательства деятельности и взаимоотношения участников электронных торгов регулируются ГК РФ (ст. 447 «Заключение договора на торгах»; ст. 449 «Последствия нарушения правил проведения торгов») и прочими нормативными актами.

С 1 января 2012 г. компании с госучастием будут подпадать под действие № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц».

Подлинность документов, загружаемых в систему электронной площадки, подтверждается электронной цифровой подписью (ЭЦП), которая выдается специализированными удостоверяющими центрами. ЭЦП обеспечивает безопасность участия в электронных торгах и юридическую защиту. В соответствии с № 1-ФЗ «Об электронной цифровой подписи» от 10 января 2002 г. ЭЦП позволяет приравнять электронные документы по юридической значимости к бумажным носителям, предотвращает несанкционированный доступ к документам, обеспечивает проверку подлинности и целостности документов. Кроме того, ЭЦП подтверждает идентификацию подписавшего электронный документ участника электронных торгов, исключает возможность подделки подписи и подписанных документов. Таким образом, на развитых электронных площадках, где предусматривается использование ЭЦП, все сделки законодательно защищены.



Количество торговых процедур по категории «строительство»



Объемы торговых процедур по категории «строительство» (млн р.)

На отраслевых электронных площадках, представлены компании строительной, энергетической, металлургической, машиностроительной, нефтехимической отраслей, начинает развиваться авиационная отрасль.

Компании строительной отрасли принимают активное участие в электронных торгах. Ниже приведены примеры наиболее крупных сделок, проведенных в электронной форме.

Примеры торгов по строительству в области энергетики, оператор электронных торгов B2B-Center

1. ОАО «ОГК-2» провело конкурс по выбору ЕРСМ-подрядчика (генподрядчика) для строительства «под ключ» двух энергоблоков единичной мощностью 660 (600–700) МВт каждый. Победитель ООО «Кварц-Новые Технологии». Сумма контракта составила 57,6 млрд р.
2. ОАО «Ленинградская ГАЭС» объявило тендер на выполнение работ по лоту «Подготовительный этап строительства Ленинградской ГАЭС, 1-я очередь». Торговая процедура проходила в несколько этапов, победитель (ОАО «ЭСКО ЕЭС») подписал договор общей стоимостью 2,6 млрд р.
3. Полный комплекс строительных работ (разработка проектной документации, прохождение государственной экспертизы, разработка рабочей документации, поставка оборудования и материально-технических ресурсов, проведение строительно-монтажных и пусконаладочных работ) потребовался для нужд строительства Ленинградской гидроаккумулирующей электростанции. Конкурс закрыт в мае 2011 г., общая стоимость составила 1,58 млрд р.
4. ОАО «Кубаньэнерго» объявило сразу несколько конкурсов на проведение строительных работ (проектные и изыскательские работы, реконструкция и строительство), общей стоимостью более 450 млн р.
5. ОАО «МОЭСК» объявило запрос цен ПИР, СМР, ПНР, материалы, оборудование по титулу: Строительство РКЛ-10 кВ, 2 ячеек в РП-2852, замена сборок н/н в ТП-1712, замена КС на ПДУ-8302 в ТП-1712, в том числе ПИР.
6. ОАО «Южный Кузбасс» объявило запрос предложений на покупку строительных материалов: отделочных материалов, линолеума, плитки напольной, плитки настенной, кистей, валиков малярных.
7. ООО «МЕЧЕЛ-ЭНЕРГО» объявило запрос предложений на поставку строительных материалов: лаков, эмалей, грунтовок и шпатлевок на конденсационных смолах; лаков, эмалей, грунтовок и шпатлевок на полимеризационных смолах и пр.

Данные, приведенные на рисунках, показывают, что растет не только количество сделок, совершаемых на электронных площадках, но и общий оборот, а также средняя сумма контрактов. Рост активности на электронных торго-

вых площадках, в том числе в строительном комплексе, иллюстрирует оперативную реакцию бизнеса на необходимость оптимизации непроизводственных расходов.

Для того чтобы придать ускорение своим продажам за счет использования электронных торговых систем, необходимо найти площадки, на которых проводятся электронные закупки по нужной тематике. Как правило, статистика на торговых площадках открыта для всех, поэтому нет необходимости регистрироваться. Однако для того чтобы принять участие в торгах, необходима регистрация, а также наличие электронной цифровой подписи (ЭЦП), которую можно получить в удостоверяющем центре. Удостоверяющие центры (пункты выдачи ЭЦП) есть практически во всех регионах России, поэтому не должно возникнуть проблем с получением подписи. Лучше всего не экономить на ЭЦП и купить подпись с расширенными возможностями, чтобы можно было принимать участие как на государственных электронных площадках, так и на коммерческих. В противном случае расширение функции ЭЦП может обойтись намного дороже. Средняя стоимость ЭЦП с расширенными возможностями 6500–7500 р. Ежегодное продление действия ЭЦП стоит примерно 2000–3000 р.

Различные электронные площадки по-разному формируют доход. Одни берут сумму за каждую транзакцию, другие – процент с победителя, третьи берут плату за работу на площадке и за дополнительные услуги по рассылке, сопровождению и т. п. Наиболее приемлемый способ оплаты за услуги торговой площадки – фиксированная и не зависящая от количества и объема сделок ежемесячная или ежеквартальная плата, которая составляет от 1 до 9 тыс. р. в зависимости от выбранного тарифа.

Для участия в электронных торгах необходим стандартный набор документов, который загружается в электронную систему и подлинность которого подтверждается ЭЦП. Это:

- устав организации;
- баланс (5 форм);
- лицензии, сертификаты;
- свидетельство о государственной регистрации;
- свидетельство о постановке на учет в налоговом органе;
- выписка из ЕГРЮЛ и др.

Если есть положительные отзывы от заказчиков, их также можно приложить к документам.

На электронных торговых площадках можно работать из любой точки мира, ведь это виртуальное пространство. В то же время некоторые электронные торговые площадки открывают свои представительства и учебные центры в регионах с целью привлечения клиентов и распространения практики электронной торговли.

По результатам сделки в электронной форме заказчик и поставщик должны заключить договор в бумажном виде, поскольку контролирующие органы не рассматривают возможность заключения договора в электронной форме.

Кирпичный завод «Kakogiannis» (Кипр) и SABO S.A. (Греция) – сотрудничество, проверенное временем

Кирпичный завод «Kakogiannis» был построен компанией SABO S.A. почти 20 лет назад, в 1993 г., а в конце 2010 г. руководство завода приняло решение модернизировать существующие производственные мощности. Главной целью модернизации стало повышение производительности завода, при этом акцент был сделан на совершенствование технологически устаревших с точки зрения современности участков линии производства и минимизации количества бракованной продукции. Второй по значимости была задача наладить выпуск новой продукции, производство которой представлялось невозможным на прежнем оборудовании.

Проект включал в себя установку новой, более мощной системы нарезки и транспортировки сырого продукта к существующему сушилу, а также новую роботизированную систему садки кирпича на печные вагонетки.

Сушило туннельного типа с вагонетками, оснащенными фиксированными поддонами, и печь также туннельного типа, производительная мощность которых отвечала целям, поставленным руководством завода, не были подвержены изменениям. Следует отметить, что в недалеком прошлом SABO установила на заводе систему автоматического регулирования функционирования сушила и печи. Установка этой системы в совокупности со значительными инвестициями, направленными на совершенствование линий массоподготовки и формовки, проведенные несколько лет назад, явились первыми шагами по модернизации завода в целом.

Главной целью модернизации было определено поднятие производства до 12500 шт./ч блоков с пустотами (размерами 10×20×30 см), что равнозначно производству 62 т/ч обожженного продукта.

Компанией SABO была установлена новая безостановочная система нарезки шириной 800 мм, которая заменила собой старый многострунный станок. Данная система нарезки была выбрана для обеспечения возможности выпуска 15 различных видов продукции, размеры которой варьируются от 50 до 330 мм, при этом смена заранее запрограммированных режимов нарезки выполняется с характерной легкостью. В наличии механизм автоматического прокручивания струны (для равномерного ее изнашивания) и специальная система ее очистки, предусмотренные для достижения максимальной эффективности производства, а также дополнительное устройство для трехстороннего снятия фаски с лицевого кирпича. За системой нарезки следует новая, полностью роботизированная линия транспортировки сырца к уже имеющейся системе загрузки сушильных вагонеток. Четырехосевой робот подъемной мощностью 700 кг был выбран как единственный, отвечающий новым поставленным требованиям производительной мощности, поскольку он в состоянии перемещать 8 рядов усл. кирпича (размерами 10×20×30 см, т. е. в совокупности 40 шт.) одним движением. Кроме того, была установлена специальная система отслеживания положения и перемещения кирпичей на транспортере, для синхронизации соответствующих движений робота по их захвату и садке на вагонетки.

Простая, современная и надежная установка разрешила проблемы, связанные с деформированием сырца при его движении по рольгангу, как это происходило ранее. Вся линия была спроектирована таким образом, чтобы избежать смены места установки пресса и связанных с этим временных и денежных затрат.

Что касается оперирования сухим продуктом, была установлена новая система транспортеров (после станции разгрузки сухого продукта с вагонеток) для перемещения к садочному оборудованию. Данное оборудование состоит из программного стола шириной 2 м для подготовки слоев кирпича к садке, за ним следуют два робота (4-осевых, подъемной мощностью 700 кг), выполняющих загрузку печных вагонеток. Результатом являются быстрая, точная, хорошо сгруппированная садка пакетов кирпича на печные вагонетки, что, в свою очередь, обеспечивает эффективный процесс обжига и облегчает процесс разгрузки печных вагонеток пакет за пакетом. Все три робота снабжены системой охлаждения, для обеспечения возможности их функционирования в жарких климатических условиях Кипра.

