

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

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

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е. И.

Редакционный совет:
РЕСИН В. И.

(председатель)
БАРИНОВА Л. С.
БУТКЕВИЧ Г. Р.
ВАЙСБЕРГ Л. А.
ВЕРЕЩАГИН В. И.
ГОНЧАРОВ Ю. А.
ГОРИН В. М.
ЖУРАВЛЕВ А. А.
КОЗИНА В. Л.
КРАСОВИЦКИЙ Ю. В.
КРИВЕНКО П. В.
ЛЕСОВИК В. С.
ОРЕШКИН Д. В.
ПИЧУГИН А. П.
ФЕДОСОВ С. В.
ФИЛИППОВ Е. В.
ХЕЛМИ Ш.
ХИХЛУХА Л. В.
ЧЕРНЫШОВ Е. М.
ШЛЕГЕЛЬ И. Ф.
ШТАКЕЛЬБЕРГ Д. И.

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

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

Перепечатка
и воспроизведение статей,
рекламных
и иллюстративных материалов
возможны лишь с письменного
разрешения главного редактора
Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений

Адрес редакции:

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

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

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

Материалы и конструкции

В. Г. ГРАНИК

Преднапряженные конструкции с внутренними анкерами – путь к снижению себестоимости изделий. 4

Рассмотрена инновационная технология напряженных конструкций. Изложены особенности конструкций и их технология. Применение технологии позволит снизить себестоимость изделий по сравнению с аналогичными ненапряженными изделиями на 20–35%, повысить прочность изделий, увеличить огнестойкость, снизить звукопроводность. В Москве по данной технологии выпущено более 3 млн м² плит перекрытий.

А. И. НИЖЕГОРОДОВ

Особенности обжига вермикулитового сырья с высоким содержанием инертного материала в электрических модульно-пусковых печах. 8

В статье рассматриваются особенности обжига вермикулитовых конгломератов с весовым содержанием вермикулита 27–52% в электрических печах, определяются конструктивно-режимные параметры специальных печей.

Экология отрасли

Н. В. МИХАЙЛОВА, А. Ю. ФЕОКТИСТОВ, Л. Г. БЕРНШТЕЙН

Перспективы использования дополнительного топлива из твердых бытовых отходов при производстве цемента. 10

Рассмотрены перспективы использования дополнительного топлива, полученного из твердых бытовых отходов, – так называемого RDF, при производстве цемента в Российской Федерации. Обоснована экологическая и экономическая целесообразность замещения части традиционного топлива топливом RDF на цементных заводах. Рассмотрены общие требования к топливу из твердых бытовых отходов. Приведены результаты собственных исследований, направленных на разработку оптимальной технологии получения топлива RDF из смешанных бытовых отходов. По результатам исследований рекомендован состав и последовательность основных технологических операций получения RDF.

В. В. РУСИНА

Жаростойкие бетоны с использованием техногенного сырья. 12

Установлена возможность создания жаростойких бетонов с использованием гранулированного ваграночного шлака, отвальной золошлаковой смеси, золы-уноса. Изучено влияние различных заполнителей и примесей микрокремнезема на жаростойкость бетонов. Показано, что при использовании жидкого стекла из микрокремнезема разного типа жаростойкий бетон имеет разную остаточную прочность после испытания при T=800°C.

Отрасль в современных экономических условиях

Г. Р. БУТКЕВИЧ

Периодизация развития промышленности нерудных строительных материалов: оценка пройденного пути и взгляд в будущее. 16

Проанализировано состояние промышленности нерудных строительных материалов России за продолжительный период, выявлены основные проблемы отрасли и причины их накопления. Предложен вариант периодизации развития отечественной промышленности начиная с середины XX века. Приведено сравнение прогнозов развития промышленности по нескольким странам.

А. А. РУДЫЧЕВ, Ю. А. ДОРОШЕНКО, Е. Н. ЧИЖОВА

Ценовая политика производителей строительных материалов. 20

Рассмотрены сущность, цели, подходы, этапы и методы формирования ценовой политики производителей строительных материалов. Предлагается многофакторная модель формирования цены.

Результаты научных исследований

А.Г. ПЕРЕХОЖЕНЦЕВ

Моделирование температурно-влажностных процессов в пористых строительных материалах. Ч. 2. Методика расчета характеристик пористой структуры по изотермам капиллярного испарения. 23

Рассматривается предлагаемая методика расчета характеристик пористой структуры капиллярно-пористых строительных материалов.

Ученый-материаловед, харизматическая личность.

К 60-летию Х.-Б. Фишера (Информация) 26

С.Н. ЛЕОНОВИЧ, О.Ю. ЧЕРНЯКЕВИЧ

Прогнозирование долговечности железобетонных конструкций при карбонизации 28

Предложена полная вероятностная модель карбонизации бетона, основанная на известных закономерностях классической теории диффузии, где учитывается связывание углекислого газа, которое зависит от относительной влажности, высушивания и увлажнения бетона, неоднородности бетона. Даны рекомендации по составлению вероятностных моделей основных базисных переменных для условий Беларуси (закон распределения, значения его статистических параметров).

И.Е. СЕСЬКИН, А.С. БАРАНОВ

Влияние суперпластификатора С-3 на формирование прочности прессованного бетона 32

Представлены результаты экспериментальных исследований прочности прессованного бетона с суперпластификатором С-3. Установлено влияние интенсивности прессования и количества суперпластификатора С-3 отдельно на прочность цементного камня, цементно-песчаного раствора и бетона. Выявлено, что совместное действие указанных факторов способствует увеличению прочности исходного цементного камня в два раза, цементно-песчаного раствора в три раза и бетона в 1,5 раза.

А.Н. ПЛУГИН, С.Н. ТОЛМАЧЕВ, А.А. ПЛУГИН, Л.В. ТРИКОЗ

Вымывание противоионов из диффузного слоя как начальный процесс разрушения дорожного бетона. 34

Раскрывается механизм вымывания противоионов ПРИ из диффузной части двойного электрического слоя (ДЭС) частиц продуктов гидратации цемента. Выполнен критический анализ существующих представлений о строении диффузной части ДЭС и движущих силах его формирования, развиты представления о механизме размывания контактов в цементном камне и бетоне в период дождей и при обводнении. Приведены рекомендации по применению новых теоретических представлений с целью обеспечения максимальной долговечности цементного камня и дорожного бетона.

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

Экспресс-метод определения активности кремнеземного сырья для получения гранулированного наноструктурирующего заполнителя 38

Представлена экспресс-методика определения активности кремнеземного сырья, результаты их оценки. Проведено ранжирование кремнеземного сырья по степени снижения коэффициента активности и силикатного модуля образующегося раствора. На основе полученных результатов разработаны требования к кремнеземному сырью для получения гранулированного наноструктурирующего заполнителя.

И. БАРБАНЕ, И. ВИТЫНЯ, Л. ЛИНДЫНЯ

I. BARBANE, eng., I. VITINA, dr. sc., L. LINDINA

Исследование химического и минералогического состава романцемента, синтезированного из латвийской глины и доломита

Study of the chemical and mineralogical composition of romancement synthesized from Latvia's clay and dolomite 40

Получено вяжущее из латвийской глины и доломита для реставрационной деятельности, совместимое с исторически применяемым доломитовым романцементом. Синтезирована смесь из двух видов глины и доломита. Образцы изготовлены путем смешивания сырья, полусухого прессования и обжига при температуре 700–950°C. Установлено, что оптимальная температура производства гидравлического быстротвердеющего вяжущего, подобного доломитовому романцементу из смеси глины и доломита, составляет 800–850°C.

The aim of investigation was to obtain a binder for restoration needs from Latvia's clay and dolomite compatible with historically used dolomitic romancement. Mixtures from two types of clay and dolomite in powder state were synthesized. Samples were prepared by mixing the raw materials, semidry pressing and firing at 750–950°C temperatures. Thermochemical processes in dolomite-clay mixtures depending on production temperature and clay type were compared by using XRD analysis and full chemical analysis. Optimal temperature for production of hydraulic fast-setting binder similar to natural dolomitic romancement from mixture of clay and dolomite is 800–850°C.

И.Н. ТИХОМИРОВА, А.В. МАКАРОВ

Механизм фазообразования и твердения механоактивированных известково-кварцевых смесей при тепловлажностной обработке 44

Рассмотрен вопрос о механоактивации известково-кварцевых сырьевых смесей в качестве эффективного способа получения силикатного камня безавтоклавного твердения. Приведены экспериментальные данные о составе и количестве поверхностных фаз, возникающих на зернах кварца при совместном и раздельном помоле компонентов сырьевой смеси, а также об их влиянии на механизм и кинетику фазообразования и твердения известково-кварцевого вяжущего в условиях пропарки. Представлены усредненные качественные и количественные оценки состава новообразований.

MosBuild вчера, сегодня, завтра (Информация) 50

О.Б. ЛЯПИДЕВСКАЯ, Е.А. БЕЗУГЛОВА

Эффективный обмазочный гидроизоляционный состав на минеральной основе для защиты подземных зданий и сооружений 52

Рассмотрена проблема защиты подземных зданий и сооружений от воздействия воды и агрессивных сред. Представлен новый эффективный обмазочный гидроизоляционный состав для защиты подземных сооружений и частей зданий. Описан механизм химического взаимодействия системы цемент-микрокремнезем-силикат-глыба.

Н.Г. ЧУМАЧЕНКО

Влияние состава расплава и нерастворившегося остатка на свойства керамзитового гравия 56

В статье предложен новый подход проектирования многокомпонентных алюмосиликатных шихт, предназначенных для производства искусственных пористых заполнителей с заданными свойствами, основанный на использовании методов математического моделирования и специального программного обеспечения. Проведена оценка влияния химического состава сырья на качество керамзита. Подтверждена достоверность разработанного расчетного метода в прогнозировании фазового состава керамзита, вида и структуры остаточных минералов и новообразований. Определен характер фазовых превращений, происходящих при получении керамических материалов.

В.П. СЕЛЯЕВ, А.К. ОСИПОВ, В.А. НЕВЕРОВ, Л.И. КУПРИЯШКИНА, О.Г. МАШТАЕВ, В.В. СИДОРОВ

Теплоизоляционные свойства материалов на основе тонкодисперсных минеральных порошков 61

Представлены результаты исследования свойств дисперсных микрокремнеземов методами ИК-спектрометрии, термогравиметрического анализа, гранулометрии и оптической микроскопии. Произведен сравнительный анализ различных видов микрокремнеземов между собой. Показана возможность создания эффективных теплоизоляционных материалов на основе минеральных порошков диатомита.

В.Б. ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ, Т.Б. НОВИЧЕНКОВА, В.В. БЕЛОВ, А.Ф. БУРЬЯНОВ

Гранулометрический состав как критерий регулирования свойств дисперсных систем 64

Обеспечение качества вяжущих веществ и повышение эффективности их получения напрямую связаны с регулированием и оптимизацией их гранулометрического состава. Наиболее полную информацию о гранулометрическом составе вяжущих дают дифференциальные и интегральные кривые распределения плотности вероятностей. Использование математического моделирования для анализа и оптимизации процессов позволяет повысить качество вяжущих, значительно сократив при этом затраты на их производство.

О.В. ЕФРЕМОВА, В.С. ГРЫЗЛОВ, Б.Д. СВИРИДОВ

Особенности фазообразования древошлакового композиционного материала 66

Исследованы особенности фазообразования строительного материала на основе граншлака и древесных отходов – древошлакового композиционного материала (ДШКМ). В результате сравнительного анализа наиболее распространенных видов конструкционно-теплоизоляционных бетонов и ДШКМ установлено, что по теплопроводности и плотности он имеет существенные преимущества. Для объяснения данного явления в статье приведены результаты рентгеноструктурного анализа микроструктуры ДШКМ. Доказано, что ДШКМ находится в метастабильном состоянии и имеет аморфно-кристаллическую структуру. Это связано с тем, что все его компоненты в исходном виде имеют в составе аморфную фазу, позитивно влияющую на формирование теплоизоляционных свойств композита.

О VI Международном съезде по деревянному строительству**и о будущем деревянных конструкций (Информация)** 68

Ю.П. ТЫРТЫШОВ, Б.Г. ПЕЧЕНЬ, В.Л. КУРБАТОВ, А.И. ЕЩЕНКО

Оптимизация составов, технологии приготовления битумных паст и мастик 70

Изложено состояние вопроса по составам и технологии приготовления вододисперсионных битумных паст и мастик на порошковых эмульгаторах. Показаны значительные различия в составах и технологии приготовления паст и мастик. Предложен способ определения оптимальной концентрации в воде порошковых эмульгаторов, различающихся по минералогическому и гранулометрическому составам, позволяющий получать битумные пасты и мастики с повышенными показателями дисперсности, стабильности и качества.

Новости 74

В.Г. ГРАНИК, канд. техн. наук, Институт общественных зданий (Москва)

Преднапряженные конструкции с внутренними анкерами – путь к снижению себестоимости изделий

Повышение эффективности крупнопанельного домостроения должно базироваться на применении инновационных технологий [1, 2].

Разработана и освоена в производственных условиях технология преднапряженных изделий с внутренними анкерами в формах с внутренними упорами (рис. 1).

Существенное достоинство пустотных плит с внутренними анкерами – повышенная огнестойкость по сравнению с плитами, изготовленными на длинных стендах и в формах с внешними упорами (Методические рекомендации по расчету огнестойкости и огнестойкости железобетонных конструкций МДС 21-2.2000 // НИИЖБ. Москва. 2000).

За тринадцать лет на ОАО «Кунцевский комбинат ЖБИ-9» (Москва) выпущено более 3 млн м² сплошных преднапряженных плит перекрытий с внутренними анкерами пролетом 3–4,2 м, а также 6,3 м для домов серий ПД-4 и ГМС-1 вместо аналогичных ненапряженных плит.

Изготовление напряженных конструкций в формах с внутренними несмещаемыми упорами исключает: очистку стержней от бетона перед обрезкой, обрезку арматуры, сбор и удаление отходов, выделение вредных для человека газов, расход электродов и другие недостатки, присущие производству напряженных изделий в формах.

Расформовка готовых изделий не отличается от расформовки ненапряженных: открывают борта формы и без каких-либо дополнительных операций преднапряженную плиту краном снимают с поддона формы [3].

Особенности конструкций с внутренними анкерами:

- длина стержневой напрягаемой арматуры меньше длины изделия, и концевые анкера на ней при изготовлении располагаются внутри бетонного отсека формы. Усилия, возникающие при натяжении стержней, показаны на рис. 2;
- опорная поверхность упора формы, контактирующая с внутренним анкером напрягаемого стержня,

наклонена к вертикали на угол больше угла трения концевого анкера стержня по поверхности упора;

- смещению анкера напрягаемого стержня вверх при его натяжении по наклонной опорной поверхности упора препятствует фиксатор на борту формы, воспринимающий возникающую вертикальную реакцию;
- анкер напрягаемого стержня во время его натяжения взаимодействует с опорной поверхностью упора формы незначительным участком опорной поверхности. Остальная часть опорной поверхности анкера (60–65%) соприкасается с бетоном. Это обеспечивает передачу большей части усилия предварительного напряжения арматуры в момент распалубки непосредственно с концевого анкера на бетон опорной зоны элемента;
- выемки от внутренних упоров форм на нижней поверхности изделий после монтажа на несущие кон-



Рис. 1. Плиты перекрытий дома ГМС-1 на складе ОАО «Кунцевский комбинат ЖБИ-9»

Преимущества конструкций с внутренними анкерами	По сравнению с аналогичными	
	напряженными изделиями*	ненапряженными изделиями
Снижение себестоимости изделий	на 5–7%	на 28–35%
Сокращение расхода арматуры	на 5–7%	на 30–45%
Снижение трудоемкости изготовления	на 6–8%	до 40%
Высвобождение производственных площадей	–	на 65–80%
Повышение огнестойкости изделий	значительное	на 20–25%
Увеличение прочности опорных зон плит	значительное**	на 16–22%
Снижение звукопроводности перекрытий	–	на 15–20% за счет повышения трещиностойкости плит перекрытий

* Для плит со стержневой арматурой.

** Для всех видов пустотных плит независимо от вида арматуры.

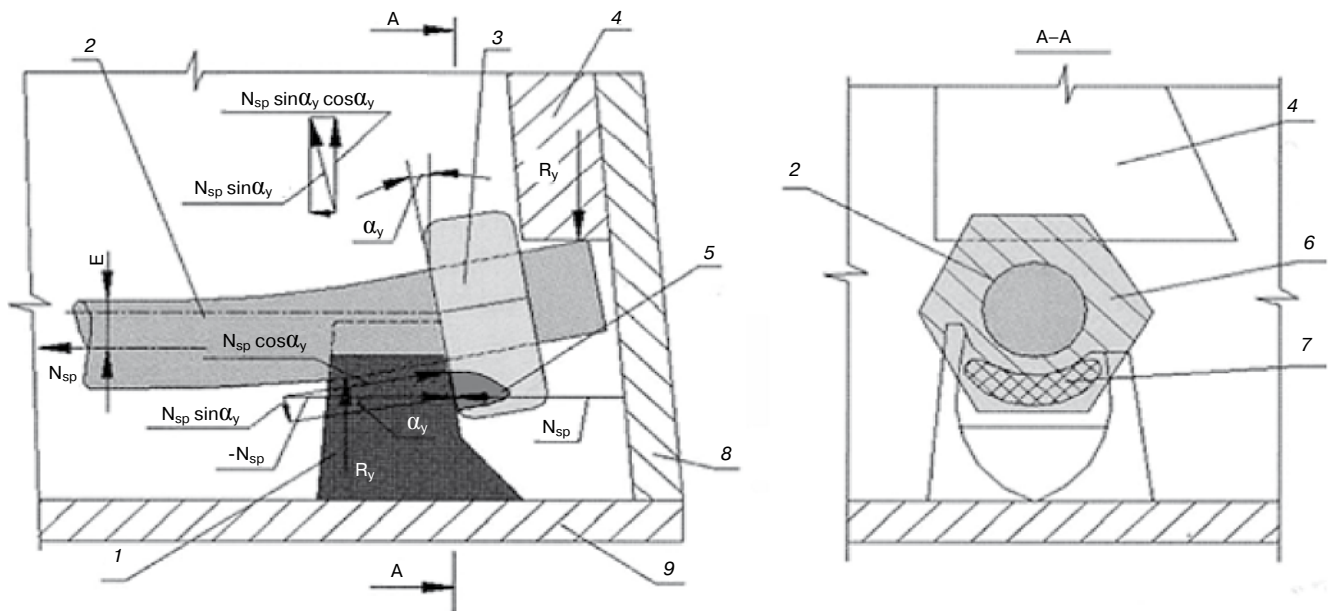


Рис. 2. Схема усилий в зоне опирания концевой арматуры на упор с наклонной опорной поверхностью: 1 – внутренний упор; 2 – напрягаемый стержень; 3 – внутренний анкер; 4 – фиксатор положения напрягаемого стержня; 5 – напряжения в зоне опирания анкера на упор; 6 – площадь опирания анкера на бетон; 7 – площадь передачи усилия натяжения с арматуры на упор; 8 – борт формы; 9 – поддон формы

струкции располагаются в пределах опорной зоны, т. е. закрываются и не просматриваются на потолочной поверхности элементов;

- концевые анкеры на напрягаемой стержневой арматуре выполняют в виде обжатых шайб нестандартной формы (применение высаженных головок недопустимо).

Принятая схема анкерки напрягаемой арматуры создает обжатие бетона изделия практически от самого торца изделия, что, как показали испытания, повышает несущую способность балок, ригелей и многопустотных плит при работе на поперечную силу.

Экспериментально установлено (рис. 3), что наличие внутреннего анкера на напрягаемой арматуре увеличивает прочность торцов плит в платформенных стыках многоэтажных панельных домов на 16–23% в зависимости от толщины внутренних несущих стен [4, 5].

Увеличение расстояния между напрягаемыми стержнями. Исследования трещинообразования в напряженных плитах длиной 3–3,6 м и толщиной 0,14 м показали, что момент трещинообразования превышает момент не только от нормативной, но и от расчетной нагрузки. Это позволило увеличить шаг напрягаемых стержней класса Ат800 \varnothing 10 мм до 600 мм и за счет этого получить значительную экономию арматуры.

Испытания на продавливание плиты толщиной 0,14 м при нагружении участка размером 65×75 см, ограниченного рабочей и распределительной арматурой, нагрузкой 17 кН никаких признаков разрушения поля по продавливанию не выявили, трещины отсутствовали.

Таким образом, сплошные плиты с внутренними анкерами на напрягаемой арматуре при расстоянии между стержнями 60–65 см по прочности, жесткости и трещиностойкости полностью удовлетворяют требованиям СНиП. Эти результаты использованы МНИИТЭП и ЦНИЭПжилища при проектировании плит перекрытий домов серий ПД-4 и ГМС-1.

При участии НИИСФ РААСН проведены натурные испытания. Установлено, что отсутствие трещин в напряженных плитах повышает звукоизоляционные свойства перекрытий по сравнению со звукоизоляцией перекрытий из аналогичных ненапряженных плит.

Опыт изготовления плит домов серии ПД-4. Плиты размером на комнату имеют рабочий пролет 3; 3,2 и

3,6 м. Ширина плит от 2,9 м до 7,2 м. Напрягаемые арматурные стержни в формах плит дома Пд-4 расположены перпендикулярно продольной оси стана-конвейера (рис. 4). Устройство для электротермического нагрева стержней размещено на перемещаемом портале, под которым движется формы.

Арматурные стержни \varnothing 10 мм из стали класса Ат800 с установки электротермического нагрева за холодные концы переносят в форму. Их укладывают между вилками внутренних упоров так, чтобы концевой анкер был расположен между упором и бортом формы, а конец напрягаемого стержня размещался ниже фиксаторов положения арматуры (рис. 5).