Тесное и основанное на доверии сотрудничество кирпичного завода «Kakogiannis» и SABO, связывающее на протяжении вот уже более 25 лет две компании, начиная с проектирования на бумаге и заканчивая реализацией запланированного на практике, еще раз доказали надежность SABO как партнера и, как результат, вписали еще один успешный проект в историю развития компании.



Оборудование формовки кирпича-сырца



Оборудование, используемое для оперирования сухим продуктом

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

тематический раздел журнала «Строительные Материалы» №11-2011 г.



У
Б
О
И
О
У
С
Т
е
C
H
N
O
L
O
G
Y

УДК 614.71:669.504(03)

Ю.В. КРАСОВИЦКИЙ, д-р техн. наук, Воронежская государственная технологическая академия (ВГТА); Н.В. ПИГЛОВСКИЙ, ведущий инженер (piglovsky@vagon.vrn.ru), Воронежский вагоноремонтный завод (ВВРЗ); Р.Ф. ГАЛИАХМЕТОВ, директор по развитию (grf@rosizvest.ru), ООО «Росизвесть» (Воронеж)

Пылеосадительные камеры для предварительной и энергосберегающей очистки газов в производстве строительных материалов

Производство строительных материалов, отличающееся высокой концентрацией, разнообразием и энергоемкостью технологического оборудования, предназначенного в значительной мере для дробления, измельчения, классификации, транспортировки и обжига твердых, гранулированных и порошкообразных материалов, является серьезным источником пылевыведения в производственные помещения и окружающую среду. При этом не только теряется значительная часть дефицитного сырья, но и возникают условия для нарушения действующих санитарно-гигиенических норм и поражения людей. Эти весьма токсичные пылевые выбросы не остаются в атмосфере без изменений. Под действием солнечных лучей и при участии озона возникают пока неизвестные реакции, приводящие к образованию новых, еще более токсичных соединений [1–3].

Создание безотходной технологии и внедрение новейших пылеулавливающих комплексов на действующих предприятиях по ряду причин (жесткое ограничение производственных площадей и энергетических лимитов, недостаток средств на реконструкцию, текучесть кадров, отсутствие специально подготовленных служб по эксплуатации систем пылеулавливания и т. д.) связано с серьезными затруднениями.

Выпускаемые промышленностью строительные материалы остаются пока весьма дорогостоящими, что обусловлено, в частности, повышенной энергоемкостью их технологий.

В этих условиях особое значение приобретают всесторонний анализ и оптимизация действующих пылеулавливающих комплексов с учетом внедрения новых перспективных энергосберегающих разработок и технологий, включающих процессы утилизации пыли [4–8].

Это тем более является необходимым, поскольку до настоящего времени отсутствуют комплексные данные по этой проблеме, а имеющиеся материалы носят противоречивый характер, что препятствует решению практических задач совершенствования систем пылеулавливания в производстве.

Для предварительной и энергосберегающей очистки газов от пыли целесообразно применять пылеосадительные камеры, действие которых основано на гравитационном осаждении частиц пыли из потока. Приемлемая эффективность очистки газов достигается при длительном нахождении частиц в пылеосадительной камере. Поэтому пылеосадительные камеры, рассчитанные на осаждение даже относительно крупных частиц, весьма громоздки. Материалом для их постройки служит кирпич или сборный железобетон, реже — сталь и дерево.

Для равномерного газораспределения по сечению пылеосадительные камеры снабжают диффузорами и газораспределительными решетками, а для снижения

высоты осаждения частиц — горизонтальными или наклонными полками. В некоторых конструкциях пылеосадительных камер для повышения их эффективности устраивают цепные или проволочные завесы и отклоняющие перегородки. Это позволяет дополнительно к гравитационному использовать эффект инерционного осаждения частиц при обтекании потоком газов различных препятствий.

Осадительные камеры используют и для осаждения пыли из вертикальных газовых потоков. Схемы различных горизонтальных и вертикальных пылеосадительных камер показаны на рис. 1, 2.

Производительность отстойной камеры по пылегазовому потоку Q , м³/с, определяют по формуле:

$$Q = blw_{oc}, \quad (1)$$

где b , l — ширина и длина камеры соответственно, м; w_{oc} — скорость осаждения твердой частицы, м/с.

Минимальный размер частиц d_{min} , м, которые могут быть полностью осаждены в камере, рассчитывают из выражения:

$$d_{min} = \sqrt{\frac{18Q\mu_r}{(\rho_v - \rho_r)gbl}} = \sqrt{\frac{18w_{oc}\mu_r}{(\rho_v - \rho_r)g}}. \quad (2)$$

Скорость осаждения шарообразных частиц при их равномерном и прямолинейном движении равна:

$$w_{oc} = \sqrt{\frac{4d_v(\rho_v - \rho_r)g}{3\rho_r \zeta_v}}, \quad (3)$$

где ζ_v — коэффициент сопротивления сферической частицы [9, 10].

Скорость осаждения частиц можно ориентировочно оценить по графику, представленному на рис. 3.

Из (2) следует, что для повышения степени очистки необходимо уменьшить производительность Q и снизить вязкость газа μ_r . Скорость движения пылегазового потока в пылеосадительных камерах должна быть 0,3–0,4 м/с (на практике она достигает 1–2 м/с).

При движении запыленных газов в камере турбулентность потока нарушает нормальное седиментационное осаждение, особенно частиц малых размеров, и действительная эффективность очистки газов оказывается существенно ниже рассчитанной по уравнению.

Фракционная эффективность некоторых пылеосадительных камер, например, показанной на рис. 2, в представлена на рис. 4.

Основные достоинства осадительных камер — простота конструкции, низкая стоимость, небольшой расход энергии, возможность улавливания абразивной пыли. Камеры обеспечивают сухое улавливание пыли. Однако камеры, как указывалось, громоздки, эффективность улавливания в них пыли при $d_v < 5$ мкм близка

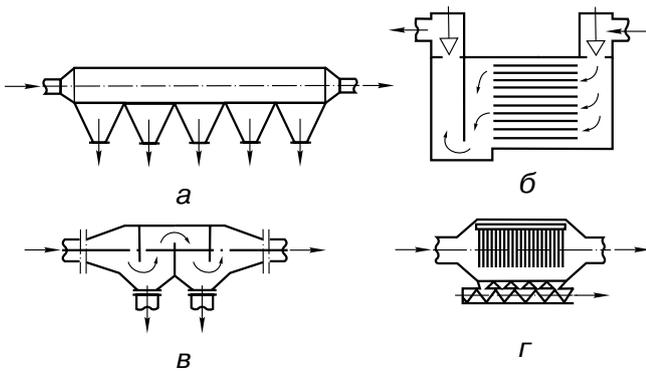


Рис. 1. Горизонтальные пылесадительные камеры: а – простейшая; б – многополочная; в – с перегородками; г – с цепными или проволочными завесами

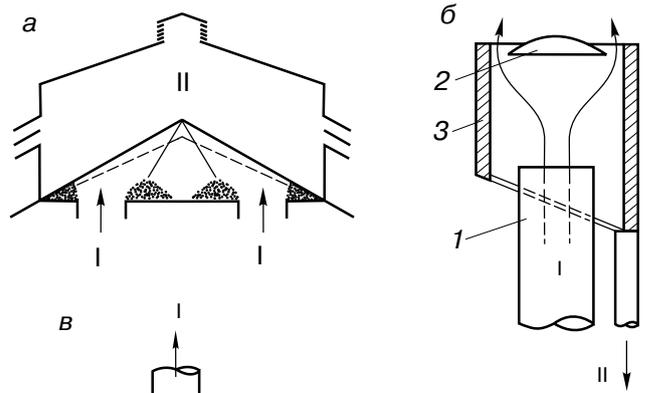


Рис. 2. Вертикальные пылесадительные камеры: а – без отвода пыли; б, в – с отводом пыли; 1 – газоход; 2 – отражательные диски; 3 – огнеупорное покрытие; 4 – отражательные конусы; 5 – наклонная плита; I – газ; II – пыль

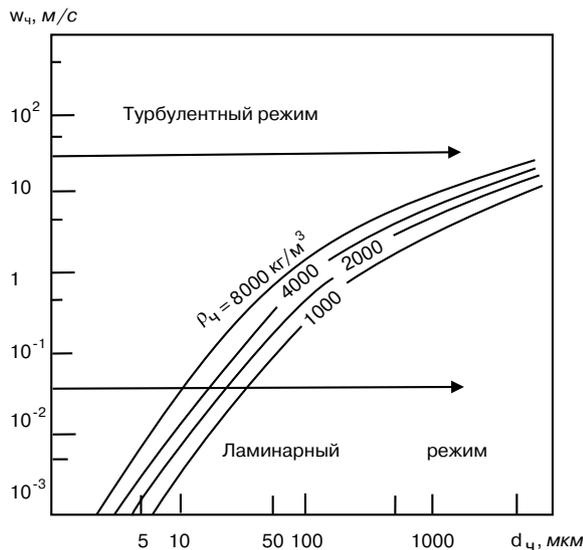


Рис. 3. Зависимость скорости осаждения частиц в воздухе (при 15°С) w_s от их диаметра d_p и плотности ζ

к нулю, пространство между полками быстро забивается пылью и трудно очищается. Но в целом применение пылесадительных камер обеспечивает повышение общей эффективности очистки и увеличение срока службы основных пылеуловителей.

Ключевые слова: пылесадительные камеры, скорость осаждения, коэффициент сопротивления, фракционная активность.