Затем коротыши из арматуры заводят между упором и бортом формы выше конца напрягаемого стержня, под фиксаторы. Напрягаемые стержни, уложенные в упоры форм, вследствие наклона опорной поверхности упоров при охлаждении поднимаются вверх и занимают проектное положение, взаимодействуя с фиксаторами на бортах форм. Далее размещают ненапрягаемую арматуру, закладные детали и другие элементы, укладывают и уплотняют бетонную смесь, затем проводят ее термовлажностную обработку. После набора бетоном передаточной прочности открывают борта формы и готовое изделие снимают с поддона. Наклон опорной поверхности внутренних упоров в сторону центра формы обеспечивает беспрепятственное перемещение вверх всех внутренних анкеров при распалубке изделия. В этот момент происходит одновременная передача усилий предварительного натяжения стержней на бетон плиты [6].

При монтаже готовых изделий отсутствие видимых выемок на потолке служит дополнительным контролем точности монтажа элементов дома.

Изготовление плит дома ГМС-1. Плиты перекрытий многоэтажного жилого дома серии ГМС-1 с пролетами 3,3; 4,2 и 6,3 м выполнены в напряженном варианте с внутренними анкерами.

Внутренний упор и фиксатор на борту формы состоят из одного элемента каждый. Конструкция формы более простая, чем в формах дома ПД-4, определяет и более простую технологию ее зарядки: стержни, удлиненные на установку для нагрева на необходимую величину, переносят в форму. Их заводят сбоку во внутренние



Рис. 3. Испытание платформенного стыка с напряженными плитами в прессе



Рис. 4. Стан-конвейер для производства преднапряженных плит с внутренними анкерами



Рис. 5. Напрягаемые стержни с внутренними анкерами в упорах формы плиты перекрытия дома ПД-4



Рис. 6. Форма плиты длиной 6,28 м с напрягаемыми стержнями, натянутыми на внутренние упоры

упоры формы так, чтобы концевой анкер располагался между упором и торцевым бортом формы ниже фиксатора на этом борту, и вкладывают в выемки внутренних упоров.

Стержни, остывая, натягиваются до напряжения 450 МПа (в плитах длиной 3,3 и 4,2 м), концевые анкры взаимодействуют с наклонной опорной поверхностью упоров, а верхней точкой анкера упираются в фиксатор и занимают проектное положение по высоте плит. В плитах длиной 6,28 и шириной 2,9 м предварительное напряжение в арматуре диаметром 14 мм составляет 560 ± 87 МПа (рис. 6). В формах длинных плит дополнительно устанавливают прижимы бортов, воспринимающие вертикальную реакцию усилия натяжения арматуры. Далее выполняют все последующие операции по укладке ненапряженной арматуры, установке петель, каналовобразователей электроразводок, укладывают и уплотняют бетонную смесь, проводят термовлажностную обработку изделий. При расформовке изделий открывают борта, и готовые плиты снимают с формы.

Производство напряженных плит дома ГМС-1 полностью подтвердило высокую эффективность новой технологии преднапряженных изделий, достигнутую при изготовлении плит перекрытий дома ПД-4.

Конструирование сплошных плит, опертых по трем и четырем сторонам с внутренними анкерами, показало, что их себестоимость по сравнению с аналогичными ненапряженными плитами может быть снижена на 40–45% в том числе и за счет снижения расхода арматуры в нерабочем направлении.

Изготовление многопустотных настилов. На ООО «Московский завод железобетонных изделий и труб» по новой технологии изготовлена опытная партия многопустотных панелей перекрытий.

Отработаны размеры шайб для опрессовки концевых обжатых анкеров на арматуре класса Аt800 диаметром 12–18 мм и размеры соответствующих «губок» гидравлической обжимной машины.

Типовая форма была реконструирована силами завода. Первоначально с поддона срезали внешние упоры с предохранителями, затем в нем были выполнены круглые отверстия для размещения цилиндрических обойм. Обоймы сначала варивали в одном из торцов

формы на заданном расстоянии от торца поддона. В эти обоймы помещали один из двух «пальцев» металлического шаблона. Диаметр «пальцев» был равен диаметру цилиндрической (расположенной ниже зеркала поддона) части упоров. Расстояние между «пальцами» шаблона было равно расстоянию между осями цилиндрических частей внутренних упоров. На второй палец у противоположного торца формы снизу надвигали вторую обойму и в таком состоянии ее прихватывали к поддону, а после выверки заваривали. В установленные обоймы вставляли внутренние упоры с наклонными опорными поверхностями и фиксировали шпильками через соответствующие отверстия в обоймах и упорах.

Требуемое расстояние между упорами было обеспечено с точностью ± 1 мм.

К торцевым бортам форм приварили фиксаторы положения стержней. По новой технологии в форме с внутренними несмещаемыми упорами изготовлены головные образцы пустотных настилов марки НВ 70-12.

Перед укладкой стержней торцевые борта формы были закрыты и завернуты гайки замков формы.

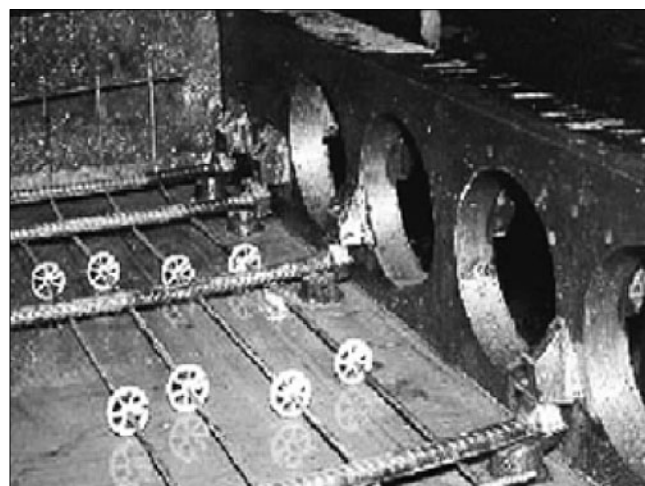


Рис. 7. Бетонный отсек формы настила НВ 70-12 с внутренними упорами и натянутыми стержнями

В качестве рабочей арматуры применяли напрягаемые стержни из арматуры Ат800 диаметром 14 мм с контролируемым напряжением 550 ± 800 МПа. Первоначально по концам формы укладывали сетки. Затем стержни, удлиненные на установку для нагрева на 32–34 мм, за холодные концы переносили в форму и заводили сбоку во внутренние упоры формы (рис. 7).

По окончании выдержки изделий в камере термообработки формы вынимали и открывали борта. Плиты краном снимали с формы. Трещины или околы вокруг выемок от упоров и фиксаторов отсутствовали. Испытанные плиты удовлетворяли требованиям ГОСТа к готовым железобетонным изделиям, а также требованиям прочности, жесткости и трещиностойкости [7].

Выпуск опытных панелей полностью подтвердил простоту, надежность и целесообразность применения новой технологии для производства многпустотных плит перекрытий.

Изготовление преднапряженных настилов с внутренними анкерами в формах с внутренними упорами по сравнению с традиционной технологией использования форм с наружными упорами обеспечивает:

- снижение расхода высокопрочной арматуры на 5–7%;
- исключение отходов бетона, образующихся вследствие протекания бетонной смеси через отверстия в торцевых бортах форм для прохода напрягаемых стержней;
- снижение трудозатрат на 6–8%, необходимых для резки напрягаемых стержней перед распалубкой готовых изделий, очистки стержней от затвердевшего бетона перед их резкой, сбора отходов бетона и арматуры и пр.;
- экономию электродов или стальных дисков для резки напрягаемой арматуры;
- более экологичные условия труда вследствие отсутствия резки напрягаемой стержневой арматуры;
- снижение себестоимости настилов на 4–6%.

Существенное достоинство пустотных плит с внутренними анкерами – повышенная огнестойкость их по сравнению с плитами, изготовленными на длинных стендах и в формах с внешними упорами.

Варианты модернизации существующих форм. Как показывает практика, в большинстве случаев при рабочем пролете плит до 4,5 м жесткости поддонов форм ненапряженных плит, в том числе пустотных, с рабочим пролетом до 4,5 м, достаточно для изготовления в них преднапряженных плит, т. е. усилия натяжения арматуры вызывают прогиб поддона, менее допустимого по нормам. Отработаны методы реконструкции существующих форм ненапряженных плит с целью изготовления в них напряженных изделий. Перевод производства ненапряженных плит на напряженное армирование окупается за 4–6 месяцев.

Предлагаемая технология универсальна как по возможности применения ее при создании новых производств, так и при модернизации существующих, а также возможности изготовления по новой технологии большинства напряженных изделий, в том числе плит при вертикальном способе формования [8].

Утверждена вся необходимая нормативная документация для проектирования предварительно напряженных изделий с внутренними анкерами, форм с внутренними упорами для их изготовления, а также соответствующие материалы по новой технологии.

Ключевые слова: трудоемкость, себестоимость, предварительное напряжение, арматурный стержень, внутренний анкер, форма, внутренний упор, бетон, плита перекрытия.

Список литературы

1. Николаев С.В. Модернизация крупнопанельного домостроения – локомотив строительства жилья экономического класса // Жилищное строительство. 2011. № 3. С. 3–7.
2. Сапачева Л.В. Возрождение крупнопанельного домостроения позволит решить жилищные проблемы в России // Жилищное строительство. 2012. № 7. С. 69–74.
3. Граник В.Г. Технология предварительно напряженных изделий с внутренними анкерами // Механизация строительства. 2008. № 6. С. 2–7.
4. Грановский А.В., Смелянский А.Л., Граник В.Г. К оценке надежности платформенных стыков панельных зданий при использовании в них преднапряженных плит с внутренними анкерами // Бетон и железобетон. 2003. № 2. С. 2–6.
5. Граник В.Г. Влияние толщины стен на прочность опорных зон преднапряженных плит с внутренними анкерами в платформенных стыках // Технологии строительства. 2008. № 7. С. 50–53.
6. Граник В.Г. Изготовление преднапряженных конструкций в формах с внутренними несмещаемыми упорами // Поиск: Международный журнал официальной информации в строительстве. 2002. № 2. С. 152–156.
7. Граник В.Г., Шукин В.С. и др. Изготовление многпустотных панелей перекрытий в формах с внутренними несмещаемыми упорами // Бетон и железобетон. 2000. № 4. С. 15–17.
8. Граник В.Г., Ларин А.Н., Требесов И.Д., Билык А.М. Изготовление преднапряженных плит перекрытий размером на комнату методом вертикального формования // Бетон и железобетон. 1997. № 4. С. 9–11.

9-12 АПРЕЛЯ УФА-2013

XVII СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

**ОТОПЛЕНИЕ
ВОДОСНАБЖЕНИЕ
КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ**

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ПРОЕКТ
"ЧИСТАЯ ВОДА"

**ВСЁ для СТРОИТЕЛЬСТВА
и РЕМОНТА**

XVIII СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

БАШКИРСКАЯ
ВЫСТАВОЧНАЯ
КОМПАНИЯ

Башкирская выставочная компания
(347) 248-12-58, 253-38-00
stroy@bvkepo.ru

www.bvkepo.ru

А.И. НИЖЕГОРОДОВ, канд. техн. наук,
Иркутский национальный исследовательский государственный технический университет

Особенности обжига вермикулитового сырья с высоким содержанием инертного материала в электрических модульно-спусковых печах

При обогащении вермикулитовых руд плоские частицы слюды легко отделяются от частиц песка, имеющих кубоподобную форму, за счет отличия их коэффициентов формы и аэродинамического сопротивления [1]. Но в общем потоке обогащаемого сырья присутствуют и толстые слюдяные частицы. При равной плотности с песком их невозможно выделить из общего массива. Так образуются отходы обогащения с массовым содержанием вермикулита 27–52% (остальное песок), переработка которых является актуальной задачей ресурсосбережения [2, 3]. Это сырье относится к вермикулитовым конгломератам, а из-за высокого содержания вермикулита оно является ценным промышленным ресурсом, подлежащим дальнейшей переработке.

Разделение сырьевых ресурсов на концентраты и конгломераты имеет принципиальное значение, так как от массовой доли инертных компонентов (песка, каменного гранулята) зависит выбор конструктивно-режимных параметров электрических модульно-спусковых печей.

Результаты анализа процесса теплоусвоения вермикулита («чистого» вермикулитового концентрата) приведены в работе [4]: суммарная энергия теплоусвоения Θ_{Σ} идет на дегидратацию химически связанной воды Θ_x , нагрев сухой части минерала Θ_c , фазовый переход воды Θ_v , перегрев водяных паров Θ_n и нагрев адсорбированных газов Θ_{ag} :

$$\Theta_{\Sigma} = \Theta_x + \Theta_c + \Theta_v + \Theta_n + \Theta_{ag} \quad (1)$$

и для 1 кг ковдорского сырья энергия теплоусвоения равна 1201,9 КДж.

Задачей исследования является нахождение рациональных конструктивно-режимных параметров электрической модульно-спусковой печи, в которой обжиг конгломератов становится энергетически выгодным и целесообразным.

При обжиге вермикулитовых конгломератов модель процесса остается прежней, но распределение усвоенной энергии изменяется:

$$\Theta_{\Sigma}^{nk} = k_k(\Theta_x + \Theta_c + \Theta_v + \Theta_n + \Theta_{ag}) + (1 - k_k) \cdot (\Theta_u + \Theta_{vu}). \quad (2)$$

Здесь Θ_{Σ}^{nk} – суммарная энергия теплоусвоения инертного материала (песка) и вермикулитового концентрата; k_k – коэффициент, учитывающий весовую долю концентрата в 1 кг конгломерата; Θ_u – теплота нагрева инертного материала; Θ_{vu} – теплота испарения физической воды, адсорбированной материалом:

$$\Theta_u = 0,955 c_u \cdot m \cdot \Delta T; \quad (3)$$

$$\Theta_{vu} = 0,045 c_{no} \cdot m, \quad (4)$$

где 0,955 и 0,045 – весовые доли сухой части и влаги в 1 кг инертного материала; c_u – средняя удельная теплоемкость инертного материала: для песка в диапазоне температур 20–800°C она изменяется в пределах 880–1005 Дж/(кг·°C), при среднем значении 943 Дж/(кг·°C) [5], m – масса песка (1 кг).

Количество теплоты, полученное сухим песком при обжиге конгломерата, равно: $\Theta_u = 0,955 \cdot 943 \cdot 1 \cdot 650 = 585,4$ КДж.

Тепловая энергия фазового перехода адсорбированной песком воды при 100°C равна: $\Theta_{vu} = 0,045 \cdot 2250 \cdot 103 \cdot 1 = 101,3$ КДж.

С учетом полученных данных и суммарной энергии теплоусвоения вермикулита выражение (2) примет вид:

$$\Theta_{\Sigma}^{nk} = 1201,9 \cdot k_k + 686,7 \cdot (1 - k_k). \quad (5)$$

Так как коэффициент k_k изменяется дискретно в пределах 1–0,94 и 0,27–0,52, график 1, построенный по выражению (5), будет иметь разрыв, рис. 1.

Как видно из графика 1, энергия теплоусвоения 1 кг вермикулитового конгломерата снижается с увеличением весовой доли песка, что указывает на понижение энергоемкости процесса. Однако с учетом уменьшения выхода полезного продукта – вспученного вермикулита, удельная энергоемкость должна возрастать, а КПД его механической трансформации (структурообразования) снижаться.

Энергия механической трансформации вермикулита для конгломератов определяется выражением:

$$E_{mm} = k_k (\Theta_x + \Theta_v + \Theta_n + \Theta_{ag}). \quad (6)$$

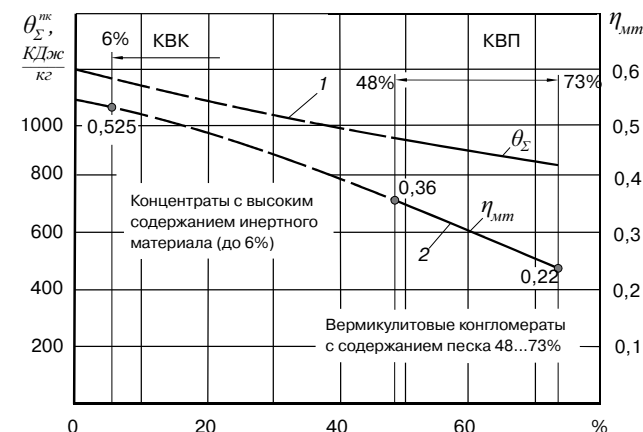
Значения E_{mm} для ковдорских конгломератов (КВП-1, КВП-2) при содержании вермикулита 94, 52 и 27%, определенные по формуле (6), соответственно равны: 617,8; 341,7 и 177,4, КДж/кг.

По формуле:

$$\eta_{mm} = \frac{E_{mm}}{\Theta_{\Sigma}} \quad (7)$$

находим соответствующие значения КПД процесса механической трансформации (структурообразования): $\eta_{mm} = 0,53; 0,36$ и $0,22$.

На рисунке показан график 2 зависимости КПД структурообразования вермикулита при обжиге конгло-



Зависимости энергии теплоусвоения вермикулитовых конгломератов и КПД механической трансформации вермикулита от весовой доли песка

мератов с различным содержанием инертного материала. Для чистого вермикулита значение $\eta_{\text{мт}}$ равно 0,544. По мере «засорения» концентрата песком КПД снижается до 0,53 при содержании песка 6%.

При обжиге отходов обогащения с содержанием песка 48–73% КПД структурообразования снижается до 0,36–0,22 (при среднем – 0,29) из-за бесполезного расхода энергии на нагрев песка.

В работе [4] показано, что наиболее эффективным для обжига вермикулитовых концентратов в электрической печи с последовательно-параллельным сопряжением модулей (ППС-печь) является режим с температурой, примерно равной 723 °С, и продолжительностью обжига около 2,52 с. В этом случае КПД печи достигает максимума.

Присутствие инертного материала в потоке вермикулито-песочного конгломерата увеличивает механическое трение вспучивающихся частиц, время их движения в печи и продолжительность обжига. Кроме того, изменяется и энергия теплоусвоения (рис. 1).

Расчет значений КПД ППС-печи и удельной энергоёмкости обжига с учетом увеличения времени обжига и нового значения энергии теплоусвоения 893 кДж/кг (среднее в интервале содержания песка 48–73%, рисунке) показывает, что эффективность обжига конгломератов при таком режиме (при среднем значении КПД структурообразования $\eta_{\text{мт}} = 0,29$) существенно ухудшается: $\eta_n = 0,18$; $e_y = 431$ МДж/м³. Поэтому обжиг вермикулитовых конгломератов с высоким содержанием инертного материала (48–73%) проводить в ППС-печи, оптимизированной под обжиг чистых концентратов [4], нецелесообразно.

Необходима специальная конструкция ППС-печи со следующими режимными параметрами: постоянной времени $T_{\text{на}} = 2,4$ с (при этом фактическое время при обжиге конгломерата $t_{\text{об}} = 2,88$ с); температурой обжига 680 °С (с возможностью увеличения до 10%).

Основные конструктивные параметры специальной печи должны быть следующими: рабочая длина модуля $l_p = 0,298$ м; полная длина модуля $l = 0,338$ м; суммарная полная длина модулей $l_p = 1,69$ м;

Энергетические параметры такой модульно-спусковой печи при среднем значении КПД структурообразования $\eta_{\text{мт}} = 0,29$ равны: КПД печи $\eta_n = 0,28$; удельная энергоёмкость процесса $e_y = 282$ МДж/м³.

Вермикулитовые конгломераты Ковдорского месторождения марок КВП-1 и КВП-2 доступны потребителю и значительно дешевле соответствующих концентратов КВК-1 и КВК-2, а их переработка в электрических модульно-спусковых печах энергетически эффективна.

Список литературы

1. Байбородин Б.А., Борискина З.М., Малинович Г.И. Обогащение слюдяных руд. Иркутск: Изд-во ИГУ, 1983. 246 с.
2. Гершенков А.Ш., Хохуля М.С. Эффективное использование сырья Ковдорского вермикулитового месторождения // Север промышленный. 2008. № 6. С. 4–9.
3. Нижегородов А.И. Печь для обжига и переработки хвостов ковдорских вермикулитов // Материалы научно-технической конференции «Обогащение и переработка минерального и техногенного сырья». Екатеринбург, 14–16 октября 2009 г. С. 153–154.
4. Нижегородов А.И. Совершенствование технологии обжига вермикулита в электрических модульно-спусковых печах // Строительные материалы. 2011. № 5 / Technology. С. 62–64.
5. Тымчак В.М., Гусовский В.Л. Расчет нагревательных и термических печей: Справочное издание. М.: Металлургия, 1983. 480 с.

ТОРГОВЫЙ ДОМ



ИНТА-СТРОЙ

000 «ТД «ИНТА-СТРОЙ», 644113, Омск, ул. 1-я Путевая, 100
Тел.: (3812) 35 65 44, 35 65 45. E-mail: info@inta.ru. Http: www.inta.ru

Реклама

ОБОРУДОВАНИЕ «ИНТА-СТРОЙ» ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ПИТАТЕЛЬ-РЫХЛИТЕЛЬ ШЛ 511



Основные характеристики:

- производительность, т/ч – 1–12;
- установленная мощность, кВт – 7,5;
- габариты (дл., шир., выс.), мм – 3500, 2800, 4500;
- масса, кг – 4500.

Назначение

- Предварительное рыхление и измельчение сырья.
- Дозированная подача материала в технологическую линию.

Преимущества:

- одновременное рыхление, измельчение и подача сырья;
- независимое от столба материала равномерное дозирование сырья;
- привод от одного мотор-редуктора;
- широкий спектр регулирования производительности;
- фторопластовая футеровка (нет налипания);
- компактность и удобство обслуживания.

МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ МЫ ЗВЕНЬЯ ОДНОЙ ЦЕПИ

Н.В. МИХАЙЛОВА, гл. технолог, Научно-производственная корпорация «Механобр-техника»; А.Ю. ФЕОКТИСТОВ, кандидаты техн. наук, Санкт-Петербургский государственный горный университет; Л.Г. БЕРНШТЕЙН, Научно-испытательный центр «Гипроцемент-Наука» (Санкт-Петербург)

Перспективы использования дополнительного топлива из твердых бытовых отходов при производстве цемента

Традиционно энергетическая утилизация твердых бытовых отходов (ТБО) осуществляется на подвижных колосниковых решетках специализированных мусоросжигательных заводов. Сейчас в Европейском союзе работает более 400 таких заводов, оборудование для них выпускается серийно. Недостатком, в частности, являются высокие капитальные затраты и необходимость утилизации образующегося золошлакового остатка.

Необработанные смешанные ТБО имеют теплотворную способность не выше 7–9 МДж/кг, представляют собой смесь более 30 компонентов различной природы и свойств и непостоянны по составу. Известно, что в результате сортировки ТБО можно превратить в топливо стабильного состава, которое будет использоваться в промышленности наряду с другими видами топлива. Топливо из ТБО в мире получило название RDF (англ. refuse derived fuel).

Использование RDF в качестве дополнительного топлива при производстве цемента, когда тепло от сжигания альтернативного топлива расходуется непосредственно в тепловом агрегате для протекания физико-химических процессов, а образующаяся зола входит естественным образом в состав готовой продукции (клинкера) представляет наибольший интерес. Цементная печь позволяет осуществить экологически безопасную утилизацию отходов, что обусловлено следующими обстоятельствами:

- высокая температура твердой фазы (до 1450°C) и газовой среды (до 2000°C); значительное время пребывания газов в горячей зоне (более 7 с при температуре выше 1200°C);
- щелочная среда материала в печи обеспечивает нейтрализацию токсичных веществ за счет взаимодействия с цементными сырьевыми материалами;
- практическая безотходность самой цементной технологии;
- наличие в печных установках эффективных пылеуловителей, что является основным залогом очистки выбросов от тяжелых металлов и диоксинов.

Утилизация топлива из ТБО в производстве цемента дает следующие преимущества:

- утилизация больших объемов ТБО, так как цементная печь требует для работы до 5 т RDF в час (40 тыс. т в год);
- снижение выбросов парниковых газов в глобальном масштабе за счет недопущения разложения ТБО на

полигоне, с одной стороны, и замещения части традиционного топлива, с другой;

- термическая переработка ТБО выносится далеко за пределы населенного пункта и требует на порядок меньших капиталовложений по сравнению с традиционным сжиганием.

RDF с калорийностью около 15 МДж/кг позволяет заместить большую долю традиционного топлива в цементных печах [1]. При мокром способе подготовки цементной шихты доля замещаемого цементного топлива составляет до 20%. При сухом способе подготовки шихты перед трубчатой вращающейся печью устанавливаются запечные теплообменники с декарбонизатором, где осуществляется нагрев и декарбонизация шихты в потоке газов с температурой до 1000°C. В самой печи осуществляется только спекание с получением жидкой фазы. Разделение получения цементного клинкера на два не случайно: большая часть тепла (около 60%) расходуется на процесс нагрева и декарбонизации. Такие процессы при огромном энергопотреблении не требуют высоких температур и следовательно менее требовательны к калорийности топлива, поэтому декарбонизатор может работать полностью на RDF. Это позволяет увеличить общую долю использования RDF на цементном заводе до 60% [2].

Задача «обогащения» ТБО заключается в увеличении содержания высококалорийных компонентов (пластик, резина, кожа, бумага) и в одновременном удалении экологически и технологически вредных, а также просто балластных для термической переработки компонентов: песок, стекло, кости, металл, хлорсодержащие пластики, электроника. Требования к RDF из ТБО, действующие на цементных заводах Швеции и Великобритании, представлены в табл. 1.

Основным методом производства RDF во всем мире признан механический. Он представляет собой комбинацию операций сепарации и дробления и позволяет получить качественное топливо за счет механического удаления пищевых и других отходов, несущих 90% влажности RDF. В случае отсутствия операции, позволяющей удалить пищевые отходы, RDF должно быть подвергнуто сушке до 15% влажности.

RDF может также быть получено из продуктов механической переработки бытовых отходов. Механическая переработка ТБО (аэробное, анаэробное биоразложение) приводит к снижению влажности и

Таблица 1

Страна	Предприятие	Форма ТПО	Теплота сгорания, МДж/кг	Другие показатели, %			
				Зольность	Влажность	Хлор	Сера
Швеция	PLM, Stockholm	Кубики	17	< 10	< 15	н/д	н/д
Великобритания	Byker, Newcastle	Гранулы	16,5–17	12–17	10–15	н/д	н/д
	Doncaster	Гранулы	17	15	11	н/д	н/д
	Eastbourne	Гранулы	17	13–18	8–15	0,28	0,23

Таблица 2

Наименование	Теплота сгорания низшая, МДж/кг	Влажность, %	Зольность на сухую массу, %
Материал, полученный сортировкой на ГИС 61-М из балласта МПБО-2	15,1	12	14,4
RDF на основе балласта МПБО-2 (расчет)	18–20	10	12–13
Материал, полученный сортировкой на ГИС 61-М из ТКО	15,4	10,6	10,5
RDF на основе ТКО (расчет)	18–21	10	9,5–10



Инерционный грохот НПК «Механобр-техника» ГИС 61-М

мусороперерабатывающем заводе МПБО-2. Сырьем для получения RDF являлись:

- несортированные ТБО жилого фонда, поступающие на завод МПБО-2;
- балласт, получаемый в результате очистки компоста – продукта механобиологического обезвреживания ТБО.

В качестве головного устройства для выделения калорийной фракции из отходов предложен инерционный грохот ГИС 61-М (см. рисунок), использующий технологию виброинерционной сепарации, и специально предназначенный для классификации смешанных бытовых отходов. Просеивающая поверхность инерционного грохота состоит из девяти каскадно расположенных друг над другом рядов самоочищающихся колосников консольного типа с общей площадью 10 м². Колосники формируют щель, размер которой можно подбирать в зависимости от целей сепарации.

Инерционный грохот является более сложным аппаратом, нежели традиционные грохоты, так как несет также функцию сепарации по упругости (баллистической сепарации). Разделение происходит по признаку, противопоставляющему качественное вторсырье и влажную фракцию, загрязненную органикой. В верхний продукт попадают сухие и упругие – т. е. высококалорийные – фракции (сухие чистые пластиковые пакеты, бутылки ПЭТФ, прочий пластик, чистая макулатура). Пищевые отходы и другие влажные мягкие фракции проваливаются между колосниками в нижний продукт. Эффективность удаления влажной биоразлагаемой фракции в нижний продукт превышает 90%, что можно оценить, как очень высокую. Сужающаяся форма колосников, их каскадное расположение и резонирование во время работы препятствуют забиванию и способствуют самоочистке просеивающей поверхности.

Характеристики верхнего продукта грохочения грохота ГИС-61М при номинальной щели между колосниками 100 мм приведены в табл. 2. Материал, полученный в результате одной операции обогащения, удовлетворяет требованиям к промышленному топливу из отходов. Средняя теплотворная способность полученного материала соответствует действующим в западных странах требованиям к RDF. Влажность и зольность полученного топлива значительно меньше предельных, содержание серы не превышает 0,6%.

биологической стабилизации. Разработаны процессы механобиологической сушки, специально направленные на подготовку коммунальных отходов к использованию в качестве топлива (Nerhof, Ecodesco). Далее применяются опять же операции механической сепарации.

Специалистами НПК «Механобр-техника» проведены исследования по получению RDF на Санкт-Петербургском

Полученный материал был подвергнут дроблению на ударно-роторном дезинтеграторе ДМВ 5×2, действующем по принципу высокоскоростной молотковой дробилки, и оборудованным вентилятором. В агрегате создаются условия для пневматической сепарации материала: легкие фракции разгружаются через циклон дезинтегратора, более тяжелые – из разгрузочного отверстия. Для полученных легкого и тяжелого продукта также были определены зольность, влажность и теплотворная способность.

Результаты показали, что пневматическая сепарация позволяет выделить небольшой по количеству высококалорийный легкий продукт, представленный преимущественно полиэтиленовой пленкой (не более 30% от поступающего на операцию материала). Такое малое извлечение полезного продукта не позволяет решить задачу утилизации значительной части ТБО и удовлетворить промышленную потребность цементных заводов. При этом существенная часть калорийных материалов попадает в тяжелую фракцию (резина, тяжелые пластики). При попытках добиться большего выхода калорийной фракции теряется избирательность разделения, пневматическая сепарация уже не оказывает однозначного влияния на улучшение свойств RDF.

Баллистическая сепарация также может привести к удалению из RDF вместе с тяжелыми негорючими фракциями упругих пластиков. При использовании в качестве дробильного оборудования высокоскоростных молотковых дробилок дальнейшее обогащение топливной фракции целесообразно осуществлять с помощью грохочения. После молотковой дробилки оставшиеся негорючие компоненты представлены мелкой тяжелой фракцией (отсев, измельченные в песок стекло и керамика), поэтому их легко удалить в нижний продукт с помощью барабанного грохота. Расчетные теплотехнические характеристики RDF, получаемого в результате использования схемы «инерционный грохот ГИС61-М – молотковая дробилка – барабанный грохот» приведены в табл. 2.

В настоящее время в Санкт-Петербурге запущена линия переработки ТБО с получением RDF, испытания которого на одном из цементных заводов Ленобласти дали положительные результаты. В ходе эксперимента за сутки сожжено 50 т RDF, при этом контролируемые показатели свидетельствуют об отсутствии негативного влияния на качество продукции, технологический процесс и выбросы в атмосферу.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, энергетическая утилизация ТБО, топливо из отходов, RDF, использование топлива из отходов в цементной промышленности, производство цемента, получение топлива RDF.

Список литературы

1. Waste fuels: their effect on Portland cement clinker. Cement and Concrete Research, Volume 35, Issue 3, March 2005, Pages 438–444. M. A. Trezza and A. N. Scian.
2. Juniper Consultancy Services Ltd, Mechanical-Biological Treatment: A Guide for Decision Makers – Processes // Policies and Markets. Executive Summary. 2005. March; Colin A. Haley C. Energy recovery from burning municipal solid wastes: a review. Resources, Conservation and Recycling, Volume 4, Issues 1–2, August 1990, P. 77–103.

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

Жаростойкие бетоны с использованием техногенного сырья

Особенностью жаростойких бетонов является формирование строительно-монтажных свойств изделий из них в результате твердения при нормальных условиях, гидротермальной обработки или в процессе термообработки при невысоких температурах. Эксплуатационные же свойства такие материалы приобретают в процессе первого разогрева на рабочую температуру. Комплекс этих свойств определяется качеством формируемой при разогреве вторичной структуры. Последняя решающим образом зависит от химического и фазового состава цементирующего вещества и его объемного содержания в бетоне, т. е. от первичной структуры бетона. В жаростойких бетонах в процессе первого разогрева до рабочей температуры происходит перерождение вяжущего в керамический черепок. В период такого перерождения происходит значительное снижение несущей способности вяжущего. Поэтому очень важно в процессе первого разогрева печных агрегатов сохранить несущую способность изделий и конструкций из жаростойких бетонов. Достичь этого можно следующими технологическими приемами:

- созданием жестко фиксированного каркаса из огнеупорного заполнителя, который позволил бы включить в работу силы сцепления между частицами;
- использованием такого минимально допустимого содержания вяжущего, которого в расплавленном виде хватает для заполнения пустот между частицами огнеупорного заполнителя. Образующиеся при этом мениски расплава стягивают частицы заполнителя и удерживают изделие от деформаций.

Содержание цементирующего вещества в бетоне легко поддается регулированию путем дозировки его компонентов, условий и режимов формирования структуры на основе известных из общего бетоноведения методов. Химический и фазовый составы цементирующего вещества жаростойких бетонов можно регулировать, меняя химико-минералогический состав вяжущих [1]. Поэтому разработка новых видов вяжущих для получения жаростойких бетонов имеет важное научное и прикладное значение. Причем последнее связано не только с возможностью улучшения качества и технико-экономических показателей, но и с тем, что в последние годы производство жаростойких бетонов все больше сосредотачивается непосредственно в отраслях и на предприятиях – потребителях этих материалов.

В настоящее время проблема получения жаростойких бетонов тесно связана как с улучшением технологических и эксплуатационных свойств материала, так и с использованием техногенного сырья, возможности которого для этих целей недостаточно исследованы. В этой связи практический интерес представляет разработка новых видов жаростойких бетонов, производимых по малоэнергоёмким технологиям на основе местных сырьевых материалов, различных промышленных отходов и побочных продуктов.

Применительно к производству жаростойких бетонов особое место занимают алюмосиликатные соединения каркасной структуры, аналогичные природным цеолитам. Соединения цеолитовой структуры, являющиеся основой щелочных и щелочно-щелочно-земельных вяжущих (в том числе шлако- и золощелочных), способны дегидратироваться без разрушения жесткого

алюмосиликатного каркаса вплоть до температур 920–1100°C в зависимости от размера иона щелочного металла и соотношения $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ [2].

В Братском государственном университете с использованием жидкого стекла из микрокремнезема Братского ферросплавного завода (БЗФ) и многотоннажных золошлаковых отходов [3] разработаны:

- *шлакощелочное вяжущее* (ШЩВ) с использованием молотых гранулированных ваграночного шлака ПО «Сибтепломаш» (г. Братск) или шлаковой составляющей отвальной золошлаковой смеси (ЗШС) ТЭЦ-6 «Иркутскэнерго» (г. Братск);
- *золощелочное вяжущее* (ЗЩВ) с применением золы-уноса ТЭЦ-7 «Иркутскэнерго» (г. Братск) или зольной составляющей отвальной ЗШС ТЭЦ-6 «Иркутскэнерго» (г. Братск);
- *золошлакощелочное вяжущее* (ЗШЩВ) на базе молотой отвальной ЗШС ТЭЦ-6 «Иркутскэнерго» (г. Братск).

Исследованиями установлено, что продуктами твердения этих вяжущих являются низкоосновные гидросиликаты кальция группы CSH(V) и алюмосиликатные соединения каркасной структуры, аналогичные природным цеолитам и слюдам [3]. Как известно, гидрo-алюмосиликаты цеолитовой структуры, являющиеся основными цементирующими новообразованиями ШЩВ и ЗЩВ, определяют качество первичной структуры бетона и его специфические свойства. В частности, цеолитовая вода этих новообразований ведет себя как сорбционная и удаляется из материала постепенно, а обезвоживание происходит практически без разрушения структуры материала. Это позволило получить на основе разработанных вяжущих жаростойкие бетоны.

Даже без использования специальных жаростойких заполнителей и введения каких-либо корректирующих добавок (табл. 1) остаточная прочность образцов состава кварцевый песок : зола-унос = 1 : 3 (после их испытания при $T = 600, 800, 1000^\circ\text{C}$) составляет соответственно до 77,2; 62 и 85,7%, а деформации усадки не превышают 2%. Вполне очевидно, что жаростойкость исследуемого материала связана прежде всего с особенностями фазового состава продуктов гидратации ЗЩВ, в частности со способностью гидратных новообразований к перекристаллизации в безводные вещества без развития значительных деструктивных напряжений в структуре обожженного искусственного камня.

При замене кварцевого песка на заполнитель того же зернового состава и крупности ($M_{кр} = 2,34$), но представляющего собой отсев от дробления диабазовых глыб на щебень, остаточная прочность мелкозернистого золощелочного бетона возрастает в среднем на 15%, а деформации усадки снижаются до 1,5–1,2%.

Эффективным (табл. 2) можно считать использование в качестве заполнителя шлаковой составляющей отвальной ЗШС. В этом случае остаточная прочность исследуемого бетона возрастает до 90,1–102,2%, а огневая усадка во всех случаях составляет менее 1%. Вероятно, одна природа и схожие составы заполнителя (шлак ЗШС) и алюмосиликатного компонента вяжущего (зола-унос) обуславливают близкие значения коэффициента термического расширения. Кроме того, ЗШС уже в период своего образования прошла высокотемпературную обработ-

Таблица 1

Вид заполнителя	Прочность при сжатии сразу после ТВО, МПа	Свойства мелкозернистого золощелочного бетона после испытания при температуре					
		600°C		800°C		1000°C	
		Остаточная прочность, %	Усадка, %	Остаточная прочность, %	Усадка, %	Остаточная прочность, %	Усадка, %
Кварцевый песок ($M_{кр}=2,3$)	25,97	38	1,8	39	2	61,6	1,9
	30,49	49	1,7	42,3	1,8	63,6	1,6
	35,76	77,2	1,6	62	1,6	85,7	1,5
Отсев диабазового щебня ($M_{кр}=2,34$)	26,61	44,8	1,4	42,5	1,5	66,5	1,4
	31,17	60,3	1,4	50,4	1,4	78,9	1,5
	37,45	88,1	1,2	75	1,3	97,7	1,4

Таблица 2

Свойства мелкозернистого золощелочного бетона на шлаковом заполнителе после ТВО и последующего высушивания										
ТВО и последующего высушивания			испытания при температуре							
			400°C		600°C		800°C		1000°C	
Плотность, кг/м ³	Предел прочности при изгибе, МПа	Предел прочности при сжатии, МПа	Остаточная прочность, %	Усадка, %	Остаточная прочность, %	Усадка, %	Остаточная прочность, %	Усадка, %	Остаточная прочность, %	Усадка, %
1570	4,3	17,1	102,2	0,8	93,4	0,9	90,1	1	98,5	0,9

Таблица 3

Остаточная прочность бетона, %, после испытания при T=800°C	Бетон на жидком стекле из микрокремнезема			
	I тип	II тип	III тип	IV тип
	114,4	113	104,2	100,9

ку, а потому мало подвержена температурным деформациям. И наконец, высокая активность шлакового заполнителя, обусловленная его химико-минералогическим составом, способствует (за счет взаимодействия по поверхности с жидким стеклом) дополнительному формированию цеолитоподобных новообразований, обладающих высокой термической стойкостью.

Еще одним фактором, способным оказывать влияние на формирование структуры и свойств исследуемых материалов, является жидкое стекло из микрокремнезема [4]. Результаты выполненных экспериментов показывают, что на повышении марочной прочности и жаростойкости исследуемых бетонов благоприятно сказывается использование низкомолекулярного ($n=1-1,5$) жидкого стекла. Вполне очевидно, что это вызвано процессом гидролиза жидкого стекла. Низкомолекулярные щелочные силикаты подвергаются в водных растворах более полному гидролизу и диссоциации. Гидролиз происходит с наибольшей полнотой, большее количество натрия находится в активном ионном состоянии, концентрация ионов OH^- увеличивается. Следствием этого является ускорение процесса растворения зерен шлака или золы, а также диффузии между жидким стеклом и гелевой пленкой шлака (золы). В результате формируются прочные и термостойкие новообразования – цеолитоподобные минералы. В высокомолекулярных щелочных силикатах эти процессы происходят менее интенсивно. Коллоидный кремнезем адсорбирует ионы OH^- тем в большей степени, чем выше значение силикатного модуля. В этом случае в растворе присутствуют не вполне диссоциированные молекулы, а наличие крупных коллоидных комплексов затрудняет процессы диффузии. Все это снижает растворимость шлака или золы, и, как следствие, замедляется формирование термостойких новообразований.

Однако необходимо отметить, что вяжущие на жидком стекле из микрокремнезема БЗФ существенно отличаются от известных ШЩВ и ЗЩВ [3, 5] – содержат в своем составе мельчайшие кристаллические частицы графита (С) и карбида кремния ($\beta-SiC$). Причем в зависимости от типа микрокремнезема, обусловленного степенью очистки газов, количество С и $\beta-SiC$ различно [5].

Поэтому на основные показатели качества шлако- и золощелочных жаростойких бетонов оказывает существенное влияние тип микрокремнезема, используемого при получении жидкого стекла. Как видно из результатов эксперимента, представленных в табл. 3, наибольшей жаростойкостью (114,4%) обладают образцы бетона на жидком стекле из микрокремнезема I типа, содержащего до 7–8% $\beta-SiC$ и до 5% графита, а наименьшей (100,9%) – бетона на жидком стекле из микрокремнезема IV типа, в составе которого до 1–2% $\beta-SiC$ и до 6–7% графита. Возможно, это вызвано особенностями процессов структурообразования исследуемых материалов. Как известно, появление зародышевых новообразований наиболее вероятно не в объеме раствора, а в непосредственной близости от поверхности твердых частиц, играющих роль подложек, поскольку такой процесс энергетически более выгоден. Мельчайшие частицы графита и карборунда интенсифицируют процесс твердения вяжущих, а возникновение новообразований различного состава происходит вначале на поверхности мельчайших частиц С и $\beta-SiC$, а затем в межзерновом пространстве твердеющих вяжущих систем. Причем, как показали исследования, графит способствует преимущественному формированию низкокремнеземистых цеолитоподобных соединений в виде тонкозернистых чешуйчатых агрегатов парагонита и округлых агрегатов жисмондина, а карбид кремния – высококремнеземистого цеолитоподобного соединения – анальцима, представленного радиально-лучистыми агрегатами. В этой связи необходимо отметить, что наличие гидроалюмосиликатов различного состава (высоко- и низкокремнеземистых) значительно расширяет интервал температуры удаления цеолитовой влаги, что позволяет получать жаростойкие бетоны, не требующие специального высушивания, а тепловые агрегаты

из таких бетонов могут подвергаться первому разогреву по интенсивным режимам.