Список литературы

1. Очистка газов: Справочное издание / В.С. Швыдкий, М.Г. Ладыгичев. М.: Теплоэнергетик, 2002. 640 с.
2. Горемыкин В.А., Красовицкий Ю.В., Панов С.Ю., Логинов А.В. Энергосберегающее пылеулавливание при производстве керамических пигментов по сухому способу. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2001. 296 с.
3. Панов С.Ю., Аль-Кудех М.К., Архангельская Е.В., Красовицкий Ю.В., Горемыкин В.А. Разработка фильтров непрерывного действия // Химич. и нефтегаз. машиностр. 2000. № 12. С. 42–45.
4. Газоочистное оборудование: Каталог / ЦИНТИ Химнефтемаш. М., 1981. 72 с.
5. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю. Очистка газов мокрыми фильтрами. М.: Химия, 1972. 248 с.
6. Каталог газоочистного оборудования: Методологическое пособие / Под ред. А.Ю. Вальдберга. Центр

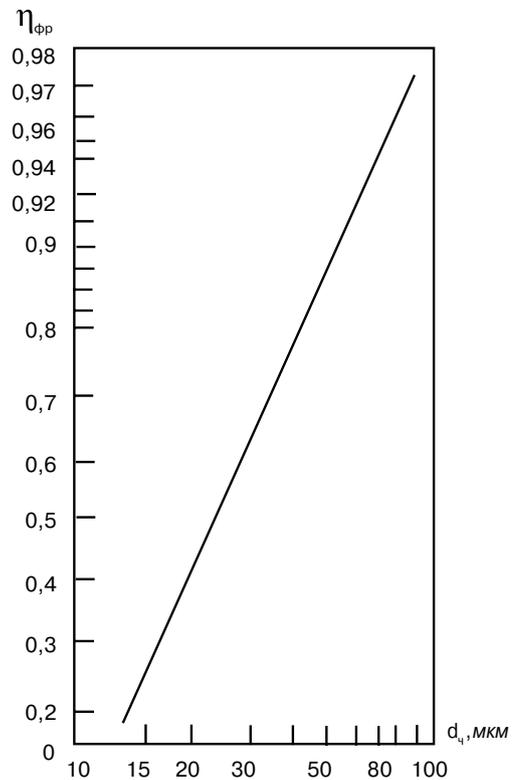


Рис. 4. Зависимость фракционной эффективности $\eta_{фр}$ от диаметра частиц d_p (при $d_p = 2100 \text{ кг/м}^3$)

7. Krasovickiju J.V., Krasovickaja K.A., Karneeva N.Iu. Aerosolfilterausporosen Metallnund Polymermembranntn. Kurzreferate 20. Diskmisionstagung «Mechanische Flussigkeitsabtrennung», 1983. Magdeburg. DDR. P. 14–15.
8. Каталог завершенных и перспективных разработок. НИПИОТСТРОМ Минстройматериалов СССР. Новороссийск, 1987. 64 с.
9. Идельчик И.Е. Аэрогидродинамика технологических аппаратов. М.: Машиностроение, 1983, 352 с.
10. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1975. 559 с.

УДК 691.168

Ю.Э. ВАСИЛЬЕВ, канд. техн. наук, А.В. ЛИБЕНКО, д-р техн. наук, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ); М.Н. АЛЕХИНА, инженер (m-alekhina@yandex.ru), Н.В. МОТИН, канд. техн. наук, ООО «Научно-исследовательский институт природных газов и газовых технологий» (Москва)

Управление процессами грохочения сыпучих компонентов асфальтобетонной смеси

Грохоты, используемые на предприятиях строительной индустрии, рассматриваются в большинстве случаев как обособленно действующие устройства классификации дробленого материала. Однако потенциальные возможности процесса грохочения проявляются наиболее отчетливо, если анализировать грохот в качестве элемента неразрывной технологической цепи дробление—классификация, решая задачу повышения его технико-экономических показателей за счет управления процессом классификации фракционируемого материала.

Результаты экспериментальных исследований горизонтального виброгрохота с применением мотор-вибраторов в качестве привода представлены на рис. 1. Три амплитуды колебаний с эллиптической траекторией (размер большой оси эллипса 4; 3,5 и 2,5 мм; соотношение полуосей соответственно 1:6; 1:3 и 1:3) и четыре амплитуды прямолинейных колебаний (4,6; 4; 3,5 и 2,5 мм) получены за счет регулирования положения дебалансов. Использовались три рабочие поверхности с размерами отверстий 40×40, 20×20 и 10×10 мм. Исходным материалом был гранитный щебень с содержанием 40% верхнего класса и 35% зерен размером меньше половины размера отверстий. Критериями оценки служили эффективность E грохочения и максимальная производительность Q по исходному материалу, при которой обеспечивались качественные показатели процесса.

Анализ кривых, полученных на рассеивающих поверхностях с отверстиями 40×40 мм (рис. 1, а), показывает, что в этом случае наибольшие эффективность грохочения и производительность обеспечиваются на режиме с амплитудой 4,6 мм и прямолинейной траекторией колебаний. Стабильное качество продуктов обеспечивается до производительности 120–130 т/ч.

Снижение амплитуды колебаний до 3,5 мм, то есть на 1,1 мм, значительно ухудшает технологические показатели процесса. Транспортирующая способность грохота при нагрузке, превышающей 45–50 т/ч, становится низкой вне зависимости от траектории колебаний, и материал постепенно накапливается на сите грохота.

При работе грохота с амплитудой колебаний 4 мм повышение нагрузки до 80–85 т/ч как в случае прямолинейной, так и при эллиптической траектории колебаний не вызывает заметного снижения качества продуктов. В случае прямолинейной траектории колебаний материал более равномерно распределяется по ситам.

Таким образом, по технологическим показателям наиболее оптимальным является режим с прямолинейной траекторией и амплитудой колебаний 4,6 мм.

При грохочении материала на сите с отверстиями 40×40 мм качественные показатели отсева в случае колебаний с амплитудой 2,5 мм неудовлетворительны, а при амплитуде колебаний 3,5 мм на 1–3% выше, чем при амплитуде 4 мм. Очевидно, вследствие более длительного пребывания материала на сите эффективность процесса повышается, но вместе с тем значение максимальной производительности снижается с 80–85 т/ч

при амплитуде колебаний 4 мм до 60–70 т/ч при амплитуде 3,5 мм.

Удельные показатели процесса грохочения на сите с отверстиями 20×20 мм оказались значительно более высокими, чем при грохочении на сите с отверстиями 40×40 мм.

Эффективность процесса грохочения на сите с отверстиями 10×10 мм еще более повышается. При колебаниях короба грохота с амплитудой 2,5 и 3,5 мм высокие технологические показатели обеспечиваются до производительности 55 и 65 т/ч (рис. 1, в), что соответствует нормированной удельной нагрузке для такого размера отверстий просеивающей поверхности (23 м³/ч на 1 м² площади сита).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что характер зависимостей $E = f(Q)$ при отсеивании на ситах с отверстиями различных диаметров на всех режимах одинаков, имея ярко выраженный максимум.

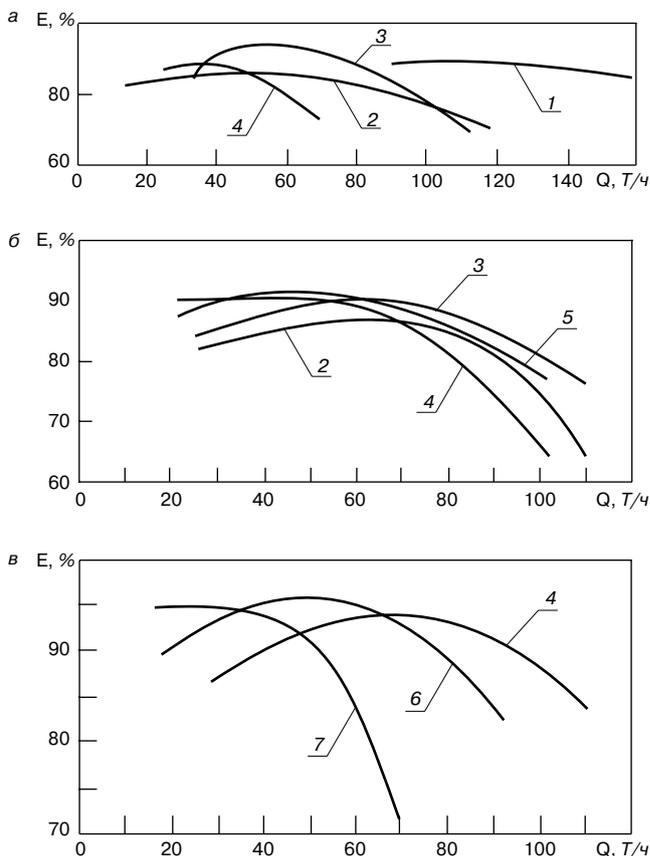


Рис. 1. Зависимость эффективности грохочения от производительности на сите с отверстиями: а – 40×40 мм; б – 20×20 мм; в – 10×10 мм; 1, 3, 5, 7 – прямолинейная траектория колебаний, амплитуды соответственно равны 4,6; 4; 3,5; 2,5 мм; 2, 4, 6 – эллиптическая траектория, амплитуды соответственно равны 4; 3,5; 2,5 мм