Между тем влияние C и $\beta\text{-SiC}$ на формирование структуры и свойств ШЩВ, ЗЩВ и ЗШЩВ на жидком стекле из микрокремнезема проявляется не только в эффекте ускорения твердения на подложке. Так, с точки зрения принципа максимального заполнения в структуре материала должно быть как можно меньше пустот, не заполненных частицами меньшего размера, так как от соотношения пустых и заполненных промежутков зависит свойства реального материала. Примеси жидкого стекла из микрокремнезема, располагаясь в порах твердого материала, создают тем самым физическую структуру золощелочного и шлакощелочного цементного камня. Вполне очевидно, что с увеличением доли содержащихся в жидком стекле мельчайших частиц C и $\beta\text{-SiC}$ плотность упаковки повышается за счет заполнения ими капиллярных пор. Уменьшение же свободного объема капиллярных пор, в свою очередь, приводит к тому, что заполнение их гелеобразными продуктами гидратации происходит быстрее, в результате чего увеличивается скорость нарастания прочности. Следовательно, в этом отношении, более предпочтительно жидкое стекло из микрокремнезема I типа. И наконец, частицы $\beta\text{-SiC}$, обладающего высокой прочностью и термостойкостью, снижают деформации усадки, выполняя при этом роль жаростойкого микронаполнителя. Кроме того, известно, что при высокотемпературном воздействии кристаллы кубической сингонии (β -модификация SiC) характеризуются одинаковой скоростью линейного расширения по всем направлениям, что также оказывает положительное влияние на жаростойкость материала. Поэтому жаростойкость образцов на жидком стекле из микрокремнезема I типа, содержащего (по сравнению с микрокремнеземом других типов) наибольшее количество карбида кремния, ха-

рактеризуется максимальной остаточной прочностью и минимальной огневой усадкой (0,8–1,3%).

Разработанные составы и технологические приемы получения жаростойких бетонов на техногенном сырье признаны Роспатентом патентоспособными.

Таким образом, все выполненные исследования показали не только возможность, но и целесообразность использования техногенного сырья в производстве жаростойких бетонов. Данные по объемам образования микрокремнезема, золы-уноса, золошлаковых смесей и отсева от дробления диабазового щебня подтверждают, что эти отходы могут служить стабильной сырьевой базой. К этому следует добавить, что перспективными запасами вышеперечисленных отходов являются отвалы.

Ключевые слова: жаростойкие бетоны, жаростойкость, остаточная прочность, жидкое стекло, микрокремнезем, графит, карборунд, зола, шлак, золошлаковая смесь, цеолитоподобные соединения.

Список литературы

1. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Зейфман М.И., Тотурбиев Б.Д. Жаростойкие бетоны на основе композиций из природных и техногенных стекол. М.: Стройиздат, 1986. 144 с.
2. Глуховский В.Д. Щелочные вяжущие системы // Цемент. 1990. № 6. С. 3–7.
3. Русина В.В. Золошлакощелочные вяжущие на основе жидкого стекла из примесесодержащего микрокремнезема // Строительные материалы. 2011. № 11. С. 25–28.
4. Русина В.В. Жидкое стекло из микрокремнезема // Известия вузов. Строительство. 2004. № 9. С. 122–125.
5. Русина В.В. Закономерности формирования состава и свойств микрокремнезема // Бетон и железобетон. 2009. № 3. С. 20–23.

V Международная конференция

НАНОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧНОГО И ДОЛГОВЕЧНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

23–25 марта 2013 г.

Каир, Египет

Организаторы конференции:

Египетско-российский университет (ERU),

Национальный исследовательский центр жилья и строительства (HBRC),

Ижевский государственный технический университет

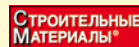


Тематика конференции:

- 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 Хелми

Египетско-российский 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

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")



**ИЗМЕРИТЕЛИ
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**

ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"

стационарный
и зондовый режимы



диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

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



**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 ПЛОТНОСТИ
ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ**

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



ИТП-МГ4.03 "Поток"

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

диапазон 10...999 Вт/м²
-40...+70 °С



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.

Г.Р. БУТКЕВИЧ, канд. техн. наук,
ФГУП «ВНИПИНСтромсырье» (Москва)

Периодизация развития промышленности нерудных строительных материалов: оценка пройденного пути и взгляд в будущее

Одними из первых видов изделий, изготовленных нашими предками из горных пород, были бутовый камень, щебень, блоки. По мере усложнения конструкции сооружений возрастали требования к продукции горняков. Уже тысячелетия назад возводились крепости, дворцы, культовые ансамбли, акведуки. Крупные объекты нуждались в качественных материалах. И появились специалисты, способные оценивать свойства горных пород. Обеспечивалась высокая точность обработки минерального сырья. Руководители работ обладали знаниями и инженерной интуицией, поражающей нас, современных инженеров. Производство нерудных строительных материалов (НСМ) и их перемещение к строящемуся объекту основывалось на ручном труде.

Со временем промышленность НСМ стала одной из ведущих отраслей горного сектора мировой экономики. Доля производимых НСМ во всем мире, без учета потерь минерального сырья при переработке, превышает 20 млрд т в год и составляет половину объема добычи всех твердых полезных ископаемых. Согласно другим оценкам, производство НСМ в мире уже несколько лет назад превысило 27 млрд т [1]. Подобное соотношение между добываемыми твердыми полезными ископаемыми сложилось и в России.

Рассмотрим периоды становления отрасли.

В Советском Союзе выполнение программы индустриализации вызвало бурный рост производства НСМ. В 1930-е гг. производство НСМ увеличилось почти в семь раз, в 1940-е гг. – в 2,5 раза, несмотря на военные годы и послевоенную разруху; в 1950-е гг. – в шесть раз. В следующие десятилетия рост производства НСМ замедлился и составил 1,7 раза в 1960-е гг., 1,8 раза в 1970-е гг. и 1,3 раза в 1980-е гг. С 1990 г. начался спад выпуска НСМ, вызванный глубокими социально-экономическими преобразованиями. В конце 1991 г. Советский Союз прекратил существование.

В постсоветской России господствует самый неэффективный вид экономики – сырьевой. Несмотря на

многообещающие заявления руководства страны, промышленность продолжает двигаться по экстенсивному пути. В этом кроется одна из причин медленного улучшения жизненного уровня населения и отставания по удельным долям ВВП, в частности по одному из объективных показателей – выпуску НСМ в расчете на одного жителя страны.

Промышленность НСМ, как любая отрасль, проходит циклы развития, включающие периоды технического переоснащения, изменения требований к характеристикам продукции, кризисов спроса и т. п. В связи с глобализацией на состояние экономики и отдельных ее отраслей влияют процессы, происходящие не только в данной стране, но и мире в целом.

Преодолев кризис, российская экономика вступила в стадию стагнации. Это сказалось на состоянии строительного сектора и, как следствие, потреблении НСМ. В отличие от некоторых других стран, например США (см. таблицу), объем производства НСМ в России после 2009 г. возрастает (рис. 1), обеспечивая потребности строительства. Но количественный рост не сопровождается серьезным изменением показателей, характеризующих состояние производства и его культур, таких как производительность труда, энергоемкость продукции, экологичность, удельный расход минерального сырья на единицу продукции.

На принятие решений органов государственного управления по развитию отрасли влияют ее особенности:

- продукция НСМ имеет потребительную стоимость не самостоятельно, а в готовых объектах (здания, авто- и железные дороги, аэродромы, дамбы, плотины, мосты, оборонные объекты и т. п.). По этой причине проблемы отрасли менее заметны;
- разнохарактерность объектов строительства предопределяет различия требований к характеристикам промышленности НСМ, отражающихся в различных ГОСТах и ТУ; обоснованность требований продолжает вызывать споры;

Прогноз спроса на НСМ в США, разработанный компанией DCG Inc. [2]/[3]

Вид строительства	Объем, млрд т, по годам				
	2010	2011	2012	2013	2014
Жилищное	0,31	0,32\0,34	0,36\0,35	0,37\0,34	0,42\0,36
Гражданское	0,48	0,52\0,54	0,53\0,52	0,51\0,53	0,57\0,6
Промышленное	1,2	1,11\1,1	0,96\1,06	0,96\1,1	1,06\1,23
Всего	1,99	1,96	1,85	1,84	2,05
По отношению к прошедшему году, %	2,5	-1,5	-5,6	-0,5	11,4

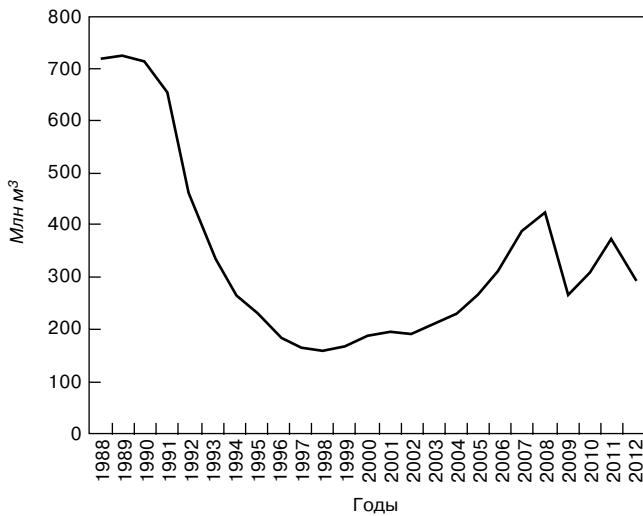


Рис. 1. Производство нерудных строительных материалов в России

- полезные ископаемые и первичная продукция, производимая из них, относительно дешевы, вследствие чего промышленность НСМ недостаточно привлекательна для инвесторов и научных исследований, а значит, более других удалена от технического прогресса;
- хотя отрасль уникальна по объему добываемых полезных ископаемых и количеству (тысячи) работающих предприятий, среди которых преобладают малые и средние с низкими технико-экономическими показателями, ее проблемы практически не анализируются.

Промышленность нерудных строительных материалов самая землеемкая в горном деле. Она наносит существенный ущерб окружающей среде. Поэтому сокращение объема минерального сырья для производства НСМ — задача, имеющая большое народнохозяйственное и экологическое значение. Какими путями этого достичь?

Самый перспективный путь — использовать отходы других горнодобывающих производств, вторичное минеральное сырье. Кардинальному решению вопроса препятствуют недостатки в законодательстве о недропользовании, более других горных отраслей затрагивающие промышленность НСМ, источником сырья которой являются общераспространенные полезные ископаемые. В стране не сформировалась государственная политика по рациональному использованию недр. Существующая законодательная и нормативная база не ориентирует предприятия на комплексное использование природных и техногенных ресурсов, создание техногенных месторождений, полноту выемки минерального сырья.

Особенно актуальными для РФ, по мнению автора, являются проблемы, связанные с созданием техногенных месторождений (ТМ): их статуса, включения техногенных образований в балансы ГКЗ или ТКЗ (государственной и территориальной комиссии по запасам), контроля за их формированием. В этих проблемах переплетаются интересы нескольких ведомств. Пока же в российском горном законодательстве не проработано даже само понятие ТМ. Для промышленности НСМ вопрос ТМ важен потому, что главным потребителем вскрышных и вмещающих пород и отходов переработки других горных производств является именно наша промышленность. Кроме того, 70–80% отсевов дробления самой промышленности НСМ, а это десятки миллионов кубометров, ежегодно поступают в отвалы и вскоре теряют свои полезные свойства. Нужны решения на государственном уровне, на-

пример о принятии Горного кодекса. Эта идея давно внедрилась в сознание сообщества горняков. Но она не находит поддержки во властных структурах, несмотря на то что действующие акты содержат признаки коррупционности.

Остаются без должного внимания такие направления снижения ресурсоемкости, как уменьшение расхода минерального сырья на выпуск единицы продукции за счет снижения отходов переработки (совершенствование технологии переработки минерального сырья, создание нового оборудования), а также расширения номенклатуры продукции, в частности благодаря комплексному использованию минеральных ресурсов, вовлечению в переработку в значительно больших масштабах отходов стройиндустрии.

Несмотря на кризис, мировая промышленность широко внедряет инновационные технологии в разных отраслях. У нас это процесс идет медленно. Промышленность НСМ России для повышения эффективности производства может воспользоваться результатами разработок академической и прикладной науки по созданию прорывных технологий. Но этот недорогой и эффективный путь почему-то даже не рассматривается ни профильными министерствами, ни РАН. Информация о достижениях других производств практически стала недоступной. В частности, из-за скудности публикаций в отраслевых изданиях.

Представляется продуктивным оценить перспективы развития отрасли на основании анализа пройденного пути. Ретроспективный анализ позволит с большей уверенностью прогнозировать будущее; оценить действия по преодолению последствий кризисов сбыва продукции; определить продолжительность интервалов в изменениях требований к характеристикам продукции, техническому переоснащению предприятий отрасли и др. То есть необходимо очередной раз попытаться извлечь уроки из ошибок предшественников.

Рост благосостояния жителей приводит к увеличению потребности в разных видах минерального сырья. К концу XIX в. в мире и России промышленность НСМ выделилась как самостоятельная горная отрасль. В Российской империи решение вопросов отрасли вошло в компетенцию Горного департамента Министерства земледелия и государственных имуществ. Была организована система ежегодной статистической отчетности, данные которой содержали важную, более полную и понятную информацию по сравнению с нынешней и постоянно публиковались. В начале XX в. производилось около 2 млн м³ НСМ, среди которых наиболее востребованным оказался бутовый камень [4].

Первые механизированные карьеры в Советском Союзе возникли в связи со строительством Днепровской и Нижнесвирской ГЭС, когда потребовался качественный щебень. Таковым считался щебень из прочных скальных пород. Затем последовало строительство ряда других предприятий, в частности производящих продукцию из песчано-гравийной смеси [5].

Некоторые специалисты, участвовавшие в прошлом столетии в становлении современной промышленности НСМ, считали датой ее основания в Советском Союзе Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О развитии жилищного строительства в СССР» от 31 июля 1957 г. [6].

С середины XX в. можно начать выделение в отечественной промышленности НСМ Советского Союза, а затем России этапов развития — ограниченных во времени периодов, которые имеют определенные отличия. Автору представляется возможным выделить такие периоды, понимая, что предложенное деление является не только приблизительным, но и субъективным [7].

В первой половине XX в. строятся крупные механизированные предприятия НСМ, разрабатываются стандарты на продукцию, возникают проектные организации, в частности Гипронеруд, создаются предпосылки для выпуска специализированного оборудования, учитывающего особенности отрасли. При этом бутоломы и грабари работали на карьерах даже во второй половине XX в. В горном сообществе преобладает мнение, что все технологические задачи отрасли могут быть решены на основании уже известных проработок, апробированных в других горных отраслях. Поэтому в течение многих лет проблемы отрасли оставались как бы незамеченными, несмотря на то что в эти годы печатались книги, отражающие особенности отрасли.

К 1960-м гг. отечественная промышленность НСМ стала превращаться из полукустарной в современную. Были построены крупные предприятия. Карьеры получили возможность оснащаться современным отечественным горным оборудованием не только строительного типа. Организуются отраслевые НИИ. Проведена перепись промышленности Центральным статистическим управлением (ЦСУ). Публикуются хотя и редкие, один-два раза в год, статьи в журналах «Строительные материалы» и «Горном журнале».

В это же время начало изменяться отношение к отрасли в горном сообществе и госструктурах. Отрасль стала признаваться равноправной среди других горных отраслей, хотя разместилась на нижней ступеньке неофициальной иерархической лестницы. В Научно-техническом обществе (НТО) стройиндустрии была создана секция «Нерудные строительные материалы» и подготовлено первое всесоюзное совещание. ВНИИнеруд начал собирать и ежегодно публиковать сведения о состоянии промышленности НСМ по значительной группе карьеров.

1970-е гг. характеризуются не только наращиванием мощностей предприятий, но и борьбой за качество продукции, расширением ее номенклатуры, ростом выпуска мелких фракций щебня и гравия. Промышленность получает необходимое оборудование наравне с другими горными отраслями. В вузах создается специализация по добыче и переработке строительных горных пород.

В 1980-е гг. продолжается рост выпуска продукции. В 1989 г. достигнут максимум – 1,3 млрд м³ НСМ. СССР по объему произведенных НСМ почти сравнялся с США (1,8 млрд т). Предприятия работают на пределе возможностей. Запросы промышленности учитываются в госпрограммах. В 11-ю пятилетку (1981–1985 гг.) выполнено несколько целевых программ, которые предназначались для создания специализированного оборудования для отрасли.

В 1990 гг. происходит резкое сокращение объемов всех видов строительства и снижение выпуска НСМ во всех республиках, входивших в состав СССР. В России

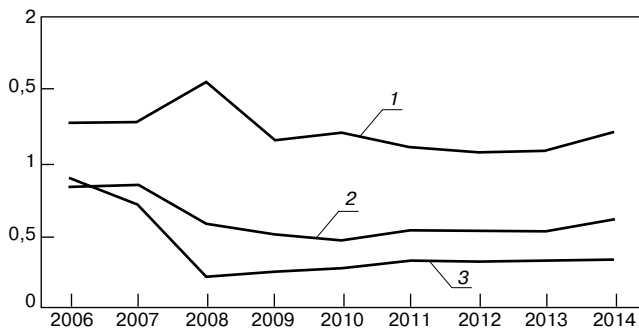


Рис. 2. Прогноз спроса на НСМ, разработанный фирмой DCG, по секторам строительства [10]: 1 – промышленное; 2 – гражданское; 3 – жилищное

спад составил около пяти раз. Закрываются предприятия. Теряются кадры. Создается новое законодательство о недропользовании, четкую характеристику которого дал В.В. Грицков: «Закон РФ «О недрах» творили наспех в разгар перестройки, и в таком недоношенном состоянии он и остается с 1992 г. Угар от фактической приватизации недр, продолжающийся передел минерально-сырьевого пирога – вот главные причины разительного различия в качестве современного и предшествующего (русского) горного законодательства» [7].

В 2000–2008 гг. происходит частичное восстановление отрасли. Наблюдается массовое поступление импортной техники, к сожалению, в значительной части бывшей в употреблении. Но отставание показателей от передовых зарубежных стран сохраняется.

В 2009 г. разразился кризис, совпавший с разработкой первой долгосрочной программы «Стратегия развития промышленности строительных материалов до 2020 года», которая подверглась заслуженной критике. Начавшийся подъем производства зависит от финансирования государственных строительных программ, т. е. состояния экономики не только РФ, но и мира.

Россия вступила в ВТО. Этот акт затрагивает интересы и отдельных предприятий, и отрасли в целом. Предстоит выполнить огромную работу по гармонизации стандартов, нормативных документов, кодов продукции. Необходимо пересмотреть нормативы численности персонала, разработанные в докомпьютерный век, которые тормозят рост производительности труда. Устарели Нормы технологического проектирования. Поскольку создавать новые нормативные документы, учитывая реалии сегодняшнего дня, едва ли удастся, необходимо скорректировать имеющиеся.

Во многих странах существует многолетняя традиция составления прогнозов развития. В важности прогнозирования мы убедились в 2009 г. (научного прогнозирования, а не предсказаний). Прогнозирование выполняется для различных отраслей, включая промышленность НСМ.

Чтобы принять решение об изменении объема выпуска продукции, расширении ее номенклатуры, проведении реконструкции, руководству предприятия нужны надежные ориентиры. Такими ориентирами должны служить средне- и долгосрочные прогнозы развития отрасли, принимаемые на уровне правительства страны, и планы развития отдельных территориальных образований. В известной «Стратегии» сформулированы только общие задачи, основанные на показателях производства в докризисный период. Она не может помочь в оценке перспектив. Интересен опыт других стран.

В КНР в кризисном 2008 г. был разработан прогноз по строительной отрасли до 2012 г. включительно. Прогноз предусматривал рост строительства на 8,1% ежегодно. Разработаны отдельные прогнозы по жилищ-

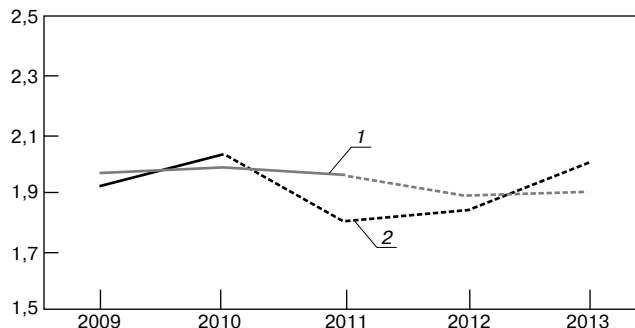


Рис. 3. Сравнение прогнозов [2]: 1 – май 2012 г.; 2 – декабрь 2010 г.

ному и другим секторам строительства. Причем демографический фактор предполагалось учесть только в более отдаленной перспективе [9].

Известный в мире американский журнал «Пит энд Куорри» (Pit & Quarry), специализирующийся на публикации материалов, связанных с промышленностью НСМ, в каждом номере приводит данные об объеме производства НСМ и состоянии заключенных договоров по видам строительства. В отдельных статьях оценивается сходимостъ данных прогнозов [2, 11]. Так, по прогнозу, выполненному в 2010 г., потребность в НСМ на 2011 г. должны была снизиться до 1,81 млрд т, а фактически было произведено 1,96 млрд (рис. 2, 3). Корректировка прогнозов в США выполняется систематически. К сожалению, практики прогнозирования в РФ пока нет. Хотя прогнозы для промышленности НСМ составлялись начиная с 1960-х гг. Гипронерудом и ВНИПИИстромсырье (коллективом, ранее входившим во ВНИИЖелезобетон), например [11]. Но эти прогнозы строились на основании директивных показателей развития промышленности, утверждавшихся ЦК КПСС и Советом Министров.

Прогноз потребности в 1,87 млрд т НСМ на 2012 г. американские аналитики объясняют медленными темпами роста экономики страны. На 2013 г. рост потребности также не прогнозируется (1,89 млрд по сравнению с 1,87 млрд в 2012 г. и меньшим значением по сравнению с 2011 г.). По их мнению, на снижение потребности в НСМ влияют три основных фактора:

- Европа не в состоянии решить вопрос с долгами. В Европе имеются собственные проблемы, такие как пенсионная реформа, здравоохранение. Экономики большинства европейских стран остаются неконкурентоспособными;
- рост производства в США ниже уровня «оздоровления экономики» и дает лишь сигнал к ускорению выпуска продукции;
- финансовые круги США консервативны. Они ждут конца 2012 г., то есть итогов выборов президента страны. Политический компромисс с ними (сокращение налоговых льгот, безработица, реформы медицины) будет, возможно, играть роль после выборов в декабре. Но тогда планы бизнеса на 2013 г. уже будут сформированы. Это значит, что на 18–24 месяца следует ожидать низкий спрос на НСМ.

На основании исторических данных развития промышленности НСМ и выявления ряда ее особенностей можно сделать следующие выводы.

1. Промышленность НСМ России демонстрирует возможности быстрого восстановления и наращивания объемов – на 18% в год и более краткосрочной перспективе без строительства новых объектов, в частности благодаря использованию самоходных и модульных перерабатывающих комплексов.
2. Развитие промышленности НСМ России, как и других стран, зависит от финансирования госпрограмм по строительству инфраструктуры и оборонных объектов. Разнохарактерность объектов строительства предопределяет различие потребности в продукции и требований к ее характеристикам.
3. Чтобы исключить стихийность в развитии промышленности со всеми негативными проявлениями, особенно болезненными для тысяч предприятий отрасли, часто являющихся градообразующими, необходимо создать четкую систему прогнозирования развития стройкомплекса. В таком прогнозе должны быть проанализированы перспективы изменения потребности в различных строительных материалах, особенно конкурирующих по областям применения. Автор надеется, что поднятые в статье вопросы вызовут интерес у инженерной общественности и помогут

четче сформулировать предложения для принятия решений по развитию одной из крупнейших горных отраслей страны.

Ключевые слова: *нерудные строительные материалы, объем производства, прогнозирование, ресурсоемкость, минеральное сырье.*

Список литературы

1. Pit&Quarry. 2012. March. P. 8.
2. Pit&Quarry. 2012. January. P. 6.
3. Pit&Quarry. 2012. June. P. 4.
4. Сборник статистических сведений о горнозаводской промышленности России в 1906 году. С.-Петербург, 1909.
5. Дайн А.И., Шлаин И.Б. Нерудных строительных материалов промышленность. Большая Советская энциклопедия, 3-е издание, т. 17, М.: БЭС, 1974. С. 1532–1533.
6. Коммунистическая партия Советского Союза в резолюциях и решениях съездов, конференций и пленумов ЦК. 1998–1971. Изд. 8. М.: Политиздат, 1971. Т. 7. С. 278–294.
7. Буткевич Г.Р. Этапы развития промышленности нерудных строительных материалов России // Строительные материалы. 2011. № 1. С. 3–5.
8. Грицков В.В. Горное законодательство Российской империи. История горного дела. Т. 17. М., 2012.
9. RockProducts. 2009. June. P. 42.
10. Pit&Quarry. 2012. August. P. 4.
11. Прогноз научно-технического прогресса промышленности нерудных строительных материалов на период до 1990 г. Ленинград: Гипронеруд, 1971.

ПОСТРОЙ СВОЙ МИР!



24-26 апреля
ВОРОНЕЖ 2013

ул. Ворошилова, 1а
Спортивный комплекс
“ЭНЕРГИЯ”

36-я межрегиональная специализированная ВЫСТАВКА
с международным участием

СТРОИТЕЛЬСТВО

ОРГКОМИТЕТ:



КОНТАКТЫ:

тел: (473)277-48-36
(473)251-20-12
e-mail: stroy@veta.ru

Подробная информация
на www.veta.ru

А.А. РУДЫЧЕВ, Ю.А. ДОРОШЕНКО, Е.Н. ЧИЖОВА, доктора экон. наук,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Ценовая политика производителей строительных материалов

Одной из важнейших составляющих стратегии повышения эффективности работы предприятия в жестких условиях рынка является ценовая политика. Стратегия ценообразования основной целью ставит определение поведения предприятия производства строительных материалов (ПСМ) в тех или иных сегментах рынка, чтобы с помощью эффективной ценовой политики привлечь покупателей к своим товарам, сформировать устойчивые потребительские предпочтения потенциальных покупателей. Правильный выбор ценовой политики является необходимой составляющей успешной деятельности любого предприятия ПСМ.

Под ценовой политикой понимают определение уровня цен и возможных вариантов их изменения в зависимости от целей и задач, решаемых фирмой в краткосрочном плане и в перспективе. Иными словами, выбор ценовой политики можно рассматривать как отправную точку, начальный этап и направление движения. В целом всю работу предприятия по формированию цен на свою продукцию можно назвать его ценовой политикой [1].

Необходимо выделить несколько этапов, связанных с выработкой ценовой политики или ценовой стратегии в каждой стратегической зоне хозяйствования (СЗХ) и в конечном итоге с выбором метода ценообразования и установления уровня продажных цен.

1. Общее исследование предполагаемого рынка сбыта или СЗХ-прогнозирование конъюнктуры рынка.
2. Определение модели рынка с точки зрения его конкурентоспособности.
3. Определение этапа жизненного цикла товара.
4. Определение общих целей фирмы в данном сегменте рынка или СЗХ.
5. Выбор целевой политики фирмы.
6. Использование факторов, влияющих на уровень продажной цены.
7. Выбор метода и установление базового уровня цен.

На этапе общего исследования рынка должна осуществляться оценка и выбор предпочтительных рынков, на которых фирме целесообразно работать. При этом проводится оценка собственных производственных возможностей и составление ранжированного ряда товаров, которые могут быть произведены на предприятии, коммерческая оценка потребностей, лежащих в основе товаров, планируемых к выпуску, их конкурентоспособность. Предварительная технико-экономическая оценка и главные результаты первого этапа исследования должны стать основой принципиального решения о целесообразности работы на рассматриваемом рынке.

Исследования, проведенные на первом этапе, позволяют производителю определить тип рынка, на котором он собирается работать. Если на рынке фигурирует большое количество фирм, производящих стандартную продукцию, причем выход на данный рынок свободный, то можно говорить о совершенной (чистой) конкуренции. В этом случае выработка правильной ценовой

политики сводится к установлению цен на уровне уже сложившихся на рынке и к поиску объема выпуска, максимизирующего прибыль при данном уровне цены.

Если фирма собирается и уже работает на рынке несовершенной конкуренции (монополистическая конкуренция и олигополия), а именно к таким моделям в большей мере можно отнести большинство секторов рынков строительных материалов, то она часто сталкивается с необходимостью принятия решения по ценам. Вопрос установления цен имеет первостепенное значение в ряде случаев:

- когда фирма устанавливает цену впервые;
- когда обстоятельства принуждают фирму рассмотреть вопрос изменения цен, например в целях привлечения новых покупателей;
- когда конкуренты изменяют цену;
- когда фирма выпускает товары, тесно связанные с другим с точки зрения спроса и их себестоимости.

Для выработки стратегии ценообразования для производителей строительных материалов может иметь существенное значение концепция жизненного цикла товара, который состоит из пяти основных этапов: разработка, внедрение на рынок, рост продаж, период зрелости и падение. Для новых видов строительных материалов более весомым является этап исследования на начальной стадии их внедрения, так как традиционные виды материалов могут иметь жизненный цикл до нескольких веков (кирпич, известь, дерево), не уступая своих позиций на рынке. На начальной стадии внедрения на рынок товар имеет минимальную известность и степень приемлемости его покупателями. На этой стадии фирма может использовать стратегию низких цен, если она поставила перед собой цель проникнуть на рынок и завоевать его большую долю, или стратегию высоких цен, с тем чтобы в короткий период получить как можно большую массу прибыли [1].

Важным моментом в получении конечного результата — установления рационального уровня цен является определение целей и задач ценообразования для той или иной фирмы. Выделяют три основные цели в ценовой политике, которые может выбрать фирма: основанные на сбыте, основанные на прибылях и основанные на существующем положении.

В первом случае предприятие заинтересовано в росте реализации или максимизации доли на рынке, во втором — в максимизации прибыли, получении удовлетворительного дохода, оптимизации дохода от инвестиций или обеспечении быстрого поступления наличных средств. При целях, основанных на текущем положении, фирма стремится обеспечить себе безубыточное существование, испытывая острую конкуренцию и изменение потребностей клиентов. С большой вероятностью можно утверждать, что для различных производителей стройматериалов в зависимости от складывающихся условий наиболее актуальны первые два варианта, так как они приемлемы в секторах, где складывается монополистическая конкуренция (по группам анало-

гичных товаров): стеновые, кровельные, заполнители для бетонов и т. д. и олигополия (рынок цемента), хотя появляется ряд производителей, поставленных в условия острой конкуренции, в основном из-за необходимости конкурировать с импортной продукцией (облицовочная плитка, линолеум, обои и т. д.). Они вынуждены ставить целью безубыточное существование.

Наиболее типичными задачами, решаемыми с помощью проведения продуманной ценовой политики, являются:

- выход на новый рынок;
- введение нового товара (политика «снятия сливок»);
- защита позиций (ценовые методы конкурентной борьбы);
- последовательный проход по сегментам рынка;
- быстрое возмещение затрат («доступные цены»);
- удовлетворительное возмещение затрат («целевые цены»);
- стимулирование комплексных продаж («убыточный лидер»);
- ценовая дискриминация;
- следование за лидером [2].

При этом ценовая политика может быть различной даже у одних и тех же предприятий, так как это зависит в первую очередь от целей фирмы. Так, можно предположить, что в случае заинтересованности предприятия в росте реализации или максимизации доли на рынке оно, вероятно, будет проводить политику выхода на новый рынок, или последовательного прохода по сегментам рынка, или стимулирования комплексных продаж.

В случае стремления к максимизации прибыли или обеспечению быстрого поступления наличных средств предпочтение будет отдаваться политике быстрого возмещения затрат или политике «снятия сливок», связанной с введением нового товара. При целях, основанных на сохранении текущего положения, возможна целевая политика, основанная на ценовой дискриминации, защите позиций или следовании за лидером.

Как уже отмечалось, одним из основных этапов, связанных с выработкой ценовой стратегии, является выбор метода ценообразования, в большей или меньшей степени приемлемый для расчета цен, в том числе на продукцию ПСМ.

Если учесть, что итоги экономической деятельности зиждутся на затратах, которые выражаются в ценах, то цена видится основной экономической категорией. Она связана с пониманием ряда других, в том числе макроэкономических, — производство, товарно-денежное обращение, потребление, ВВП, национальный доход. Кроме того, все основные показатели производственной деятельности фирмы (объем капитальных вложений, себестоимость продукции, производительность труда, фондоемкость и др.) связаны с ценами и зависят от них. Цена является основой планирования и финансирования капитальных вложений, расчета эффективности инвестиционных проектов, оценки внутрипроизводственных экономических отношений, оценки деятельности предприятия, исчисления экономического эффекта от внедрения инноваций.

В неоклассической идеологии по поводу цен и механизма ценообразования имеет место путаница, а в пореформенное время у нас возобладала дурная мода переписывать западные учебники — «Экономикс» и др. Внутренняя их логика бессистемна и совершенно непоследовательна. С одной стороны, стереотипно утверждается, что в условиях рынка ценообразование должно быть рыночным, равновесным, а с другой — признается возможность и необходимость регулирования цен. Авторы опровергают самих себя. Догма «равновесные цен» не соответствует действительности. На практике действующие цены означают распределение элементов

добавочной стоимости, в том числе в пользу государства. Доля налогов давно стала составным элементом цены, не говоря уже о государственном регулировании монопольного ценообразования. Таким образом, ценообразование в товарно-рыночной трактовке — это чистый миф [3].

В экономической науке преобладают три основные концепции ценообразования и их разновидности. Это затратно-трудовая, которая предполагает использование ряда методов ценообразования, в большей или меньшей степени приемлемых для расчета цен на продукцию ПСМ, причем только в той части, в какой они соответствуют ценовой политике предприятия:

- метод полных издержек;
- метод стоимости изготовления;
- метод рентабельности (доходности) инвестиций;
- параметрический метод ценообразования;
- семейство методов рыночных оценок [1].

Кроме затратно-трудовой применяются концепция предельной полезности, или, другими словами, «маржинализм», и «двухфакторная» концепция цены неоклассического направления, объясняющая ценообразование соотношением спроса и предложения.

В неоклассической модели ценообразования используются только факторы спроса и предложения. В объяснениях процесса ценообразования допускаются два условия, каждое из которых не соответствует действительности и научной методологии познания: во-первых, для всех процессов ценообразования принимается двухфакторная модель, в то время как в действительности факторов больше; во-вторых, факторы спроса и предложения принимаются как равноценные и равнодействующие [3]. Это не соответствует реальной экономике, поскольку в экономической реальности равновесия не бывает. Кроме того, не просматривается связь между затратами и ценой, которая в рыночной экономике является жизненно важной.

Поэтому в условиях рыночных отношений наиболее приемлемым способом формирования цен является процесс, основанный на затратах, когда все расходы, связанные с производством и реализацией продукции, покрываются доходами, полученными от продажи товаров.

При этом наряду с другими факторами учитываются факторы спроса и предложения, где последний действует непосредственно на массу прибыли, уменьшая ее при снижении спроса.

Так, по данным [3], в оптовых ценах на основную массу промышленной продукции затраты составляют 80–85% (влияние фактора предложения), а прибыль, отражающая влияние фактора спроса, — 15–20%.

Это говорит о том, что решающим фактором при формировании оптовых цен на производство современной промышленности является фактор затрат.

В практике ценообразования на уровень цен оказывает влияние множество повышающих и понижающих факторов. Поэтому для описания реального механизма ценообразования необходимо использование многофакторной модели вместо двухфакторной. Ввиду того что действие конкретных ценообразующих факторов неодинаково для различных товаров и цен, их можно формализовать.

Тогда формулу формирования цены C_m можно представить в следующем виде:

$$C_m = Z_m + P_m \frac{\sum_{i=1}^n K_i}{\sum_{j=1}^p K_j},$$

где m — вид продукта; Z_m — затраты предприятия на продукт m ; P_m — прибыль на продукт m ; K_i — фактор, повы-

шающий цену продукта; K_j — фактор, понижающий цену продукта; i — номер повышающего фактора; j — номер понижающего фактора; n — количество K_i ; p — количество K_j .

Следует отметить, что при расчете можно судить лишь о базовом уровне цены на какой-то конкретный момент времени. Кроме того, нежелательно использовать какой-либо один из затратных методов расчета цены, так как каждый из них имеет свою сферу применения и, естественно, дает больше или меньше погрешности при практическом использовании в хозяйственной деятельности производителей строительных материалов. По нашему мнению, фирме-производителю необходимо рассчитывать несколько вариантов цены на конкретный вид продукции, что позволит определить диапазон ее варьирования. Кроме того, эта работа должна быть основана на результатах выработанной на

предыдущем этапе исследования общей ценовой политики предприятия, ее целях и задачах, должна учитывать условия конкурентной среды, в которой функционирует предприятие.

Ключевые слова: ценовая политика, стратегия ценообразования, методы ценообразования, затраты, прибыль.

Список литературы

1. Рудычев А.А. Повышение конкурентоспособности строительных материалов на внешнем рынке. СПб.: Химия, 1998. 207 с.
2. Котлер Ф. Основы маркетинга / Пер. с англ. М.: Ростинтэр, 1996. 704 с.
3. Лабзунов П.П. О многофакторной концепции цены // Экономика. 2011. № 10. С. 44–50.

В издательстве «Стройматериалы» Вы можете приобрести специальную литературу



Учебное пособие «Химическая технология керамики»

Авторы – Андрианов Н.Т., Балкевич В.Л., Беляков А.В., Власов А.С., Гузман И.Я., Лукин Е.С., Мосин Ю.М., Скидан Б.С. Освещены вопросы современного состояния технологии основных видов керамических изделий строительного, хозяйственно-бытового и технического назначения, а также различных видов огнеупоров. Главное внимание уделено основным процессам технологии керамики и ее свойствам. Подробно изложены характеристика различных видов сырья, проблемы подготовки керамических масс различного вида и их формирование различными методами, особенности механизмов спекания, а также дополнительные виды обработки керамики: металлизация, глазурование, декорирование, механическая обработка. Детально описаны свойства керамических изделий – механические, деформационные, теплофизические, электрофизические, в том числе при высоких температурах.

Пособие может быть полезно специалистам, работающим в области технологии керамики и огнеупоров.

Книга «Керамические пигменты»

Авторы – Масленникова Г.Н., Пищ И.В.

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

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



Книга «Технология производства стеновых цементно-песчаных изделий»

Авторы – Балакшин Ю.З., Терехов В.А.

Описано производство и применение стеновых материалов методом вибропрессования из цементно-песчаных бетонов. Рассмотрена существующая и перспективная номенклатура изделий и их свойства. Даны характеристики сырьевым материалам – песку, щебню, вяжущим и химическим добавкам, и рекомендации по подбору состава бетонной смеси. Подробно представлена технология производства цементно-песчаных вибропрессованных стеновых изделий. Особое внимание уделено технологическому контролю на производстве и техническому контролю и обслуживанию оборудования. Книга предназначена для организации производственно-технического обучения на предприятии, будет полезна инженерно-техническому персоналу и широкому кругу специалистов.

Книга «Сухие строительные смеси. Состав, свойства»

Авторы – Корнеев В.И., Зозуля П.В.

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

Книга «Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки»

Автор – Ищук М.К.

Обобщен отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки. Показана история проектирования и строительства таких зданий. На конкретных примерах зданий, возведенных в конце 1990-х гг. рассмотрены различные дефекты наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки. Приведены результаты экспериментальных и расчетно-теоретических исследований наружных облегченных стен, инженерные методы расчета различных воздействий на наружные многослойные стены и др.

Книга «Бетонведение: лексикон»

Автор – Ушеров-Маршак А.В.

Издание подготовлено в виде толкового словаря, ориентированного на формирование понятийно-терминологического аппарата бетонведения. Учтены тенденции международной интеграции науки о бетоне и его технологии. Особенность издания состоит в насыщенности информацией физико- и коллоидно-химического характера в связи с возрастающей ролью этих знаний при обосновании составов, структур, свойств, технологических процессов получения и службы бетона.

Заказать литературу можно через редакцию, направив заявку произвольной формы

по факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36

по электронной почте: mail@rifsm.ru



А.Г. ПЕРЕХОЖЕНЦЕВ, д-р техн. наук,
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Моделирование температурно-влажностных процессов в пористых строительных материалах. Ч. 2. Методика расчета характеристик пористой структуры по изотермам капиллярного испарения

В настоящее время известны различные методы определения характеристик пористой структуры материалов: ртутная порометрия, адсорбция, хроматографическая, электронная и оптическая микроскопия, рассеяние рентгеновских лучей под малыми углами и др. Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки. Достаточно подробно они рассмотрены в работах С. Грегга и К. Синга [1], Т.Г. Плаченова и С.Д. Колосенцева [2] и других авторов [3–6]. Так как для расчетов влажностного режима наружных ограждающих конструкций здания необходимо иметь характеристику равновесной влажности капиллярно-пористого материала, для исследования пористой структуры удобно использовать ту же характеристику, применяя для этой цели сорбционный метод. Исследованиям возможно-стей адсорбционного метода посвящено достаточно много работ. Наиболее полно рассмотрен этот метод в работах [1, 3, 6].

Ниже приводится модифицированный метод автора, который использует для расчета характеристик пористой структуры капиллярно-пористых материалов их изотермы капиллярного испарения, полученные от полного водонасыщения.

В условиях термодинамического равновесия адсорбата с пористым телом при $T = \text{const}$ и $P = \text{const}$ изменение энергии Гиббса будет равно нулю ($\Delta G = 0$). В этом случае связь между радиусом капилляра и относительным давлением адсорбата устанавливается известным уравнением Кельвина:

$$r_k = - \frac{2\sigma_a \cos \theta}{RT \ln(p/p_s)} \quad (1)$$

Уравнение Кельвина (1) широко применяется для расчета распределения объема пор по размерам. Теоретической основой метода являются следующие положения. Если граница раздела жидкость – газ находится внутри поры, характеризующейся кельвиновским радиусом r_k , то разница давлений в жидкой и газовой фазах определяется уравнением Лапласа ($p_k = 2\sigma_{жг} \cos \theta / r_k$), а парциальное давление водяного пара – уравнением Кельвина. Применимость этого уравнения для таких расчетов была предметом специальных исследований многих авторов [1, 6 и др.].

Так как при адсорбции крупнопористыми адсорбентами, какими является большинство строительных материалов, практически невозможно получить полного водонасыщения материала w_n , эту величину предлагается получать из отдельного опыта. Для этой цели из предварительно высушенного образца и дистиллированной

воды одновременно откачивают воздух под вакуумом, затем образец опускают в дегазированную воду, которая заполняет практически все поры материала. Таким образом, получают величину полного водонасыщения материала w_n . Так как в пределах $p/p_s = 0,98 - 1$ получить опытные данные затруднительно, после их обработки вся кривая десорбции интерполируется, включая участок кривой от w_d до w_n . Таким образом устанавливают расчетную кривую капиллярного испарения, которая включает в себя десорбционную ветвь и содержит информацию практически обо всем диапазоне изменения размеров пор.