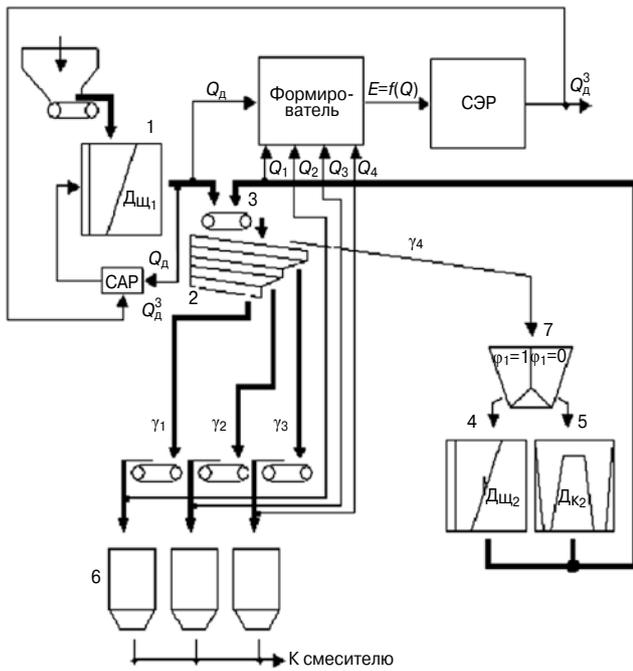


Рис. 2. Структурная схема комплексной системы автоматизации дробильно-сортировочной установки: 1 (Дщ₁), 4 (Дщ₂) – щековые дробилки; 2 – грохот; 3 – ленточный питатель; 5 (Дк₂) – конусная дробилка; 6 – накопительные бункеры отдельных фракций щебня; 7 – распределительный бункер с коэффициентом перемещения заслонки φ; φ₁ – коэффициент перемещения заслонки; Q_д – производительности дробилки; Q_д^з – заданная производительность дробилки; Q₁, Q₂, Q₃, Q₄ – производительности транспортеров отдельных фракций щебня; γ₁, γ₂, γ₃ – процентное содержание фракций в рецепте; γ₄ – процентное содержание сверхмерного щебня; САР – система автоматического регулирования, СЭР – система экстремального регулирования; E – эффективность грохочения

Последние обстоятельства позволяют предложить для управления процессом по минимуму эффективности грохочения E систему экстремального регулирования (СЭР).

Функции системы порождают ее структуру и должны быть ей адекватны. Система управления процессом дробления и сортировки является комплексной и вклю-

чает в себя два взаимосвязанных подконтура локального управления дробилкой и грохотом.

Грохот обладает экстремальной статической характеристикой, которая смещается с изменением расхода дробленого материала, поступающего из разгрузочного отверстия дробилки (РОД). Использование СЭР для поиска максимума статической характеристики предполагает соблюдение ряда технических требований к характеру изменения производительности Q материального потока. Качество оптимизации процесса сортировки независимо от типа используемой СЭР определяется потерями на поиск в регулярном режиме и числом ложных переключений на конечном интервале наблюдений $t = x/\sigma$, где шаг квантования обуславливается допустимой динамической ошибкой системы, а среднеквадратическое отклонение – характеристиками расхода Q. Управление объектом (грохотом) с помощью экстремальной системы будет представлять собой непрерывный процесс поиска максимума координат статической характеристики в виде пробного изменения настроек, анализа результатов измерений и определения направления к экстремуму. В соответствии с этим набором функций разрабатывается структура СЭР.

Стабилизация значений Q и его статистических параметров должна осуществляться системой регулирования процесса дробления, придавая ему свойства, обеспечивающие работу СЭР без сбояв.

Таким образом, достаточно общая структура комплексной системы автоматизации дробильно-сортировочной установки будет иметь вид (рис. 2).

Первый контур системы должен обеспечить стабилизацию производительности дробилки Q_д, включая в себя измеритель текущего значения Q_д^{тек}, сравнение этого значения с заданием Q_д^з и воздействие в соответствии со знаком ошибки Δ на регулирующий орган с целью изменения параметра управления Q_{вх}.

Второй контур системы в соответствии со сформированной экстремальной статической характеристикой грохота (блок формирования БФ) осуществляет поиск ее экстремума системой экстремального регулирования СЭР.

Вариант автоматизации дробилки первичного дробления должен обеспечить минимизацию дисперсии потока дробленого материала, поступающего на сортиров-

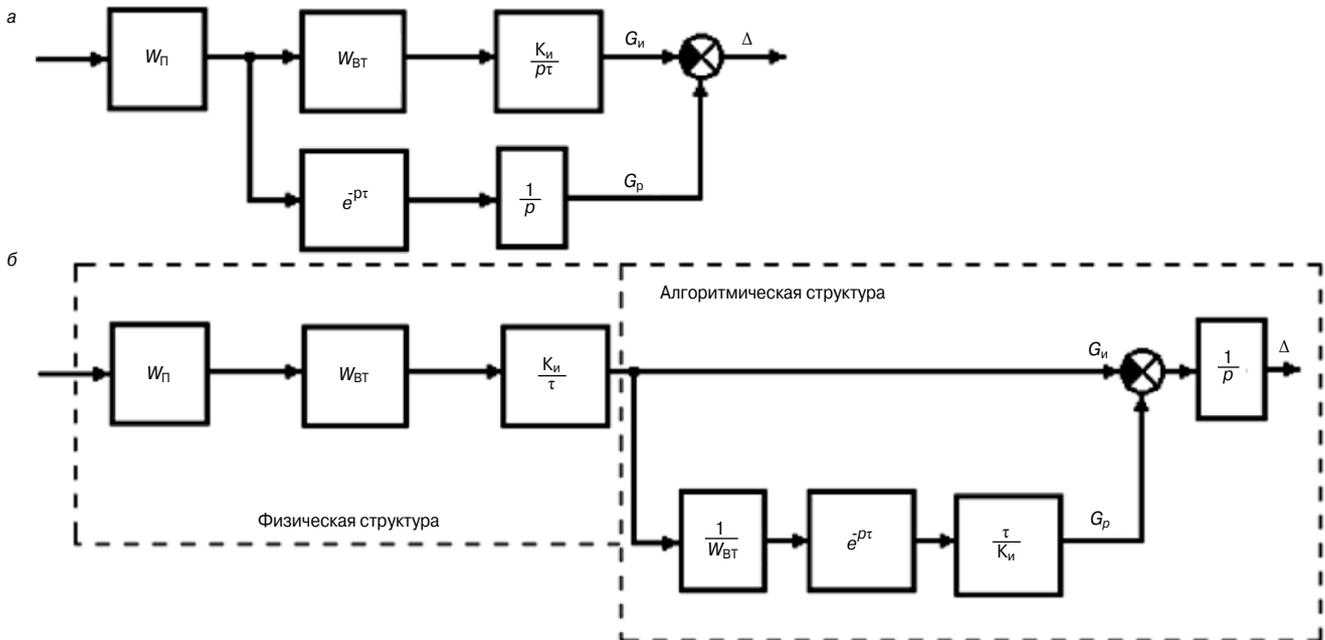


Рис. 3. Модель измерителя расхода с разомкнутой системой измерений: а – исходная структура; б – преобразованная структура; W_п, W_{вт} – передаточные функции питателя и весового транспортера; K_и – коэффициент усиления измерительного элемента; G_и – измеренная масса материала; G_р – реально прошедшая масса материала через транспортер; ρ – оператор Лапласа; τ – сдвиг времени; e^{ρτ} – экспонента; Δ – суммарная погрешность

ку. Техническая реализация подобной структуры опирается на анализ свойств отдельных технических элементов системы: щековой дробилки первичного дробления, транспортирующих, распределительных и измерительных устройств расхода, грохотов.

Результаты ряда исследований показали, что способ поддержания заданного значения производительности дробилки при переменном составе горной массы, путем изменения величины разгрузочной щели является наиболее эффективным.

Этот вывод подтверждается и опытами Б.Н. Дубровина на дробилке 225×325 мм, в которых доказано, что в пределах $0,6S_{max} < S < S_{max}$ ее производительность прямо пропорциональна ширине разгрузочной щели. В опытах В.А. Баумана, проводившихся на дробилке 250×400 мм, прямо пропорциональная зависимость между производительностью и шириной щели подтвердилась при $S < 0,6S_{max}$, то есть в рабочем диапазоне возможных значений S .

При формировании системы регулирования расхода дробилки в качестве измерителя расхода используются, как правило, ленточные весовые транспортеры с плоскопараллельной подвеской. Нагрузка от массы материала на ленте транспортера передается к датчику традиционной рычажной системой. Динамические свойства системы регулирования будут при этом неудовлетворительны из-за большого времени установления переходных процессов. Можно предложить принципиально иную схему измерения расхода, представляющую собой две параллельные ветви (рис. 3), первая из которых соответствует реальной измерительной цепи дробилки в виде весового транспортера «жесткой» подвески, а вторая – технологической части, интегрирующей производительность дробилки со сдвигом времени попадания материала из дробилки к следующим за ней в техно-

гической цепи агрегатам. Измеренная $G_{из}$ и реально прошедшая через транспортер $G_{ссып}$ массы материала сравниваются между собой, а интегрирование их разностей дает суммарную погрешность за время измерений.

Модель (рис. 3) позволяет спроектировать систему измерения массы, обладающую высокими метрологическими характеристиками за счет вычитания из измеренного значения $G_{из}$ ошибки $\Delta(t): G_{из}(t) - \Delta(t)$. Умножение текущего значения массы на скорость движения ленты дает истинное значение расхода дробилки в данный момент времени. Получен идеальный безинерционный измеритель расхода, который может быть использован в комплексной системе регулирования производительности щековой дробилки первичного дробления и грохота.

Таким образом, рассмотрение грохота в качестве элемента неразрывной технологической цепи дробления – классификация позволяет решить задачу повышения ее технико-экономических показателей за счет оптимизации работы грохота по критерию эффективности E , что предполагает выдерживание его экстремального значения при определенном значении расхода щебня, поступающего из разгрузочного отверстия дробилки. Предложенная оптимальная технологическая схема и система автоматического регулирования процессами дробления-сортировки обеспечивает максимальную эффективность непрерывного процесса получения фракционированного щебня.

Ключевые слова: грохот, дробление, фракция, щебень.

Литература

1. Бауман В.А., Клушанцев Б.В., Мартынов В.Д. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. М.: Машиностроение, 1975. 351 с.

IV Международная конференция

НАНОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧНОГО И ДОЛГОВЕЧНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

23–27 марта 2012 г.

Каир, Египет

Организаторы конференции:

Египетско-русский университет (ERU), Национальный исследовательский центр жилья и строительства (HBRC), Ижевский государственный технический университет



Egyptian Russian University
الجامعة المصرية الروسية



Соорганизаторы:

Томский политехнический университет, Омский государственный технический университет, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Московский государственный строительный университет, Российский университет дружбы народов, ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова

Тематика конференции:

- Нанокompозиты в строительных материалах
- Нанотехнологии в строительстве
- Защита от пожара с помощью наночастиц
- Нанотехнологии в кондиционировании воздуха
- Наноструктурирующие материалы в архитектуре
- Производство лакокрасочных материалов с нанодобавками
- Нанотехнологии в стеклах и керамике
- Нанотехнологии для энергоэффективности в зданиях
- Моделирование нанокompозитов
- Модификация минеральных вяжущих наносистемами

В дни проведения конференции будет работать выставка нанопродуктов, нанооборудования и других специализированных изделий.

Информационная поддержка – журнал «Строительные материалы»®



Сайт конференции: http://inter.istu.ru/russian/nano_r.html

Контактная информация в Египте:

Профессор Шериф Солиман
Египетско-русский университет
Cairo High Road, Bard City-Suez
E-mail: president@eruegypt.com

Тел.: +20 (02) 28643349, (02) 28643341 Факс: +20 (02) 28643332

Контактная информация в России:

Профессор Григорий Иванович Яковлев
Ижевский государственный технический университет
426069 Ижевск, ул. Студенческая, д. 7
E-mail: gyakov@istu.ru

Тел.: +7(3412) 59 33 07 Факс: +7(3412) 59 25 55

УДК 622

А.А. ГРАБСКИЙ, канд. техн. наук, Московский государственный горный университет

Перспективы развития технологии горных работ карьерными комбайнами нового технического уровня

Создание горных машин для разработки месторождений строительных материалов, угля, железа и алмазо-содержащих руд, их добычи и переработки соответствует перечню критических технологий Российской Федерации (РФ), утвержденным Указом Президента РФ от 07.07.2011 г. № 899 п. 20 «Технологии поиска, разведки, разработки месторождений полезных ископаемых и их добычи», как приоритетное направление развития науки, технологии и техники РФ в целях модернизации и технологического развития российской экономики и повышения ее конкурентоспособности.

Кроме того, создание и внедрение на открытых разработках машин нового поколения, обеспечивающих замену традиционной технологии с применением буровзрывных работ при разработке скальных и полускальных пород на безвзрывную, является прогрессивным направлением в совершенствовании выемочно-погрузочных работ [1, 2].

Широкое развитие открытого способа добычи полезных ископаемых и строительных материалов сопровождается созданием и внедрением в производство карьерных комбайнов. Карьерные комбайны помимо высокой мобильности и селективной отработки забоев обеспечивают высокий уровень поточности горного производства в сочетании с автоматизацией выемочных, погрузочных и транспортных операций с использованием дистанционного управления [3].

Горные машины с новым оборудованием высокого технического уровня созданы обеспечивать эффективность ведения горных работ безвзрывным способом на породах крепостью от 40–80 МПа [4]. Однако первый опыт эксплуатации карьерных комбайнов с дизель-гидрообъемной силовой установкой показал также их недостаточно высокую производительность при выемке породных пластов различной мощности [5]. Это связано с отсутствием теоретических исследований динамических процессов в системах гидрообъемной силовой установки комбайнов в зависимости от характеристик их технологического нагружения.

Исследование взаимодействия шнеко-фрезерного рабочего органа карьерного комбайна с породой в зоне фрикционного контакта приобретает особое значение, так как без учета его результатов невозможна правильная эксплуатация и модернизация уже созданных конструкций зарубежной техники.

В технической литературе имеются многочисленные сведения о результатах экспериментальных исследований [6] и опытно-промышленных изысканий по оценке производительности фрезерных комбайнов. Однако, как правило, предлагаемые методы расчета производительности не позволяют получить результат, адекватный промышленным данным, особенно для машин с высокими усилиями резания.

Эффективность работы карьерного комбайна со шнекофрезерным рабочим органом зависит от многих взаи-

мосвязанных факторов. Считается, что карьерный комбайн, являясь машиной непрерывного действия, при отработке породного пласта в общем случае имеет техническую производительность в плотном теле, равную:

$$P_T = 3,6 \cdot 10^3 B h W, \text{ м}^3/\text{ч}. \quad (1)$$

Выражение (1) хотя и учитывает некоторые конструктивные (B, h) и косвенно энергетические параметры (W) комбайна, однако практически не позволяет установить величину производительности при различных значениях, например, высоты слоя породы — h , ее прочности — σ , установленной мощности силовой установки комбайна, а также приемов работы машиниста-оператора при фрезеровании слоя породы.

Поскольку различные типы и типоразмеры карьерных комбайнов имеют разные установленные мощности приводов вращения шнекофрезерного органа и хода, предлагается производительность карьерного комбайна P_{Ty} со шнекофрезерным рабочим органом определять на единицу суммарной установленной мощности приводов (вращения и подачи) или, что то же самое:

$$P_{Ty} = \frac{1}{N_W}, \frac{\text{М}^3/\text{с}}{\text{Вт}}, \quad (2)$$

где N_W — суммарная энергоемкость отработки породного пласта, $\text{Нм}/\text{М}^3$.

Что касается эффективного коэффициента трения породы о шнек f_3 , то здесь следует отметить, что для последних лет характерно интенсивное накопление факторов и результатов, относящихся к действию вибрации на различные сложные среды — неоднородные твердые тела, включая различные грунты. При этом наибольшее значение для практики эксплуатации карьерного комбайна представляет случай, когда под воздействием вибрации в электрогидромеханической системе привода вращения шнекофрезерного органа ее поведение резко изменяется. В свое время, исследуя этот эффект, академик П.А. Ребиндер предложил называть его виброреологическим. В работе [7] виброреология определена как область механики, в которой изучается изменение под влиянием вибрации реологических свойств тел по отношению к воздействию медленных сил, в то время как «истинные» физические свойства остаются неизменными. Характерной чертой виброреологических констант (модулей упругости, коэффициентов сухого трения, вязкости и т. п.) является их существенная зависимость от вибрации. Следует отметить, что такую характеристику, как эффективный коэффициент сухого трения:

$$f_3 = \frac{f}{\sqrt{1 + \frac{v_{\text{отн}}^2}{v_H^2}}}, \quad (3)$$

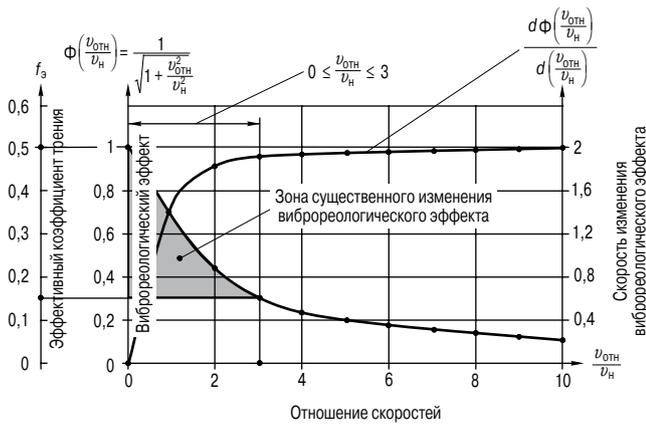


Рис. 1. Зависимость относительного снижения эффективного коэффициента величины отношения скоростей $v_{отн}/v_n$

который существенно зависит от параметров колебаний шнека в плоскости его вращения ($v_n, v_{отн}$ — мгновенных скоростей нормальных колебаний и скольжения породы относительно витка шнека в зоне его контакта с породой), как виброреологическое понятие, впервые введенное в работе [8], нельзя отождествлять с истинным коэффициентом трения Амонтона—Кулона — f .

Зависимость относительного снижения эффективного коэффициента трения от величины отношения скоростей $v_{отн}/v_n$, анализ которого выполнен в работе [9], показывает, что можно выделить зону существенного изменения виброреологического эффекта, характеризующуюся снижением эффективного коэффициента трения на 68% (с 0,55 до 0,16) в диапазоне отношения скоростей $0 \leq v_{отн}/v_n \leq 3$ (рис. 1). Постоянство отношения $v_{отн}/v_n = 3$, соответствующее величине эффективного коэффициента трения $f_3 = 0,16$, практически может быть достигнуто либо высокой величиной амплитуды вынужденных поперечных колебаний $a = a_{max}$ с низкой частотой $\omega_n = \omega_{n \min}$, либо малой величиной амплитуды вынужденных поперечных колебаний $a = a_{min}$ с высокой частотой колебаний $\omega_n = \omega_{n \max}$.