При расчете по уравнению (1) необходимо также учитывать толщину равновесной адсорбционной пленки t . Радиус поры r_p получим, прибавив к кельвиновскому радиусу r_k толщину слоя адсорбционной пленки t :

$$r_p = r_k + t \quad (2)$$

При этом величину t можно определить при известной емкости монослоя a_m как произведение средней толщины монослоя δ на число молекулярных слоев n :

$$t = n \cdot \delta = (w/a_m)\delta \quad (3)$$

Количество молекулярных слоев n в (3) Г. Хелси [1] предлагает определять по относительным давлениям пара p/p_s , соответствующим образованию сорбционной пленки при влагосодержании w и a_m . Тогда вместо (3) получим:

$$t = \delta (\ln(p_s/p_m) / \ln(p_s/p_w))^{1/3} \quad (4)$$

Среднюю толщину одного слоя адсорбата δ можно принять равной среднему размеру диаметра молекулы свободной воды, т. е. 0,35 нм.

Объем пор, не занятый водой в определенный момент времени, будет равен суммарному объему пустых пор за вычетом пространства, занятого адсорбированным полимолекулярным слоем. Для цилиндрических капилляров:

$$\Delta V = V_p - V_a = \pi \int_r^{r_{\max}} (r_p - t)^2 f(r) dr \quad (5)$$

где V_p – суммарный объем пор; V_a – адсорбционный объем при давлении p/p_s , при котором заполнены все поры с радиусом меньше r_p ; $f(r)$ – функция распределения объемов пор по размерам их радиусов.

Объем испарившейся жидкости при десорбции на какой-либо стадии n обозначим через ΔV_n . Тогда объем поры ΔV_{pn} , соответствующий этой стадии, получим, прибавив к нему объем адсорбированного слоя за вычетом объема пара, десорбированного в ранее опорожненных порах. М.М. Дубинин [6] считает возможным определять объем пор по приближенной формуле:

$$\Delta V_{pn} = \Delta V_n + \bar{t}_n \frac{2 \Delta V_n}{r_n - t_n} + \Delta t_n \sum_{i=1}^{n-1} \frac{2 \Delta V_i}{r_i - t_i}. \quad (6)$$

Далее по известным значениям ΔV_p и Δr_p рассчитываем значения дифференциальной кривой распределения объемов пор:

$$f_v(r) = \Delta V_p / \Delta r_p \quad (7)$$

и интегральной кривой распределения объемов пор по размерам радиусов:

$$V_p = \sum_{i=1}^n \Delta V_{pi}. \quad (8)$$

Дифференциальный объем кельвиновских пор ΔV_k определим как разность $\Delta V_k = \Delta V_p - \Delta V_s$, соответствующий уменьшению адсорбционного слоя ΔV_s , как произведение толщины адсорбционного слоя ($\Delta t = t_i - t_{i-1}$), на которую он уменьшился при изменении относительного давления адсорбата, на удельную поверхность пор s_i , ранее потерявших влагу, т. е. дифференциальный объем в порах с размерами радиусов $r_p > r_{pi}$, который равен:

$$\Delta V_i = \Delta t \cdot s_i \cdot \rho_o \cdot 10^{-7}, \quad (9)$$

где ρ_o — объемная масса материала.

Удельная поверхность свободных пор будет равна сумме дифференциальных поверхностей Δs_p , соответствующих освобождающимся объемам ΔV_p . Величину Δs_p определим как отношение этого объема к среднему радиусу пор:

$$\Delta s_p = (2 \cdot \Delta V_p \cdot 10^{-7}) / (\bar{r}_p \cdot \rho_o). \quad (10)$$

При полном насыщении пористого материала свободная удельная поверхность s будет равна нулю. Поэтому для расчета $s_i = \Sigma(\Delta s_p)$ величина Δs_{pi} при давлении p/p_s , близких к единице, принята такой, которой можно пренебречь (при $p/p_s = 0,9999$ принято $\Delta s_p = 10^{-7} \text{ м}^2/\text{г}$).

Таким образом, определив последовательно s_i и затем объемы ΔV_{i-1} , ΔV_{ki} и ΔV_{pi} , соответствующие размерам радиусов r_{pi} , можно рассчитать такие важные характеристики пористой структуры строительных материалов, как структурную $\Delta V_p = \Phi(r_p)$, дифференциальную $f_v(r) = V_p / r_p$ и интегральную $\Sigma \Delta V_p$, кривые распределения пор по размерам их радиусов и величину удельной поверхности пор \bar{s} для модельного тела. Для расчета указанных выше характеристик пористой структуры материалов составлена компьютерная программа расчета. Все эти характеристики являются важной составной частью расчетов влагопереносных свойств капиллярно-пористых строительных материалов ограждающих конструкций зданий.

Значения характеристик пористой структуры по описанной выше методике получены для модельных тел. Однако характеристики модельного и реального тел, независимо от того какую модель мы выбираем, будут отличаться. Это отличие, безусловно, скажется на влагопереносных свойствах материалов. Для приближения параметров модельных тел к реальным, как правило, используют подгоночные коэффициенты. Такие коэффициенты некоторые авторы называют коэффи-

циентами извилистости пор, другие — характеристиками активности пористости. Обычно под извилистостью пор понимают отношение истинной длины поры и ее проекции на направление переноса. В общем случае под коэффициентом извилистости следует понимать параметр, учитывающий все неоднородности пористой среды (извилистость, гофрировку, тупиковые поры и т. п.). Обычно величину извилистости получают на основании каких-либо структурных моделей или эмпирических формул. Под активной пористостью подразумевают величину доли пор в общем объеме, которая принимает участие в том или ином процессе переноса, чаще всего в фильтрации.

Рассматривая в основном процессы, связанные с капиллярным влагопереносом, попытаемся определить характеристику активной пористости и коэффициент извилистости пор, используя для этой цели известные значения внутренних удельных поверхностей пор.

С точки зрения капиллярной влагопроводности основным признаком капиллярности является наличие поверхности раздела жидкой фазы воды с ее паром, а точнее, искривленной поверхности раздела (мениска). Следовательно, обязательным условием капиллярного влагопереноса или пленочного течения воды является наличие свободной внутренней поверхности пор. Так, при полном водонасыщении все поры заполнены водой, внутренняя свободная поверхность пор равна нулю, следовательно, отсутствует поверхность раздела жидкость — пар, необходимая для образования мениска. С уменьшением влагосодержания в результате капиллярного испарения последовательно освобождаются вначале крупные поры, а затем более мелкие. В результате появляется поверхность раздела $\bar{S}(r_i)$ жидкость — пар, равная свободной внутренней поверхности влажного тела, следовательно, и некоторая капиллярная активность. Поэтому предлагается капиллярную активность пор оценивать наличием свободной внутренней поверхности. Удобнее всего эту оценку делать в относительных единицах, т. е. отношением удельной поверхности модельного тела при заполнении пор радиусами r_i к максимальному значению этой поверхности. Максимальным значением удельной поверхности пористого тела можно считать внутреннюю поверхность $S_{БЭТ}$, определенную по формуле БЭТ [1]:

$$S_{БЭТ} = (a_m \cdot N_A \cdot A_m \cdot 10^{-20}) / M, \quad (11)$$

где a_m — емкость монослоя, соответствующая количеству вещества, адсорбированного на 1 г адсорбента при молекулярном покрытии поверхности:

$$a_m = s / A_m, \quad (12)$$

где s — удельная поверхность адсорбента, $\text{м}^2/\text{г}$; A_m — площадь, занимаемая 1 молекул адсорбата на поверхности адсорбента в конденсированном мономолекулярном слое, нм^2 .

Эммет и Брунауэр [1] предлагают определять величину A_m по формуле:

$$A_m = f(M / (\rho_{ж} \cdot N_A))^{2/3} 10^{22}, \quad (13)$$

где f — фактор упаковки монослоя; M — молекулярная масса, $18,016 \text{ кг/кмоль}$; $\rho_{ж}$ — плотность адсорбата в жидком состоянии, для воды 1000 кг/м^3 ; N_A — число Авогадро, $6,02 \cdot 10^{26} \text{ 1/кмоль}$.

Этот метод определения удельной внутренней поверхности пор можно назвать *методом молекулярного учета*, так как измерительной мерой является площадь поверхности одной молекулы адсорбата (воды).

Тогда активная капиллярная поверхность влажного пористого материала будет равна:

$$m_2 = \bar{S}(r_i) / S_{\text{БЭТ}}. \quad (14)$$

Для сухого материала (при $r_i = r_0$) удельная поверхность имеет максимальное значение $\bar{S}(r_0) = \bar{S}_{\text{max}}$. При этом необходимым условием моделирования является равенство объемов пор для модельного и реального тел $V_m = V_p$.

Максимальные значения удельных поверхностей модельных цилиндрических пор \bar{S}_{max} и реальных $S_{\text{БЭТ}}$ будут различны, следовательно, и условные длины пор будут отличаться. Подставляя соответствующие значения удельных поверхностей и длин для модельного l_m и реального l_p пористого тела, получим следующее соотношение:

$$\bar{S}_{\text{max}} \cdot l_m = \bar{S}_{\text{БЭТ}} \cdot l_p. \quad (15)$$

Искомый подгоночный коэффициент, или коэффициент извилистости пор, получим из соотношения (15) как отношение удельных внутренних свободных поверхностей реальных и модельных пор:

$$d_i = \frac{S_{\text{БЭТ}}}{\bar{S}_{\text{max}}} = \frac{l_m}{l_p}, \quad (16)$$

где d_i – коэффициент извилистости пор.

Так как величины $S_{\text{БЭТ}}$ и \bar{S}_{max} строго индивидуальны для каждого пористого материала, соотношение (16) должно отражать отличие реального материала от модельного. Например, коэффициент извилистости для некоторых пород древесины близок к единице, для березы $d_i = 1,09$. Это означает, что структура данного

капиллярно-пористого материала близка к модельной, поэтому подгоночный коэффициент близок к единице. Однако для цементного раствора (1795 кг/м^3) $d_i = 3,57$; для керамзитобетона (1350 кг/м^3) – 1,4; для обожженного кирпича – 1,17.

Таким образом, чем больше соответствует удельная поверхность модельного тела реальной поверхности, тем ближе коэффициент извилистости к единице. Тем не менее во всех случаях применение подгоночного коэффициента извилистости позволяет приблизить модельное тело к реальному.

Ключевые слова: *изотермы капиллярного испарения, пористая структура.*

Список литературы

1. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М.: Мир, 1970. 407 с.
2. Плаченов Г.Г., Колосенцев С.Д. Порометрия. Л.: Химия, 1988. 174 с.
3. Algren L. Fuktfixering i porosa byggnadsmaterial // Moisture fixation in porous building materials. Lund. Sweden, 1972. Report 36. 200 p.
4. Hagymassy J., Brunauer S., Mikhail R.S. Pore structure analysis by water vapor adsorption // J. Coll. Int. Sci. 1969. V. 29. B 3. Pp. 485–491.
5. Hall C., Kalimeris A. Rain absorption and run off on porous building surfaces // Canadian Journal of Civil Engineering. 1984. V. 11. Pp. 108–111.
6. Дубинин М.М. Капиллярные явления и информация о пористой структуре адсорбентов: В кн. «Современная теория капиллярности». Л.: Химия, 1980. С. 100–125.

В издательстве «Стройматериалы» вы можете приобрести специальную литературу



Книга «Клеевые деревянные конструкции с узлами на клеенных стержнях в современном строительстве (система ЦНИИСК)»

Авторы – д-р техн. наук Турковский С.В., канд. техн. наук Погорельцев А.А., канд. техн. наук Преображенская И.П. Книга содержит примеры из опыта применения различных типов конструкций в современном строительстве. Особенность применяемой системы состоит в использовании нового вида соединений в узловых сопряжениях и стыках конструкций, открывающего новые возможности клееной древесины. Система позволяет получить большепролетные сборные конструкции повышенной надежности, в том числе уникальные. Кроме того, теперь имеется возможность на основе серийно изготавливаемых унифицированных элементов создавать самые различные конструктивные системы – как по форме, так и по размерам. Система создана на основании длительных исследований (с 1974 г.), проводимых сотрудниками лаборатории деревянных конструкций ЦНИИСК, а также опыта проектирования, изготовления и применения клееных деревянных конструкций за последние 15–20 лет.



Монография «Производство деревянных клеенных конструкций»

Автор – заслуженный деятель науки России, д-р техн. наук Ковальчук Л.М. В книге рассмотрены основные вопросы технологии изготовления ДКК, показаны области их применения, описаны материалы для их изготовления. Особое внимание уделено вопросам оценки качества, методам испытаний, приемке и сертификации клеенных конструкций. В книге приведен полный перечень отечественных и зарубежных нормативных документов, регламентирующих производство и применение ДКК

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



Доктор Ханс-Бертрам Фишер

Ученый-материаловед, харизматическая личность

К 60-летию Х.-Б. Фишера

Харизматической личностью, как известно, называют человека, достигшего значительных успехов в определенной сфере деятельности и умеющего собрать вокруг себя соратников, не прилагая на первый взгляд для этого серьезных усилий. К таким людям, безусловно, относится известный ученый доктор-инженер Ханс-Бертрам Фишер (Vauhaus-Universität Weimar, FIB) из Веймара – города Шиллера и Гёте, одного из центров европейской культуры, руководитель многих крупных научных проектов. Много лет своей жизни и научной деятельности посвятил он одному из основных вяжущих строительных материалов – строительному гипсу в исследовательском, образовательном и прикладном аспектах.

Родился Ханс-Бертрам 21 февраля 1953 г. С отличием окончил среднюю школу, а в 1977 г. с таким же результатом факультет неорганической химии Харьковского политехнического института по специальности

химическая технология вяжущих веществ. Судя по тому, с каким ностальгическим чувством он стремится в Харьков на встречи со своими сокурсниками и коллегами по совместной работе в области строительного материаловедения, можно утверждать о неизгладимом впечатлении от Украины и Харькова – города науки, студентов и, что немаловажно, красивых девушек...

В 1992 г. в Веймаре Х.-Б. Фишер подготовил и защитил диссертацию на тему «Влияние химических добавок на строительный гипс – кондуктометрические исследования». Вся его последующая работа – широкие теоретические, экспериментальные и прикладные исследования сульфатов кальция и гипсовых материалов на их основе. Перечислим лишь некоторые из развиваемых им направлений:

- процессы обезвоживания гипса;



Силикатный факультет НТУ «Харьковский политехнический институт»



Вручение почетного диплома

- реакционная способность и стабильность свойств вяжущих;
- процессы растворения различных фаз сульфатов кальция;
- влияние и роль добавок;
- механизм старения гипсовых вяжущих;
- технологические аспекты применения строительного гипса в штукатурках, изделиях и пр.

Многовековая история гипса довольно любопытна. Началась она еще в 315 г. до н. э., когда Теофраст в трактате «О камнях» составил первое описание гипса. Плиний Старший в «Естественной истории» описывает его более подробно, еще не делая, правда, различий между прозрачными разновидностями гипса, кальцита, барита и слюды. Первым минералом, который в 1695 г. изучал А. Левенгук с помощью изобретенного им микроскопа, был гипс.

На протяжении веков гипс, кальцит и барит представлялись одним и тем же минералом. Лишь в XVIII столетии внесли ясность шведские химики: А. Кронстедт указал, что кальцит в отличие от гипса вскипает в соляной кислоте, а К. Шееле установил в барите присутствие нового химического элемента, отличив таким образом и этот минерал от гипса. В том же веке французский химик А. Лавуазье опубликовал первое научное исследование по гипсу «Анализ гипса».

С тех пор очень многие известнейшие ученые занимались исследованием гипса: А. Ле Шателье, В. Оствальд, П.П. Будников и многие-многие другие в разных странах и на разных континентах. Нужно обладать научной смелостью, интуицией и энтузиазмом, чтобы продолжать исследовать так давно и тщательно изучаемый природный материал.

Казалось бы, после стольких лет изучения материала великими и основательными учеными вряд ли можно обнаружить что-то новое. Однако природа никогда сразу не раскрывает своих тайн. Высокая эрудиция, смелость научной мысли, оригинальность экспериментов, глубокий аналитический ум и талант исследователя – вот основные составляющие успеха в научной деятельности.

Развитие методов исследования, применение нестандартных подходов стали основой для исследований Х.-Б. Фишера и установления тонкостей гидратации, кристаллообразования гипса при твердении, выявления роли и влияния добавок, в том числе наноразмерного диапазона.

Благодаря современному арсеналу методов исследования – кондуктометрии, калориметрии, ДТА, определению БЭТ-поверхности, электронной микроскопии и др. ученому удалось достигнуть значительных результатов. Отметим в этой связи не без удовлетворения, что некоторые аспекты исследования выполнены нами совместно с приложением термокинетического и термодинамического подходов.

За годы научной деятельности в области строительного гипса Х.-Б. Фишер опубликовал около 150 работ, включая разделы в учебных пособиях и монографии; сделал десятки докладов в Германии, Канаде, Китае, Чехии, Австрии, Швейцарии и в странах СНГ.

По объему сделанного, по уровню накопленной информации и владению проблемой Х.-Б. Фишер напминает П.П. Будникова. Жаль только, что в отличие от академика он не подготовил равновеликую монографию. Но все еще впереди...

Многогранны аспекты деятельности д-ра Фишера – научная, учебная, редакционная, международная. Представителям стран СНГ известна объемная и результативная работа по подготовке и проведению авторитетной международной конференции по строительным материалам «IBAUSIL».

Надо обладать серьезным организаторским талантом и глубокими научными познаниями, чтобы безукоризненно, регулярно раз в три года проводить подобное мероприятие: прием и размещение 700–800 участников, издание двух увесистых томов трудов; организация пленарных и секционных заседаний, экскурсий на заводы и стройки, культурных событий. Особое внимание уделяется ученым и практикам из стран бывшего Советского Союза. Обязательны теплые русские вечера. И с горечью признаем, подобных возможностей для встреч, профессиональных и личных контактов в настоящее время в Украине нет...

Доктор Фишер активно сотрудничает с учеными из Киева, Москвы, Ташкента, Белгорода, Львова, Ижевска, Харькова, Магнитогорска и Чимкента. Наверное, список не полон. Плодотворность сотрудничества подтверждается весомым, можно сказать беспрецедентным, доказательством. Х.-Б. Фишер – почетный профессор НТУ «Харьковский политехнический институт», Харьковского и Киевского национальных университетов строительства и архитектуры, Белгородского технологического университета им. В.Г. Шухова, Ташкентского института архитектуры и строительства, Украинской академии железнодорожного транспорта. В 2001 г. выбран иностранным членом Академии строительства Украины.

Искренность в отношениях, доброжелательность, участие, редкая обязательность – черты Ханса, которого все мы очень любим и ценим. Все кратко сказанное пунктирно отражает портрет известного ученого и прекрасного человека Ханса-Бертрама Фишера.

*Многие лета, доброго здоровья и новых успехов,
дорогой Ханс!*

**А.В. Ушеров-Маршак, д-р техн. наук,
профессор Харьковского национального университета
строительства и архитектуры;
М.А. Саницкий, д-р техн. наук,
профессор Национального университета
«Львовская политехника»**

С.Н. ЛЕОНОВИЧ, д-р техн. наук, Белорусский национальный технический университет (Минск); О.Ю. ЧЕРНЯКЕВИЧ, преподаватель, Брестский государственный политехнический колледж

Прогнозирование долговечности железобетонных конструкций при карбонизации

Коррозия арматуры, являющаяся важнейшей проблемой долговечности железобетонных конструкций, как правило, обуславливается карбонизацией окружающего ее бетона. Из-за различий в условиях изготовления и эксплуатации конструкций расчет защитного слоя бетона на стадии проектирования является прогнозным. Применение вероятностных методов к моделированию процесса карбонизации позволяет получать прогнозные оценки глубины и скорости карбонизации бетона и, как следствие, назначать минимальную толщину защитного слоя бетона для заданного расчетного срока эксплуатации конструкций.

В данной работе решались следующие задачи: провести параметрические исследования изменчивости базисных переменных, входящих в полную вероятностную модель карбонизации бетона и характеризующих свойства бетонной смеси (тип цемента, В/Ц, условия твердения бетона), воздействия окружающей среды на конструкции (влажность, дождь, концентрация CO_2); разработать вероятностные модели базисных переменных.

Уравнение предельного состояния для депассивированной арматуры, т. е. для арматуры, не имеющей защитной пленки, предохраняющей от коррозии:

$$p\{ \} = P_{ден} \{ a - x_c(t) < 0 \} < p_0, \quad (1)$$

где $p\{ \}$ – вероятность депассивации; a – толщина защитного слоя бетона, мм; $x_c(t)$ – глубина карбонизации за время t , мм; t – расчетный срок службы, год; p_0 – заданная вероятность наступления предельного состояния.

Определить срок службы конструкции t можно с использованием функции:

$$g(a, x_c(t)) = a - x_c(t) = a - k\sqrt{t}, \quad (2)$$

где $g(a, x_c(t))$ – функция состояния, определяющая остаточную толщину защитного слоя после эксплуатации конструкции в течение времени t ; k – величина, характеризующая скорость процесса карбонизации (мм/год^{0,5}).

На основании первого закона Фика из уравнения (2) получено уравнение (3). При этом предполагается, что коэффициент диффузии для углекислого газа через материал является константой материала. Однако в общем случае коэффициент диффузии CO_2 в бетоне в течение времени эксплуатации может зависеть от большого количества факторов. Уравнение (3) лежит в основе полного вероятностного расчетного метода для карбонизации бетона без трещин, в котором толщина защитного слоя бетона сравнивается с глубиной карбонизации $x_c(t)$ за определенное время t :

$$g(a, x_c(t)) = a - x_c(t) = a - \sqrt{2 \cdot k_e \cdot k_c \cdot (k_r R_{ACC.O}^{-1} + \epsilon_r) \cdot C_s \cdot \sqrt{t} \cdot W(t)}, \quad (3)$$

где $x_c(t)$ – глубина карбонизации за время t , мм; k_e – коэффициент относительной влажности окружающей среды; k_c – коэффициент твердения; k_r – коэффициент регрессии; $R_{ACC.O}^{-1}$ – обратное эффективное сопротивление карбонизации в бетоне, (мм²/год)/(кг/м³); ϵ_r – погрешность, обусловленная использованием ускоренного метода карбонизации, (мм²/год)/(кг/м³); C_s – концентрация CO_2 в окружающем воздухе (кг/м³); $W(t)$ – функция, учитывающая влияние климатических параметров.