Далее приняв, что $\eta_{ш} = \eta_x = 0,85$ в работе [10] нами аналитически были получены уравнения для вычисления технической удельной производительности, имеющие вид:

$$\left\{ \begin{aligned} & P_{Ty} = \frac{1}{\sigma \cdot \eta_{ш}} \cdot \frac{\Phi_0}{\left[1 + f_3 \left(\Psi + 2zk_{\sigma} \Phi_0 / \cos \frac{\alpha_n}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha \right) \right] + (1 + f_k) \lambda(\Phi_0, \Psi) \theta}; \\ & f_3 = f \left[1 + \frac{v_{отн}^2}{v_n^2} \right]^{-0,5}, \quad 0 \leq \frac{v_{отн}}{v_n} \leq 3; \\ & \lambda(\Phi_0, \Psi) = \cos \frac{2}{3} \Phi_0 - \Psi \sin \frac{2}{3} \Phi_0; \\ & \Phi_0 = \operatorname{ArcCos}(1 - 2h/D), \quad 0,08 \leq h \leq 0,72, \quad \frac{M^3}{Bt}. \end{aligned} \right. \quad (4)$$

Результаты моделирования удельной технической производительности (системы уравнений 4) для карьерного комбайна MTS-250 фирмы MAN TAKRAF ($D = 1,6$ м) в зависимости от высоты фрезеруемого слоя h для прочности породы $\sigma_{min} = 10$ МПа и $\sigma_{max} = 50$ МПа (фосфоритовое Джерой-Сардаринское месторождение, Республика Узбекистан, см. рис. 2); при различных значениях эффективного коэффициента трения f_3 породы о шнек приведены на рис. 3.

Анализ выполненных аналитических исследований и моделирование системы уравнений (4), приведенное на рис. 3, показывает, что величина удельной технической производительности карьерного комбайна при за-



Рис. 2. Карьерный комбайн MTS-250 фирмы MAN TAKRAF (Джерой-Сардаринское месторождение фосфоритов, Республика Узбекистан)

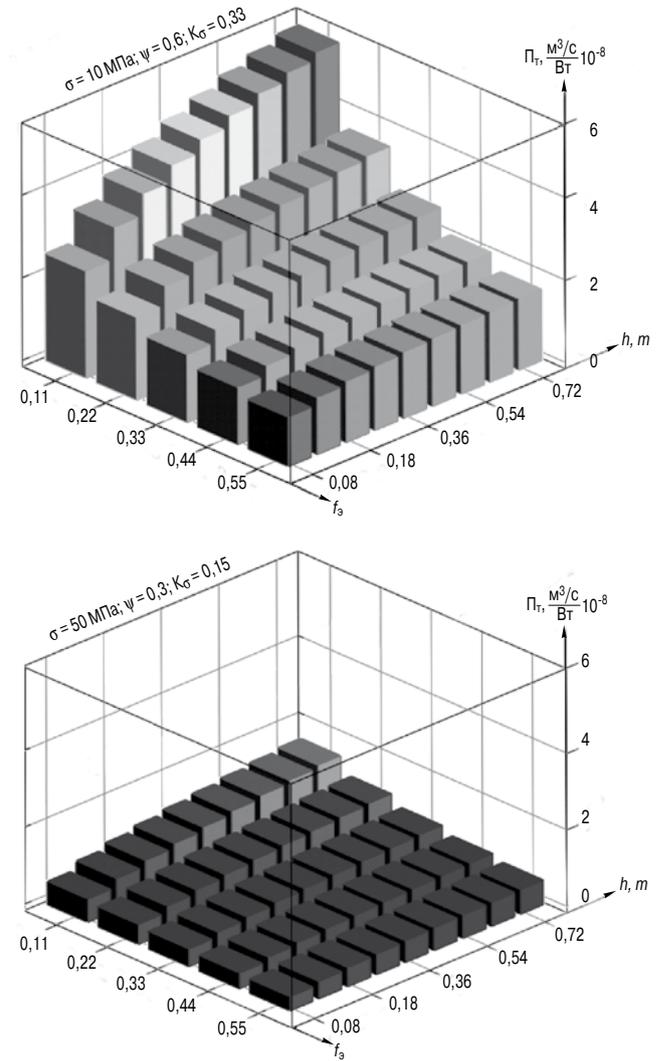


Рис. 3. Результаты моделирования удельной технической производительности для карьерного комбайна MTS-250 фирмы MAN TAKRAF ($D=1,6$ м) в зависимости от высоты фрезеруемого слоя — h ; прочности породы — σ ; эффективного коэффициента трения — f_3 .

данных конструктивных (W, D) и энергетических ($N_{ш}, N_x, \eta_x, \eta_{ш}$) параметрах нелинейно зависит не только от технологических ($\sigma, \Phi_0(h), \Psi, \lambda(\Phi_0, \Psi)$), но и от виброреологических ($v_{отн}/v_n, f_3$) параметров, а также от приемов работы машиниста-оператора при фрезеровании слоя породы — θ .

Причем для связанных пластичных пород ($\sigma = 10$ МПа; $\psi = 0,6; k_{\sigma} = 0,33$) при уменьшении эффективного ко-

коэффициента трения f_3 с 0,55 до 0,11 удельная техническая производительность увеличивается в 2,15 раза при высоте фрезеруемого слоя породы $h = 0,08$ м и в 3,2 раза при высоте фрезеруемого слоя породы $h = 0,72$ м; для крепких хрупких пород ($\sigma = 50$ МПа; $\psi = 0,3$; $k_\sigma = 0,15$) при уменьшении эффективного коэффициента трения f_3 с 0,55 до 0,11 удельная техническая производительность увеличивается в 1,6 раза при высоте фрезеруемого слоя породы $h = 0,08$ м и в 2,4 раза при высоте фрезеруемого слоя породы $h = 0,72$ м.

Таким образом, актуализируется задача разработки принципиальной схемы импульсного привода вращения шнекофрезерного органа с оперативным регулированием частоты и амплитуды импульса движущего момента. При одной и той же установленной мощности силовой установки карьерного комбайна импульсный привод позволит: осуществлять выемку слоя породы с более высокой прочностью или существенно увеличить ресурс элементов гидропривода рабочего органа без снижения его производительности за счет снижения эффективного коэффициента трения.

Ключевые слова: карьерный комбайн, шнекофрезерный рабочий орган, виброреологический эффект, удельная техническая производительность, высота фрезеруемого слоя, прочность породы.

Список литературы

1. Супрун В.И. и др. Перспективная техника и технология для производства открытых горных работ. М.: 1996, 222 с.
2. Штейнцвайг Р.М. Фрезерные комбайны – эффективное оборудование для открытой разработки скальных пород. Мировая горная промышленность 2004–2005: история достижения, перспективы. М.: НТЦ «Горное дело», 2005. С. 296–318.
3. Грабский А.А. Современное состояние и перспективы развития конструкций карьерных комбайнов // Горная промышленность. 2010. № 4(92). С. 60–62.
4. Кензиоров В.В. Майнеры. Вопросы целесообразности применения // Основные средства. 2008. № 2. С. 56–59.
5. Кучерский Н.И., Толстов Е.А., Мазуркевич А.П. и др. Технология разработки Джерой-Сардаринского месторождения фосфоритов открытым способом // Горный журнал. 2001. № 9, С. 17–20.
6. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Б., Мельников Н.Н. и др. Открытые горные работы: Справочник. М.: Горное бюро, 1994, 590 с.
7. Блехман И.И. Метод прямого разделения движений в задачах о действии вибрации на нелинейные механические системы // Известия АН СССР. Серия «Механика твердого тела». 1976. № 6. С. 13–27.
8. Блехман И.И., Моласян С.А. Об эффективных коэффициентах трения при взаимодействии упругого тела с вибрирующей поверхностью // Известия АН СССР. Серия «Механика твердого тела». 1970. № 4. С. 4–10.
9. Подэрни Р.Ю., Грабский А.А., Кузиев Д.А. Влияние эффективного коэффициента трения породы о шнек на техническую производительность карьерного комбайна с шнекофрезерным рабочим органом. Горный информационно-аналитический бюллетень. Вып. 7. М.: МГГУ, 2007. С. 5–10.
10. Кантович Л.И., Грабский А.А. Влияние конструктивных, технологических и виброреологических параметров на производительность карьерного комбайна со шнекофрезерным рабочим органом // Горное оборудование и электромеханика. 2009. № 1. С. 5–11.



**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 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

Б.Р. РАКИШЕВ, д-р техн. наук, академик НАН РК,
А.Н. ДАУРЕНБЕКОВА, канд. техн. наук (akmaral_dn@mail.ru),
Казахский национальный технический университет им. К.И. Саптаева

Добыча блоков декоративного камня на карьерах Казахстана

За последние 70 лет мировое производство природного камня увеличилось почти в 25 раз. В течение последних двадцати лет ежегодный прирост производства и потребления камня в среднем составлял 7,4%.

В настоящее время во многих развитых странах наблюдается настоящий всплеск использования гранита в народном хозяйстве. Его потребление давно превысило 500 млн м², а обороты составляют десятки миллиардов долларов. Более 70% от общего потребления изделий из природного камня в мире приходится на строительную индустрию. Промышленная добыча натурального камня ведется в большинстве стран мира.

Республика Казахстан располагает крупными запасами прочных горных пород, пригодных для производства облицовочных и промышленных изделий. Значительные запасы этих пород в Восточном, Центральном и Южном Казахстане представлены гранитами разнообразного состава и различных расцветок. К ним относятся разрабатываемые амазонитовые граниты месторождения Майкуль, красные граниты Курдайского и Акбакайского месторождений, гранодиориты месторождения Кайракты, граниты месторождений Курты, Арасан-Капал, Алатагыл, Желтау и др.

На территории республики выявлены сотни месторождений и проявлений мрамора, гранита, известняка и других горных пород с разнообразными декоративными и эксплуатационными свойствами. По неполным данным к настоящему времени детально разведано более 20 крупных месторождений с суммарными балансовыми запасами свыше 25 млн м³, представленные породами магматического, осадочного и метаморфического происхождения.

Большая часть месторождений изверженных и метаморфических пород расположена в южном и юго-восточном регионах Казахстана и связана со структурами Джунгаро-Балхашской и Чингиз-Тарбагатайской складчатых систем на периферии Казахстанского щита. В наибольшей степени изучены и освоены месторождения гранитоидов Жамбылской и Алматинской областей, где они, как правило, приурочены к позднепалеозойскому Балхашско-Илийскому интрузивному поясу. Эти месторождения расположены в благоприятных географо-экономических условиях.

В Алматинской области освоено Куртинское (Курты) месторождение мелкозернистых гранитов светло-коричневого и коричнево-бежевого (шоколадного) оттенков. В Жамбылской области можно выделить как перспективные для освоения Курдайское месторождение высокодекоративных красных среднезернистых гранитов, а также ряд месторождений широкой цветовой гаммы: темно-серых однородных гранитов с зеленоватым оттенком Акбакайское (848 тыс. м³), Жельтауское Жельтауского массива, розовых, розово-красных и желтых гранитов участков «Жельтау 1, 2, 3, 4, 5, 6», серо-розоватых гранитов участка «Надежда», серовато-розово-бежевых порфиридных гранитов Жалгызское

(Жалгыз), месторождение желтовато-коричневых и розовато-кремовых гранитов Тектурмасское в Карагандинской области.

Месторождение оливиновых габбро Кызылтас представлено в основном в виде элювиальных глыбовых развалов. В Талды-Курганской области разведаны и осваиваются месторождения туфов – Сары-Булакское, Архарлинское, Кызбулакское.

Мраморы и мраморизованные известняки распространены в юго-восточном, восточном и частично в центральном регионах. В Жамбылской области ряд месторождений цветных мраморов и мраморизованных известняков приурочен к девонским карбонатным формациям Джунгаро-Балхашской складчатой системы. Это месторождения мраморов Каратауское, Тешиктасское, Насынкольское, Акбастау-Кызылсайское, Молодежное и др. Мрамор нескольких месторождений, разведанных в Талды-Курганской области, характеризуется ахроматической гаммой расцветок: от серо-белых (Экпендинское) до темно-серых (Ашибулак).

В декоративном отношении большой интерес представляют Веселовское месторождение ярко-красных мраморов, Новотаубинское месторождение мраморизованных известняков в Восточно-Казахстанской области. Они имеют пестроцветные разновидности коричневатого-розовато-серых и зеленовато-серых оттенков. Таскольское месторождение цветных мраморизованных известняков в Акмолинской области имеет широкую гамму цветовых розово-бежевых оттенков. В Карагандинской области разрабатывается месторождение белых и голубовато-белых мраморов Саякское. В Костанайской области в эксплуатации находится месторождение белых и серо-белых мраморов Комаровское.

Технология добычи облицовочного камня принципиально отличается от технологии разработки месторождений традиционных твердых полезных ископаемых. Здесь необходимо в максимальной степени сохранить естественную монолитность и целостность извлекаемых блоков. По этой причине технология добычных работ должна быть шадающей по всей технологической цепочке, от извлечения блоков из массива до их складирования, ибо повреждения или снижение прочности блока нельзя устранить никакой последующей обработкой [1].

Технология добычи блоков камня представляет собой комплекс основных производственных процессов, включающий подготовку горных пород к выемке, выемочно-погрузочные работы, транспортирование и складирование продукции. Основным технологическим процессом является подготовка полезного ископаемого к выемке, которая осуществляется с применением различных способов направленного разрушения горных пород, обеспечивающих концентрацию критических напряжений строго в требуемых плоскостях раскола камня. Выбор способа подготовки массива к вы-



▲ Рис. 1. Подготовка гранитных блоков на карьере Куртинского месторождения (фото ТОО «Курты»)



► Рис. 2. Добыча гранитных блоков на карьерах Куртинского месторождения (фото ТОО «Курты»)

емке в значительной мере зависит от физико-механических, физико-технических свойств пород массива и имеющихся в распоряжении технических средств. Способы подготовки должны обеспечивать сохранность физико-механических свойств и декоративных качеств добываемых блоков, а также получение блоков камня определенных размеров и формы, соответствующих стандартам.

Например, на карьере Куртинского месторождения применяется строчечное бурение шпуров и буроклиновой способ отделения блоков от массива. Предприятию принадлежит участок гранитного массива площадью около 1000 га, на котором детально разведаны три месторождения гранитов с утвержденными запасами более 5 млн м³. Карьеры расположены в Алматинской области (125 км от Алматы).

Добычные работы в карьере (рис. 1) осуществляются по следующей технологии: сначала от массива отделяется монолит, затем производится его разделка на блоки требуемых размеров, далее отгрузка и транспортировка.

Процесс отделения блоков из массива производится по двустадийной схеме с целью снижения удельных объемов бурения и резания щелей на 1 м³ добытого блока. Крупный блок (монолит) по вертикальным плоскостям обнажается благодаря проходке врубовых щелей, а по горизонтальной плоскости – горизонтальных шпуров, пробуренных по подошве блока. Буровые работы по отделению монолита от массива включают бурение горизонтальных шпуров по подошве с шагом 2,5 м.

Отколотые монолиты отодвигаются от забоя на расстоянии не менее 10 м. Эту операцию выполняет бульдозер Б-10М на базе трактора Т-170. Перемещенные монолиты разделяют на товарные блоки, которые затем транспортируются погрузчиком к площадкам по обработке и хранению готовой продукции. Отходы добычи и верхний слой выветренных трещиноватых пород собираются бульдозером в бурты, отгружаются в автосамосвал и вывозятся во внешний отвал.

После того, как монолит по горизонтальной плоскости оторван и отодвинут от массива, производится его разделка на так называемые «ленты». На рассматриваемом карьере каждая «лента» имеет длину 21 м, ширину 2 м и высоту 1,5 м. Разделка монолита на «ленты» производится гидровзрывным методом. Затем «ленты» разделяются на блоки. Разделку выполняют буроклиновым способом на рабочей площадке уступа. Бурение шпуров производится станками строчного бурения УСБ. Расстояние между шпурами 200 мм, глубина шпура 1200 мм.

При необходимости товарные блоки пасируются для придания им прямоугольной формы. Размеры блоков должны удовлетворять требованиям ГОСТ 9479–84.

Площадь пасировки каждого блока колеблется от 0 до 100%. Пасировка выполняется с использованием клиньев и термоотбойников.

Отгрузка блоков на склад готовой продукции либо напрямую потребителям осуществляются краном ДЭК-251 и фронтальным погрузчиком САТ-988 (рис. 2). Блоки транспортируются автосамосвалами КраЗ-256 грузоподъемностью 12 т.

Основными потребителями сырья являются камнеобрабатывающие предприятия Казахстана и России.

При добыче гранита учитываются пожелания потребителей по размерам и объему блоков для достижения максимальной производительности оборудования и выхода готовой продукции.

По прогнозным оценкам на ближайшие десятилетия, рост потребления гранита, да и природного камня в целом продолжится, и мировая добыча природного камня увеличится более, чем в 4 раза. На казахстанском рынке природного камня также прослеживается устойчивая тенденция роста объемов потребления данного материала. Начало этой тенденции связано с выходом экономики страны из полосы затяжного экономического кризиса. Начиная с 1999 г., потребление природного камня в Казахстане возрастает в среднем на 10–12% в год. Вместе с тем, столь стремительный рост спроса на природный камень отнюдь не означает аналогичных темпов развития в стране его добычи и обработки. В настоящее время более трети внутреннего потребления природного камня обеспечивается за счет импортных поставок. Если не предпринимать срочных мер, то уже через 2–3 года место казахстанских камнеобработчиков на рынке займет импортный производитель, прежде всего, китайский. Выходом из сложившейся ситуации является интенсивное наращивание производственного потенциала казахстанских предприятий по добыче и обработке природного камня. Для этого необходимо строить новые предприятия, переоснащать и реконструировать действующие заводы и карьеры, а главное – повышать эффективность производства как на действующих, так и на строящихся предприятиях.

Ключевые слова: месторождение, декоративный камень, карьер, блок, процессы.

Литература

1. Ракишев Б.Р., Бабин Ю.Н., Шерстюк Б.Ф., Бобович В.С. Техника и технология добычи гранитных блоков. М.: Недра, 1989. 197 с.

Технико-экономические показатели карьера

Наименование показателей	Значение
Годовая производительность по товарному граниту, тыс. м ³ /год	5,9
Годовая производительность по вскрышному слою гранита (продается по цене гранитов III группы), тыс. м ³ /год	4,2
Объем переработанной горной массы, тыс. м ³ /год	10,1
Стоимость товарной продукции, млн тенге	103,3
Себестоимость 1 м ³ товарного гранита, тенге	16,3
Себестоимость 1 м ³ горной массы, тенге	9,5
Рентабельность, %	102
Примечание. Курс тенге по отношению к рублю на 2010 г. составлял 4,94 тенге за 1 р.	

Рязанская область поддерживает производство ячеистого бетона

По итогам заседания членами Совета по инвестициям Рязанской области принято решение одобрить инвестиционный проект строительства завода по производству изделий из ячеистого бетона ООО «ЭКО—Золотой продукт Рязань» с присвоением категории приоритетного и предоставлением налоговых льгот.

Предприятие будет размещено на территории Пронского муниципального района. Объем капитальных вложений составит около 1,3 млрд р. Мощность производства 300 тыс. м³ ячеистого бетона в год.

Ввод завода в эксплуатацию запланирован на 2013 г. Выход на проектную мощность ожидается в 2014 г. Проект ориентирован на ресурсосбережение, так как одним из основных сырьевых компонентов являются зольные отходы Рязанской ГРЭС.

Новое производство позволит создать свыше 150 рабочих мест. В настоящее время совместно с региональным правительством прорабатываются вопросы целевой подготовки специалистов с последующим трудоустройством на предприятие.