Имеется три уровня для статистического определения толщины защитного слоя при расчете долговечности.

1. Без требований к качеству изготовления:
бета-распределение: $\mu = a_{аз.с.ном}$; $\sigma = 10$ мм;
 $b = 5c_{ном} \leq d_{element}$.
2. Обыкновенные требования к качеству изготовления:
бета-распределение: $\mu = a_{аз.с.ном}$; $\sigma = 8$ мм;
 $b = 5c_{ном} \leq d_{element}$.
3. Специальные требования к качеству изготовления:
бета-распределение: $\mu = a_{аз.с.ном}$; $\sigma = 6$ мм;
 $b = 5c_{ном} \leq d_{element}$.

где μ – среднеквадратическое отклонение; σ – среднее значение.

Рекомендуется при вероятностном моделировании отклонений толщины защитного слоя бетона Δa применять следующие параметры: $\mu = 0 \pm 10$ мм; $\sigma = 5-10$ мм.

Таблица 1

Класс	Условный расчетный срок службы, лет	Примеры
1	1–5	Временные конструкции
2	25	Заменяемые конструктивные элементы и детали, например подкрановые балки, опоры
3	50	Здания и другие обычные конструкции, отличные от перечисленных ниже
4	100 или более	Монументальные здания и другие специальные и значимые конструкции, крупные мосты

Таблица 2

Город	Среднее значение μ относительной влажности, %	Минимальная относительная влажность a , %	Максимальная относительная влажность b , %	Стандартное отклонение σ , %
Минск	77,6	15	100	9,4
Брест	76	15	100	9
Гродно	78,5	13	100	8,6
Витебск	77,5	13	100	8,8
Гомель	75,2	15	100	9,5
Могилев	79,7	15	100	8

Таблица 3

Продолжительность выдерживания бетона t_c , дни	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
k_c	3	2,03	1,61	1,37	1,2	1,09	1	0,92	0,86	0,81	0,77	0,73	0,7	0,67

Таблица 4

Тип цемента	В/Ц ¹					
	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6
Цем. I 42.5R (портландцемент)	Н.о ²	3,1	5,2	6,8	9,8	13,4
Цем. I 42.5R + зола-унос ($k=0,5$)	Н.о ²	0,3	1,9	2,4	6,5	8,3
Цем. I 42.5R + микрокремнезем ($k=2,0$)	3,5	5,5	Н.о ²	Н.о ²	16,5	Н.о ²
Цем. III / В 42.5	Н.о ²	8,3	16,9	26,6	44,3	80

¹ Эквивалентное водоцементное отношение, учитывает золу-унос или микрокремнезем с соответствующим значением k (коэффициент эффективности).
² Н.о. – невозможно определить для этих бетонных смесей обратное эффективное сопротивление карбонизации.

Рекомендуемые значения проектного срока службы t согласно СТБ ISO 2394 приведены в табл. 1.

Коэффициент относительной влажности k_e зависит от уровня влажности, коэффициента диффузии сопротивления карбонизации бетона.

Результаты измерений карбонизации на бетонных и растворных образцах, хранящихся при различных значениях относительной влажности, показали, что при низкой влажности RH до 60% глубина карбонизации возрастает, при увеличении относительной влажности глубина карбонизации уменьшается.

Коэффициент k_e можно рассчитать по следующему уравнению:

$$k_e = \frac{\left(1 - \left(\frac{RH_{real}}{100}\right)^{f_e}\right)^{g_e}}{\left(1 - \left(\frac{RH_{ref}}{100}\right)^{f_e}\right)^{g_e}}, \quad (4)$$

где RH_{real} – относительная влажность карбонизированного слоя, %; RH_{ref} – эталонная относительная влажность, является постоянным параметром, равным 65%.

Коэффициенты g_e и f_e определяются методом аппроксимации кривой, полученной по данным эксплуатационных измерений. Рекомендуется использовать значения $g_e = 2,5$; $f_e = 5$.

Значение RH_{real} можно определить исходя из среднегодового значения относительной влажности, определяемого по данным метеорологических станций для конкретной местности.

Значения относительной влажности определяются по данным Гидрометеоцентра. В связи с тем, что значения находятся в пределах $0\% < RH_{real} \leq 100\%$, для описания относительной влажности необходимо применять распределение с верхней и нижней абсолютными границами.

На основе анализа выборки значений среднегодовой влажности атмосферного воздуха RH_{real} за 2006–2010 гг. для всех областных центров Республики Беларусь (табл. 2) сделано заключение, что значения колеблются от 75,2 до 79,7%, стандартное отклонение σ находится в пределах 8–9,5.

Для моделирования случайной величины RH_{real} рекомендуется применять бета-распределение с верхней и нижней абсолютными границами. Установлены верхние и нижние абсолютные границы RH_{real} : $b = 100\%$; $a = 13–15\%$.

Расчет параметра k_c можно выполнить по уравнению либо принять из табл. 3.

Рассмотренные параметры можно объединить:

$$x_c = \sqrt{2 \cdot R_{carb}^{-1} \cdot C_s \cdot \sqrt{t} \cdot \left(\frac{t_0}{t}\right)^{\frac{(p_{SR} \cdot T_{0W})^{b_w}}{2}}}, \quad (5)$$

где

$$R_{carb}^{-1} = k_{RH} \cdot R_{NAC.O}^{-1} = k_{RH} \cdot (k_1 \cdot k_c \cdot R_{ACC.O}^{-1} + \varepsilon_t), \quad (6)$$

где R_{carb} – эффективное сопротивление карбонизации бетона ($m^5/c \cdot kg \cdot CO_2$).

Обратное эффективное сопротивление карбонизации определяется по результатам испытаний ускоренным методом карбонизации (ААС-метод).

После измерения глубины карбонизации по уравнению определяют среднее значение эталонного обратного эффективного сопротивления:

$$R_{ACC.O}^{-1} = \left(\frac{x_c}{\tau}\right)^2, \quad (7)$$

где $R_{ACC.O}^{-1}$ – обратное эффективное сопротивление карбонизации в бетоне, (m^2/c)/(кг/м³); $\tau = 420$ (с/кг/м³)^{0,5}.

Таблица 5

Город	Количество дней с осадками $h_{Nd} \geq 2,5$ мм/год					T_{oW} влажное время, годы
	2006	2007	2008	2009	2010	
Минск	54	76	85	66	72	0,193
Брест	55	55	71	69	57	0,168
Могилев	61	84	74	72	81	0,204
Витебск	63	62	62	66	72	0,178
Гродно	87	84	101	92	94	0,251
Гомель	72	76	102	78	81	0,224

для описанных условий испытания; x_c – измеренная глубина карбонизации в испытании, м.

Если невозможно получить данные обратного сопротивления карбонизации по описанному методу, можно применять данные, определенные по ускоренному методу карбонизации – АСС (табл. 4).

Значения обратного сопротивления карбонизации для представленного ниже примера принимали для железобетонного элемента с В/Ц = 0,5 и расходом портландцемента 400 кг/м³ из табл. 2 с единицей измерения [10–11(м²/с)/(кг/м³)]. Для использования этих значений в представленной модели единицы измерения преобразованы в [(м²/год)/(кг/м³)].

Для моделирования данного параметра в данном примере принято логнормальное распределение со следующими параметрами: среднее значение $\mu = 6,8 \cdot 10^{-11}$ (м²/с)/(кг СО₂/м³); стандартное отклонение $\sigma = 0,45 \cdot \mu = 3,07 \cdot 10^{-11}$ (м²/с)/(кг СО₂/м³).

Коэффициентами k_t и ε_t корректируются отличия испытаний образцов в условиях ускоренной карбонизации (АСС-методом) и в условиях «естественной карбонизации» (метод НАС). Коэффициенты k_t и ε_t введены для преобразования обратного сопротивления $R_{АСС.О}^{-1}$, полученного в условиях ускоренной карбонизации, в обратное сопротивление карбонизации $R_{НАС.О}^{-1}$ в условиях естественной карбонизации согласно методу НАС. Согласно рекомендациям приняты следующие вероятностные модели указанных коэффициентов: ε_t – погрешность при использовании ускоренного метода карбонизации, нормальное распределение с параметрами $\mu(\varepsilon_t) = 315,5$ (мм²/год)/(кг/м³) и $\sigma(\varepsilon_t) = 48$; k_t – коэффициент регрессии, логнормальное распределение с параметрами $\mu(k_t) = 1,25$ и $\sigma(k_t) = 0,35$.

Влияние концентрации СО₂ в окружающем воздухе на бетонную конструкцию рассчитывается по уравнению (10). Согласно данным измерительных станций концентрация углекислого газа в атмосфере в 2009 г. составила 399 миллионных доли и прогнозируется увеличение примерно на 2 миллионные доли в год вследствие дополнительных источников загрязнения. Эти данные согласуются с измерениями, проводимыми в Беларуси, например, по данным Гидрометцентра РБ, среднегодовая концентрация диоксида углерода за 2010 г. составила 789 мг/л, что соответствует 400 миллионных долей.

Зная концентрацию углекислого газа на 2010 г. и учитывая дополнительную концентрацию СО₂ вследствие дополнительных источников загрязнения воздуха в городе (26 мг/л), предположив увеличение атмосферной концентрации с каждым годом на 2 миллионные доли, получим следующее уравнение концентрации СО₂ как функцию времени t (учитывая, что плотность углекислого газа 1,97 кг/м³):

$$C_{S,atm} = 0,000815 + 0,00000394 \cdot t \text{ (кг СО}_2\text{/м}^3\text{)}, \quad (8)$$

где: t – расчетное время, годы.

Для создания вероятностной модели $C_{S,atm}$ принимаем среднее значение концентрации углекислого газа в атмосфере $\mu = 0,0000789$ на 2010 г. и стандартное отклонение $\sigma = 0,0001$.

Функция, учитывающая влияние климатических параметров $W(w, t)$ в результате увлажнения бетонной поверхности, описывается уравнением:

$$W = \left(\frac{t_0}{t} \right)^w, \quad (9)$$

где t – время, с; t_0 – эталонное время, с, по ускоренному методу испытаний ($t_0 = 28$ дней); w – показатель погоды.

Развитие карбонизации в значительной степени зависит от периодичности и длительности периодов увлажнения:

$$w = a_w \cdot T_{oW}^{b_w}, \quad (10)$$

где T_{oW} – влажное время; a_w – параметр регрессии ($m = 0,50$); b_w – параметр регрессии при нормальном распределении ($m = 0,446$; $s = 0,163$).

Величину T_{oW} можно определить по формуле:

$$T_{oW} = z / 365, \quad (11)$$

где z – количество дней с осадками $h_{Nd} \geq 2,5$ мм/год.

Значения регрессионных параметров a_w и b_w по уравнению (10) зависят от метеорологических данных по глубине карбонизации незащищенных конструкций. В этом методе имеется два предельных значения w .

Предел 1. $T_{oW} = 0 \rightarrow w = 0$. Для защищенной конструкции время увлажнения $T_{oW} = 0$. Процесс карбонизации соответствует закону квадратного корня от времени. В результате согласно уравнению (12) показатель $w = 0$.

Предел 2. $T_{oW} = 1 \rightarrow w = 0,5$. Для непрерывного сильного дождя $T_{oW} = 1$, поэтому процесс карбонизации не ожидается. Это приводит к $w = 0,5$, согласно уравнению (8) аннулируется функция времени.

Для вертикальных элементов в расчет вводится вероятность забрызгивания дождем p_{SR} :

$$w = \frac{(p_{SR} \cdot T_{oW})^{b_w}}{2}, \quad (12)$$

где w – показатель погоды; T_{oW} – время увлажнения; b_w – параметр регрессии при нормальном распределении ($m = 0,446$; $s = 0,163$).

Вероятность забрызгивания дождем определяем по уравнению:

$$p_{SR} = \frac{\sum d(w_i \cap r)}{\sum d(r)}, \quad (13)$$

где $\sum d(w_i \cap r)$ – сумма дней в течение одного года с ветром в обоснованном направлении i дней с дождем (вы-

падение осадков $h \geq 2,5$ мм); $\sum d(r)$ — сумма дней в течении одного года с дождем.

Данные для расчета $T_{ов}$ были получены по данным Гидрометеоцентра РБ для шести областных центров Республики Беларусь (табл. 2).

Вероятность бокового дождя p_{SR} можно принять приблизительно: для вертикальных элементов вычисляется из данных метеостанции; для горизонтальных элементов $p_{SR} \leq 1$; для внутренних элементов конструкции $p_{SR} = 0$.

В табл. 5 представлено подробное описание расчета влажного времени для областных центров РБ.

Предложенная полная вероятностная модель карбонизации бетона основывается на известных закономерностях классической теории диффузии, где учитывается связывание углекислого газа, которое зависит от относительной влажности, высушивания и увлажнения бетона, неоднородности бетона.

В данной модели учитываются: время эксплуатации конструкции; обратное эффективное сопротивление карбонизации; погрешность ускоренного метода определения глубины карбонизации; условия ухода за бетоном; относительная влажность окружающего воздуха; концентрация CO_2 в окружающем воздухе; погодные условия (влияние дождевых осадков), способствующие насыщению бетонной поверхности водой и замедляющие процессы карбонизации за счет заполнения пор водой.

Даны рекомендации по составлению вероятностных моделей основных базисных переменных для условий Беларуси (закон распределения, значения его статистических параметров). Для моделирования защитного слоя бетона следует применять нормальный закон распределения. Для моделирования обратного эффектив-

ного сопротивления карбонизации и погрешности его измерения — логнормальный закон.

Относительную влажность воздуха рекомендуется моделировать в виде случайной переменной, подчиняющейся бета-распределению. На основе анализа информации с гидрометеорологических станций для шести областных центров Беларуси получены статистические данные, позволяющие представлять значения относительной влажности воздуха в вероятностной форме: среднегодовые значения, стандартные отклонения, верхние и нижние границы.

На основе данных концентрации углекислого газа в атмосфере в настоящее время (кривая Киллинга), опубликованных данных тенденций возрастания этой величины выполнена оценка значений концентрации углекислого газа с учетом предполагаемого срока службы.

Для вероятностного моделирования погодных условий (влияния дождевых осадков) использована функция, учитывающая влияние климатических параметров в виде случайного процесса, зависящего от относительной продолжительности дождей и вероятности бокового ветра во время дождя. На основе анализа информации с гидрометеорологических станций получены статистические данные среднегодовой продолжительности осадков в различных областных центрах Беларуси. Указанные параметры следует моделировать при помощи логнормального распределения.

Ключевые слова: глубина и скорость карбонизации бетона, железобетонная конструкция, предельное состояние, долговечность, защитный слой бетона, вероятностная модель, закон распределения, статистические параметры, базисная переменная.

20-22 марта 2013

открой перспективы

**ЯРОСЛАВСКИЙ
СТРОИТЕЛЬНЫЙ
ФОРУМ** девятая
специализированная
выставка

www.yarstroyforum.ru

Оргкомитет: (4852) 78-87-62, 73-31-81

И.Е. СЕСЬКИН, канд. техн. наук, А.С. БАРАНОВ, инженер (geleont@mail.ru), Самарский государственный университет путей сообщения

Влияние суперпластификатора С-3 на формирование прочности прессованного бетона

В промышленной технологии мелкоштучных изделий прессование используется для придания им определенной геометрической формы и отчасти для уплотнения бетонной смеси.

Однако прессование бетонной смеси помимо решения основной технологической задачи способствует существенному изменению характера протекания процесса гидратации, структурообразования, что соответственно приводит к улучшению механических показателей бетона. При уплотнении бетона прессованием на стадии образования коагуляционной структуры удаляется часть несвязанной воды, происходит сближение твердых частиц бетона, что приводит к увеличению плотности и соответственно прочности. Однако при кратковременном (продолжительность не более 15 с) прессовании удалить лишнюю, не участвующую в процессе гидратации воду технически представляется невозможным. Этого можно достичь введением в бетонную смесь суперпластификатора, который позволяет уменьшить расход воды, не снижая ее подвижности.

Влияние пластифицирующих добавок на свойства обычного (непрессованного) бетона достаточно полно изучено [1–3]. Исследованиям их действия применительно к прессованному бетону до настоящего времени должного внимания не уделялось.

Целью настоящей работы является исследование влияния суперпластификатора С-3 на прочность прессованного бетона в возрасте 28 сут. Экспериментальные исследования были построены таким образом, чтобы судить о влиянии суперпластификатора и прессования отдельно на прочность цементного камня, цементно-песчаного раствора и бетона. Расход суперпластификатора принимали в количестве 0,5 и 1% от расхода цемента, водоцементное отношение – 0,4, а величина прессующего давления (интенсивность прессования) составляла 6, 12, 24 МПа. Такой диапазон давления

прессования был обоснован исходя из применяемого в настоящее время прессующего оборудования, используемого для производства мелкоштучных изделий. В зависимости от мощности оборудования и размеров изделия их формирование осуществляется давлением от 6 до 20 МПа. Все опытные образцы, как прессованные, так и контрольные, предварительно уплотнялись вибрированием.

Результаты экспериментальных исследований, приведенные в таблице, показывают, что кратковременное прессование способствует увеличению плотности цементного камня от 3 до 6%. Но даже такой незначительный рост плотности приводит к повышению прочности исходного цементного камня в 1,39 раза. Введение в исходное цементное тесто пластификатора С-3 позволяет увеличить прочность исходного цементного камня почти в 1,5 раза (рис. 1). Такое увеличение прочности было достигнуто при введении в цементное тесто пластификатора в количестве 1%. При уменьшении расхода пластифицирующей добавки до 0,5% ее влияние на прочность цементного камня существенно снижается.

Опыты также показали, что прессование позволяет значительно увеличить прочность цементного камня. Наибольший прирост прочности цементного камня наблюдается в интервале давлений от 0 до 12 МПа, дальнейшее увеличение давления не приводит к заметному повышению прочности. В то же время следует отметить, что одновременное действие прессования и пластификатора позволяет активно влиять на формирование прочности цементного камня. При оптимальном соотношении указанных факторов достигается увеличение прочности исходного цементного камня более чем в два раза.

Результаты экспериментальных исследований, представленные на рис. 2, свидетельствуют о том, что прессование цементно-песчаного раствора состава

Испытываемый материал	Расход С-3, % от массы цемента	Плотность (кг/м ³) при давлении прессования, МПа			
		0	6	12	24
Цементный камень	0	1922	1987	1993	2040
	0,5	1990	2002	2030	2051
	1	2008	2020	2109	2100
Цементно-песчаный раствор	0	2097	2256	2300	2329
	0,5	2121	2306	2325	2351
	1	2155	2335	2409	2509
Бетон	0	2410	2437	2474	2526
	0,5	2415	2448	2500	2565
	1	2440	2463	2494	2577

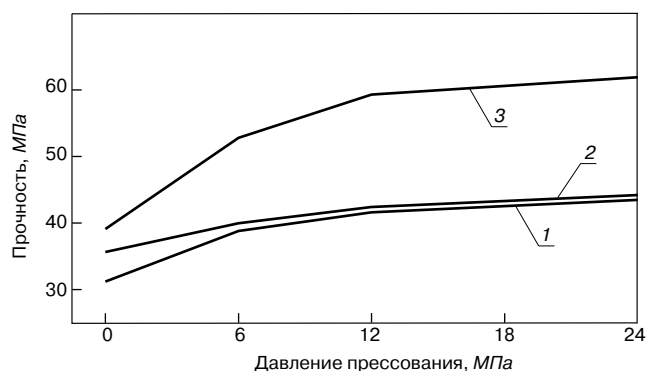


Рис. 1. Влияние величины давления прессования и количества пластифицирующей добавки на прочность цементного камня при расходе С-3: 1 – 0%; 2 – 0,5%; 3 – 1%

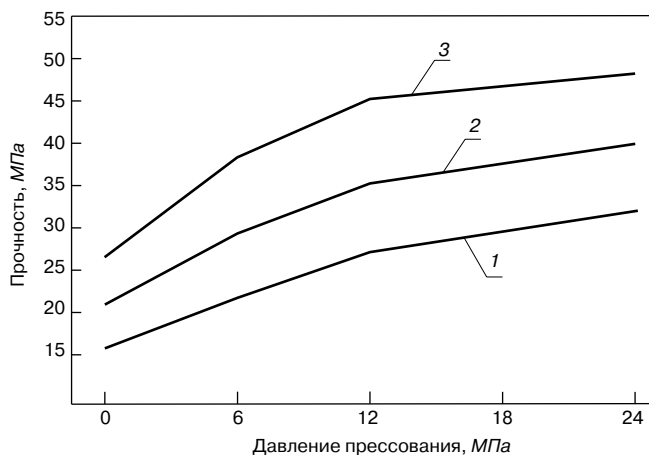


Рис. 2. Влияние на прочность цементно-песчаного раствора величины давления прессования и количества пластифицирующей добавки: 1 – исходного раствора; 2 – раствора с пластифицирующей добавкой 0,5%; 3 – то же, 1%

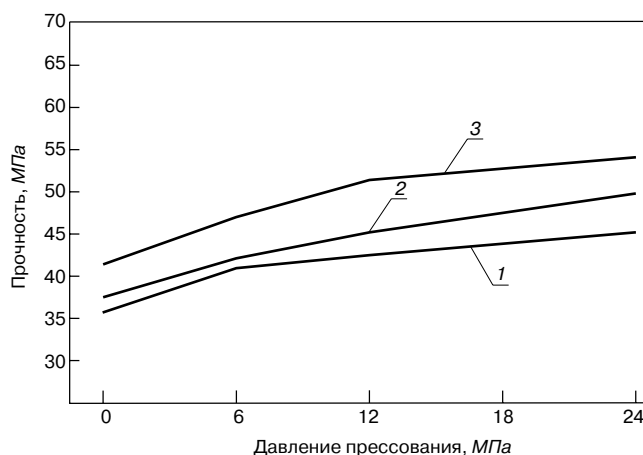


Рис. 3. Влияние на прочность бетона интенсивности прессования и количества пластифицирующей добавки С-3: 1 – 0%; 2 – 0,5%; 3 – 1%

Ц:П=1:1,5 приводит к увеличению его плотности. Прирост плотности составляет до 11%, а увеличение прочности почти в два раза. Такое увеличение было достигнуто при прессовании исходного раствора давлением 24 МПа. Примерно эквивалентное увеличение прочности было достигнуто и при введении в исходный цементно-песчаный раствор пластифицирующей добавки. Так, при введении в исходный раствор пластификатора С-3 в количестве 0,5% от расхода цемента и сокращения на 10% количества воды затворения, было достигнуто увеличение прочности в 1,87 раза. При совокупном же действии двух рассматриваемых факторов (прессования и пластификатора С-3) удастся повысить прочность исходного цементно-песчаного раствора более чем в три раза. Указанное увеличение было достигнуто при прессовании цементно-песчаного раствора давлением 24 МПа и концентрации добавки 0,5%.