По материалам информационного агентства «МедиаРязань»

Реконструкция на заводе «ЕВРОЦЕМЕНТ групп»

В рамках инвестиционного бюджета департамента экономики производства холдинга на заводе «Невьянский цементник» (Свердловская область) ведется установка планетарного редуктора швейцарской фирмы «МАОГ» на цементную мельницу № 2. Общая стоимость проекта, включающая шеф-монтажные работы, составит не менее 90 млн р.

Во время капитального ремонта 2010 г. при участии представителей фирмы-изготовителя был установлен

планетарный редуктор на цементную мельницу № 1. Год стабильной работы нового агрегата позволил согласовать поставку редуктора и на вторую мельницу. В настоящее время ремонтное управление собственными силами осуществляет подготовительную работу.

Параллельно этому проекту после проведения испытаний и пусконаладки запущена система автоматической подачи интенсификатора помола цемента.

По материалам «ЕВРОЦЕМЕНТ групп»

Открытие производства в Серпуховском районе

В октябре 2011 г. на территории Серпуховского района в пос. Большевик (Московская область) состоялось открытие завода по производству плитки, керамогранита и мозаики, принадлежащего турецкой промышленной группе Эдждаджибаши (Eczacıbaşı).

Решающими факторами выбора площадки стали не только ее близость к Москве и развитая инфраструктура,

важную роль также сыграло активное развитие местной экономики и готовность к диалогу с иностранными инвесторами. Единственным инвестором строительства завода выступила промышленная группа Эдждаджибаши, вложившая в проект 27 млн евро. Производственная площадь завода составляет 25 тыс. м², годовая мощность — 3,2 млн м² плитки. По предварительным прогнозам, численность персонала предприятия составит около 200 человек.

По материалам компании «Vitra Россия»

В сентябре цены на строительные материалы выросли

Производство цемента в сентябре 2011 г. увеличилось на 9,8% к уровню сентября 2010 г. и составило 5,9 млн т. За период январь — сентябрь текущего года производство увеличилось на 12,4% к соответствующему периоду прошлого года до 43 млн т. Средняя цена цемента в сентябре текущего года увеличилась на 1%, до 2931 р./т (цена производителя без НДС и доставки), а с начала года — на 32,1%.

Производство товарного бетона после длительного роста в текущем году в конце третьего квартала снизилось на 5,1% до 2,7 млн м³, однако в сравнении с сентябрем 2010 г. выросло на 12,5%. За три квартала текущего года производство увеличилось на 23,2% к соответствующему периоду прошлого года и составило 17,7 млн м³. Среднемесячная цена (цена производителя без НДС и доставки) товарного бетона в сентябре текущего года увеличилась на 2,1% по отношению к августу и составила 3242 р/м³. С начала года увеличилась цена ЖБИ и ЖБ на 19%.

Производство конструкций и деталей сборных железобетонных (ЖБИ и ЖБК) в сентябре 2011 г. увеличилось на 12,5% к уровню сентября 2010 г. и составило 2,2 млн м³; за три квартала текущего года производство увеличилось на 10,7% к соответствующему периоду прошлого года до 16,7 млн м³. Среднемесячная цена железобетонных изделий и конструкций в сентябре 2011 г.

(цена производителя без НДС и доставки) незначительно увеличилась (+0,3%) к августу текущего года до 7641 р./м³. С начала года средняя цена конструкций и деталей сборных железобетонных выросла на 6,8%.

Производство строительного кирпича в сентябре 2011 г. увеличилось на 4,5% к уровню сентября 2010 г. и составило 909 млн шт. усл. кирпича. Однако за период с начала года производство в сентябре текущего года впервые пошло на спад: снижение составило 4,3% от уровня августа. Общий объем производства за три квартала текущего года увеличился на 13,7% к соответствующему периоду 2010 г. до 7019 млн шт. усл. кирпича. Средняя цена строительного кирпича в сентябре 2011 г. снизилась на 0,4% к уровню августа текущего года до 5359 р./тыс. шт. усл. кирпича (цена производителя без НДС и доставки). С начала года средняя цена выросла на 15,8%. Производство нерудных строительных материалов в сентябре 2011 г. увеличилось на 11,7% к уровню сентября 2010 г. и составило 39 млн м³; в январе—сентябре 2011 г. производство увеличилось на 14,8% к соответствующему периоду прошлого года и составило 250,9 млн м³. Средняя цена на нерудные строительные материалы после продолжительного снижения в летний период в сентябре увеличилась на 15,1% к уровню августа до 295 р./м³ (цена производителя без НДС и доставки). С начала года средняя цена на нерудные строительные материалы увеличилась на 31,9%.

По материалам инвестиционной компании «СМПро»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

ЕБРР может профинансировать строительство новой линии Lafarge

Европейский банк реконструкции и развития (ЕБРР) рассматривает возможность финансирования Lafarge Holding Ukraine для строительства и эксплуатации новой линии производства цемента по сухому способу в Западной Украине (около 25 км юго-восточнее Львова). Если проект будет утвержден, предлагаемые производственные мощности заменят существующие линии производства цемента мокрым способом, принадлежащие Николаевскому цементному заводу. В частности, ЕБРР предоставит частичное финансирование в размере до 40 млн евро и кредит на сумму до 170 млн евро, из которых часть будет

обеспечена коммерческими банками. В дальнейшем к софинансированию будут привлечены и другие инвесторы. Длительность проекта три года (2012–2015 гг.). Общая стоимость проекта составляет около 300 млн евро. Новая производственная линия будет работать с низким энергопотреблением, что окажет меньше негативного влияния на окружающую среду по сравнению с мокрым способом производства и обеспечит соблюдение экологических стандартов ЕС. Lafarge Holding Ukraine контролирует 99,6% Николаевского цементного завода карьер расположен недалеко от Львова.

По материалам «РБК-Украина»

ИССЛЕДОВАНИЯ РЫНКОВ

Российский рынок плит OSB

В октябре 2011 г. было проведено исследование российского рынка ориентированно-стружечных плит (OSB). OSB в мире считаются одними из основных конкурентов фанеры. Породы, подходящие для производства фанеры, подходят и для OSB. Ориентированно-стружечные плиты по своим физико-механическим свойствам являются равными или превосходящими фанеру.

Емкость российского рынка плит OSB в 2015 г. составит 2–2,5 млн м³. Из 96 приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов – 5 проектов по производству OSB.

Наиболее ожидаемым является открытие ДОК «Калевала» (Республика Карелия). В 2012 г. должно начаться производство российских OSB еще на двух предприятиях – ООО «Орис» (производственные мощности находятся в Пермском крае), а также на заводе итальянской компании Safwood (Республика Коми).

Совокупный объем производства этих трех предприятий составит около 500 тыс. м³ плит. По состоянию на 2010 г. рынок OSB в России в основном состоял из импортной продукции.

В 2009 г. в Россию было импортировано 0,9 млн м³ OSB общей стоимостью 54 млн USD. За 2010 г. импорт данного рода товаров составил 0,4 млн м³ в натуральном и 100 млн USD в стоимостном выражении.

Импорт OSB в 2010 г. снизился по сравнению с 2009 г. на 56% в количественном выражении и вырос на 86% в денежном. Из России в 2009 г. было экспортировано 0,5 тыс. м³ OSB общей стоимостью 0,2 млн USD. За 2010 г. экспорт составил 48 тыс. м³ в натуральном и 5,7 млн USD в стоимостном выражении.

По данным за 2010 г. среди лидирующих стран, в которые экспортировались OSB, можно выделить Китай и Корею. Суммарная доля объема экспорта из России в эти две страны в стоимостном выражении составила 99% от общего объема экспорта OSB в 2010 г.

Объем производства ДСП в России вырос

В октябре 2011 г. DISCOVERY Research Group провело исследование российского рынка древесных плит и фанеры. Производство древесных плит – один из наиболее динамично развивающихся сегментов деревообрабатывающей промышленности. Динамичное развитие российского рынка древесных плит и фанеры в последние годы связано с ростом спроса со стороны потребляющих производств, в первую очередь строительной отрасли и мебельной промышленности.

Проекты по древесным плитам продолжают быть инвестиционно привлекательными. Всего по России сейчас реализуется 96 приоритетных инвестиционных проектов в области освоения лесов (на 1 мая 2011 г.), из них семь по увеличению производства ДСП.

В 2011 г. рынок древесно-стружечных плит вышел из кризиса, темпы прироста объема рынка ДСП в России снова приобрели положительную динамику и вернулись к докризисным показателям. Лидером России по производству ДСП является Центральный федеральный округ, где производится до 46% всех плит России.

В 2010 г. объем производства ДСП в России вырос на 18% по сравнению с 2009 г. Всего в 2010 г. в России было произведено 5,5 млн м³ ДСП, в 2009 – 4,6 млн м³. В 2010 г. 17% всего производства ДСП приходилось на Московскую область. На втором и третьем местах по производству ДСП находились Костромская и Вологодская области с долями 11% и 10% соответственно от общего объема производства.

В 2009 г. в Россию было импортировано 0,27 млн м³ ДСП общей стоимостью 58 млн USD. За 2010 г. импорт данного товара составил 0,22 млн м³ в натуральном и 65 млн USD в стоимостном выражении. Импорт ДСП в 2010 г. снизился по сравнению с 2009 г. на 17% в количественном выражении и вырос на 11% в денежном.

В 2009 г. из России было экспортировано 0,48 млн м³ ДСП общей стоимостью 94 млн USD. За 2010 г. экспорт данного рода товаров составил 0,54 млн м³ в натуральном и 92 млн USD в стоимостном выражении. Экспорт ДСП в 2010 г. увеличился по сравнению с 2009 г. на 13% в количественном выражении и снизился на 2% в денежном.

По материалам «РБК. Исследования рынков»

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