Бетон как более неоднородный материал по сравнению с цементным камнем и цементно-песчаным раствором менее чувствителен к влиянию прессования и введению пластифицирующей добавки. Представленные на рис. 3 опытные данные свидетельствуют о том, что прессование исходного бетона способствует незначительному повышению плотности, что в свою очередь приводит к увеличению его прочности в 1,3 раза. Введение же в исходный бетон пластифицирующей добавки при одновременном снижении количества воды затворения приводит к увеличению прочности примерно на 20%.

Если же рассматривать увеличение прочности исходного бетона от совместного действия изучаемых факторов, можно констатировать, что совместное их действие приводит к увеличению прочности исходного бетона более чем в 1,5 раза. Наибольший эффект от пластифицирующей добавки достигается при введении ее в состав бетона в количестве 0,5% от расхода цемента, дальнейшее увеличение ее количества не приводит к росту его прочности.

Подводя итог вышеизложенному, следует сделать выводы:

- прессование цементного камня, цементно-песчаного раствора и бетона приводит к значительному изменению их прочностных характеристик;
- использование пластификатора С-3 и прессования бетона позволяет более чем на 50% увеличить его прочность.

Ключевые слова: пресс-бетон, прессование, суперпластификатор С-3, прочность, цементный камень, цементно-песчаный раствор, бетон.

Список литературы

1. Демьянова В.С., Калашиков В.И., Ильина И.Е. Сравнительная оценка влияния отечественных и зарубежных суперпластификаторов на свойства цементных композиций // Строительные материалы. 2002. № 9. С. 4–6.
2. Борисов А.А., Калашиков В.И., Ацеулов П.В. Классификация реакционной активности цементов в присутствии суперпластификаторов // Строительные материалы. 2002. № 1. С. 10–12.
3. Бабков В.В., Сахибгареев Р.Р., Чуйкин А.Е., Анваров Р.А., Колохов П.Г. Особенности структурообразования высокопрочного цементного камня в условиях длительного твердения // Строительные материалы. 2003. № 10. С. 42–43.



13-15
марта



XVII СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

- Архитектура, градостроительство, стройиндустрия;
- Строительная техника и оборудование;
- Строительные, отделочные, кровельные материалы;
- Дорожное строительство;
- Элементы интерьера, домостроительство;
- Современные покрытия, утеплители, теплоизолирующие материалы.

г. Оренбург

(3532) 67-11-01,
67-11-02, 560-560,
950-250

e-mail: uralexpo@yandex.ru, www.uralexpo.ru

А.Н. ПЛУГИН, д-р хим. наук, Украинская государственная академия железнодорожного транспорта; С.Н. ТОЛМАЧЕВ, канд. техн. наук, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет; А.А. ПЛУГИН, д-р техн. наук, Л.В. ТРИКОЗ, канд. техн. наук, Украинская государственная академия железнодорожного транспорта (Харьков)

Вымывание противоионов из диффузного слоя как начальный процесс разрушения дорожного бетона

Традиционные представления о долговечности бетона связывают ее со следующими факторами, которые приводят в обычных природных условиях к ее уменьшению, – периодическое замораживание и оттаивание, высыхание (испарение) и увлажнение, а также коррозия, в том числе выделяемая в последние годы электрокоррозия бетона в обводненных конструкциях [1].

На основании положений коллоидной химии и физико-химической механики дисперсных систем и материалов, развитых применительно к цементным бетонам [2], показано, что в основе процессов разрушения бетона лежат электроповерхностные свойства структурных элементов цементного камня. Последние обусловлены существованием электроповерхностных потенциалов $\psi_{ЭП}$ (В) и двойных электрических слоев ДЭС на их поверхности. Указанные разрушения бетона происходят за счет нарушения равновесного состояния диффузной части (ДЭС) при фильтрации воды через бетон, попадания на поверхность дождевой воды, при испарении воды, при попадании различных солей из окружающей среды в обводненные поры бетона, при прохождении электрического тока.

В настоящей статье впервые раскрывается на количественной основе механизм вымывания противоионов (ПРИ) из диффузной части ДЭС частиц продуктов гидратации цемента как первопричины многих разрушений бетона – снижения прочности, возникновения внутренних напряжений, деформаций и трещин, выщелачивания, потери водонепроницаемости и др.

ДЭС состоит из слоя потенциалопределяющих ионов (ПОИ) на твердой поверхности и слоя противоионов (ПРИ) со стороны воды. Самая ранняя схема, модель Гельмгольца, предполагала строение ДЭС в виде двух примыкающих друг к другу сплошных слоев ПОИ и ПРИ (рис. 1, а). В более поздних моделях слой ПРИ раз-

делялся на плотную часть – слой Штерна – Гельмгольца и диффузную – слой Гуи – Чепмена (рис. 1, б).

Теоретическое описание диффузной части ДЭС по Гуи и Чепмену основывается на сопоставлении энергии электростатического взаимодействия ионов с энергией их теплового движения. При этом делается допущение, что раствор является идеальным, а распределение концентрации ионов в ДЭС имеет вероятностный характер и подчиняется уравнению Больцмана.

Из этих допущений в конечном итоге выведено выражение Дебая – Хюккеля для толщины диффузной части ДЭС [3]:

$$\delta = \sqrt{\frac{\epsilon \epsilon_0 k T}{2 z^2 e^2 1000 \cdot c_0 N_A}}, \quad (1)$$

где ϵ – диэлектрическая проницаемость воды, 80; ϵ_0 – электрическая постоянная, $8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м; kT – произведение постоянной Больцмана и температуры, $4,04 \cdot 10^{-21}$ Дж; z – заряд ионов, 1; e – элементарный заряд электрона, $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл; N_A – число Авогадро, $6,02 \cdot 10^{23}$ 1/моль. Построим по приведенным данным график зависимости толщины диффузного слоя δ от концентрации электролита в свободном объеме (рис. 2, а).

Полученная величина толщины диффузного слоя отражает его равновесное состояние в пределах очень низкой концентрации. В дистиллированной воде толщина диффузного слоя равна 10000 \AA (1 мкм) (рис. 2, а). Для концентрации более 0,001 моль/л, в том числе 0,02 моль/л для бетона, толщина диффузного слоя составляет 100 \AA (рис. 2, б).

Однако в цементном камне толщина ДЭС определяется толщиной слоя воды на гелеобразных продуктах гидратации, имеющих наибольшую в цементном камне удельную поверхность $s = 200\text{--}700 \text{ м}^2/\text{г}$ [4, 5], которая зависит также от водоцементного отношения В/Ц:

$$\delta_B = \frac{\text{Ц} \cdot \frac{\text{В}}{\text{Ц}}}{\text{Ц} \cdot s_{\text{ЦГ}}} = \frac{\frac{\text{В}}{\text{Ц}}}{s_{\text{ЦГ}}} \quad \text{для цементного теста}; \quad (2)$$

$$\delta_B = \frac{\text{Ц} \cdot \left[\frac{\text{В}}{\text{Ц}} - \left(\frac{\text{В}}{\text{Ц}} \right)_{\text{ХС}} \cdot \alpha \right]}{\text{Ц} \cdot \alpha \cdot \gamma_{\Gamma} \cdot s_{\Gamma}} = \frac{\left[\frac{\text{В}}{\text{Ц}} - \left(\frac{\text{В}}{\text{Ц}} \right)_{\text{ХС}} \cdot \alpha \right]}{\alpha \cdot \gamma_{\Gamma} \cdot s_{\Gamma}} \quad \text{для цементного камня}, \quad (3)$$

где α – степень гидратации цемента; γ_{Γ} – массовая доля гидросиликатного геля в продуктах гидратации цемента; Ц, В – содержание цемента и воды в цементном тесте соответственно.

Упростим выражение (3), подставив в него $\alpha = 0,5$; $(\text{В}/\text{Ц})_{\text{ХС}} = 0,23$; $\gamma_{\Gamma} = 0,75$ [4] и $s_{\Gamma} = 500 \text{ м}^2/\text{г} = 5 \cdot 10^6 \text{ см}^2/\text{г}$:

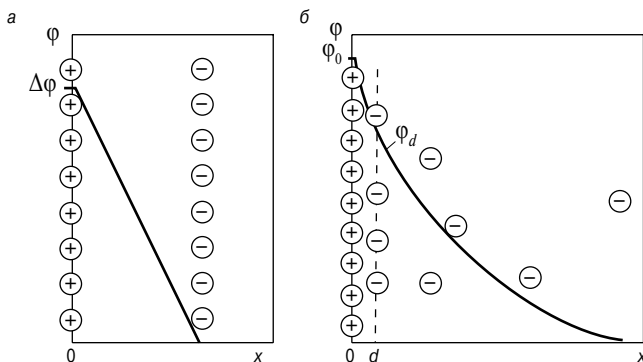


Рис. 1. Схема строения двойного электрического слоя: а – плоский по Гельмгольцу; б – плотная часть (слой Штерна – Гельмгольца) и диффузная часть (слой Гуи – Чепмена)

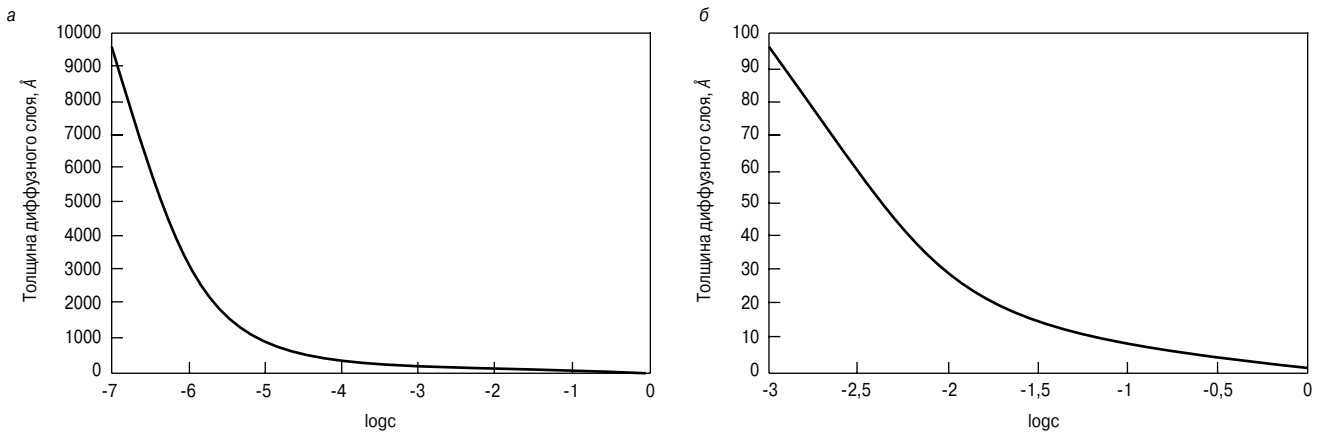


Рис. 2. Зависимость толщины диффузного слоя δ от концентрации электролита в свободном объеме в пределах концентрации c , моль/л: а - 0,0000001–1; б - 0,001–1

$$\delta_B = \frac{\left(\frac{B}{\Pi} - 0,23 \cdot 0,5\right)}{0,5 \cdot 0,75 \cdot 5 \cdot 10^6} \left(\frac{\text{см}^3}{\Gamma} = \text{см}\right) = \frac{\left(\frac{B}{\Pi} - 0,115\right)}{1,875 \cdot 10^6} =$$

$$= 5,3 \cdot 10^{-9} \left(\frac{B}{\Pi} - 0,115\right) (\text{см}) = 53 \left(\frac{B}{\Pi} - 0,115\right). \quad (4)$$

В бетонной смеси, для которой толщина слоя воды на цементных частицах определяется удельной поверхностью цемента $s_{\Pi} = 3000 \text{ см}^2/\Gamma$, выражение имеет следующий вид:

$$\delta_B = \frac{\left(\frac{B}{\Pi} - \frac{\text{Щ} \cdot W^{\text{III}}}{\Pi} - \frac{\text{П} \cdot W^{\text{II}}}{W}\right)}{0,5 \cdot 0,75 \cdot 3 \cdot 10^3} = 8,9 \left(\frac{B}{\Pi} - \frac{\text{Щ} \cdot W^{\text{III}}}{\Pi} - \frac{\text{П} \cdot W^{\text{II}}}{W}\right), \quad (5)$$

где Щ, П, W^{III} , W^{II} – соответственно содержание щебня, песка в бетонной смеси, смачиваемость щебня и песка.

При средней величине Щ = 1200 кг/м³; П = 600 кг/м³, Ц = 500 кг/м³; $W^{\text{III}} = 0,075$ и $W^{\text{II}} = 0,12$:

$$\delta_B = 8,9 \left(\frac{B}{\Pi} - 0,2\right). \quad (6)$$

Согласно приведенным и другим расчетам в цементном камне бетона величина δ_B составляет в среднем 53 Å, а при максимально возможном для бетона пределе $B/\Pi=1$ не превышает 90 Å.

Толщина слоя воды на поверхности частиц цемента и заполнителей в бетонной смеси намного больше и изменяется в пределах от 1 до 7 мкм. Такая толщина, очевидно, значительно превышает толщину равновесного ДЭС, в связи с чем бетонная смесь содержит в себе значительное количество свободной воды.

В соответствии с выводом толщины диффузного слоя по Дебаю – Хюккелю диффузный слой возникает под влиянием энергии теплового движения ПРИ, находящихся в нем в пределах сферы радиусом δ , который и принят равным толщине диффузной части ДЭС. Энергия электростатического притяжения этих ионов к ПОИ удерживает их от выноса из двойного слоя.

Следовательно, выражение (1) должно отражать соотношение энергии кинетического движения противоиона ПРИ kT и энергии его электростатического притяжения к потенциалопределяющему иону ПОИ в равновесном ДЭС; введем коэффициент пропорциональности k . С учетом этого проведем анализ соотношения этих энергий в (4). Для этого сделаем следующие преобразования:

$$\delta^2 = \frac{\epsilon\epsilon_0 kT}{2z^2 e^2 n_0}; \quad \kappa = \frac{2z^2 e^2 n_0 \delta^2}{\epsilon\epsilon_0}. \quad (7)$$

Заменив $n_0 = 1000c_0 N_A$ на $1/(4/3\pi \cdot r^3)$, где r – расстояние между противоионами в ДЭС, и произведя ряд преобразований, получим:

$$k = \frac{z^2 e^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2} \cdot \delta \cdot \frac{6\delta}{kT \cdot r}. \quad (8)$$

Выражение $\frac{z^2 e^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r}$ отражает силу парного электростатического притяжения между коионом (одноименный с ПОИ) и ПРИ в диффузном слое, которые находятся на расстоянии r , равному расстоянию между ПРИ в свободном объеме электролита. Другими словами, это сила, притягивающая ПРИ из свободного объема в диффузную часть ДЭС.

Выражение $\frac{kT}{6\delta}$ – это тепловой импульс (сила), который стремится вынести ПРИ из ДЭС при направлении кинетического движения по нормали от поверхности (одно из возможных шести).

Исходя из этого произведение $\frac{z^2 e^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} \cdot \delta$ – работа, или энергия, переноса ближайшего к ДЭС ПРИ из объема электролита в ДЭС:

$$A_{\text{э}} = \frac{z^2 e^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} \cdot \delta. \quad (9)$$

Соответственно $\frac{kT}{6\delta} \cdot r$ – работа, или энергия, переноса крайнего в диффузном слое ПРИ в объем электролита:

$$A_{kT} = \frac{kT}{6\delta} \cdot r. \quad (10)$$

В условиях равновесного состояния диффузной части ДЭС эти работы равны, что выражается уравнением:

$$\frac{z^2 e^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r} \cdot \delta = \frac{kT}{6\delta} \cdot r, \quad (11)$$

где $\frac{z^2 e^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r}$ – электростатическая энергия $W_{\text{э}}$.

Оценим возможную величину r . Для чистой воды r можно определить по ее рН=7 (нейтральная среда), или по концентрации ионов H^+ и OH^- , равной 10^{-7} моль/л = 10^{-4} моль/м³.

Тогда:

$$n_{\text{H}^+, \text{OH}^-} = 10^{-4} \cdot 1000 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 6,02 \cdot 10^{19} \left(\frac{1}{\text{м}^3}\right), \quad (12)$$

откуда:

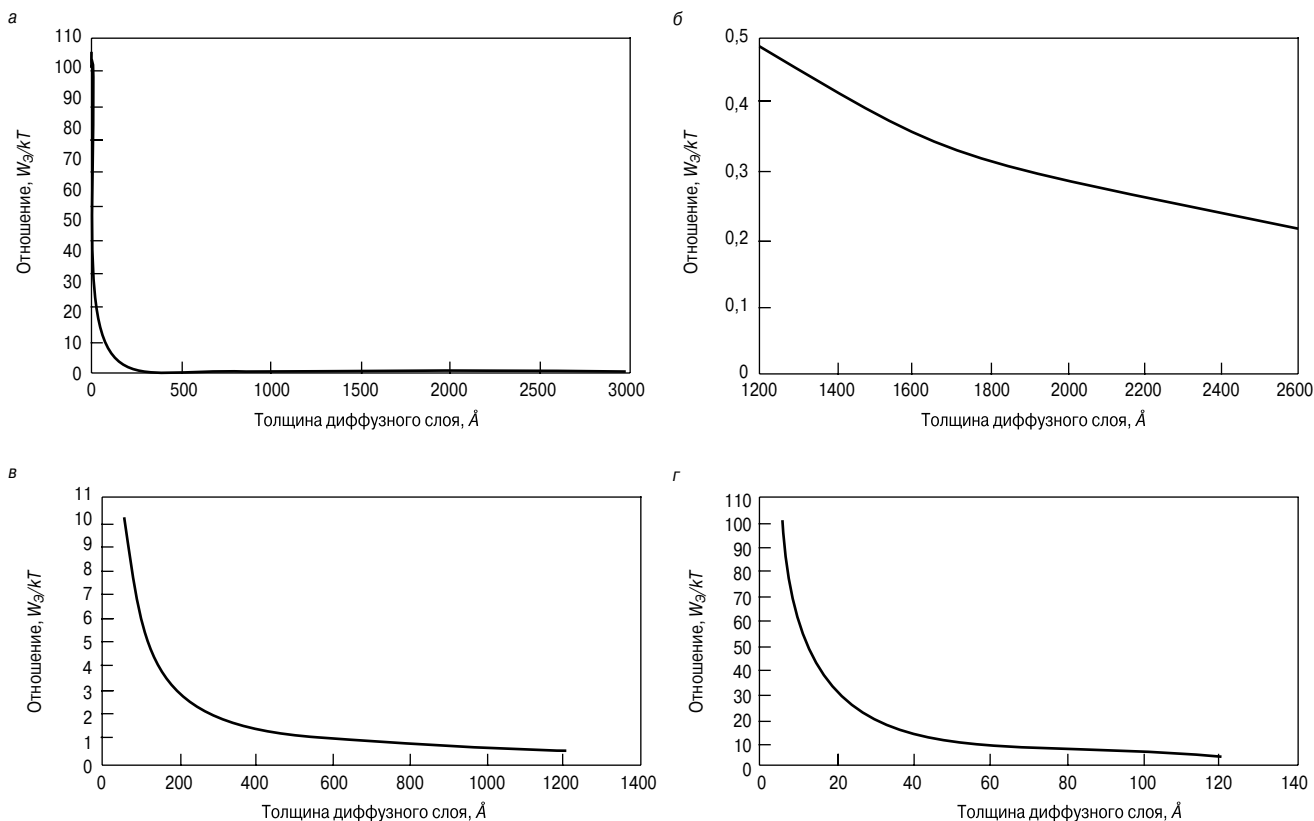


Рис. 3. График изменения $WЭ/кТ$ в ДЭС пор: а – общий график; б – кристаллогидратов; в – глобул гидросиликатного геля; г – частиц гидросиликатного геля

$$r = \sqrt[3]{\frac{1}{n_{0.B}}} = \sqrt[3]{\frac{1}{6,02 \cdot 10^{19}}} = \sqrt[3]{0,166 \cdot 10^{-19}} = \sqrt[3]{16,6 \cdot 10^{-21}} = 2,55 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 2550 \text{ \AA}.$$

Другой предельный случай концентрации и расстояния между ПРИ в свободном объеме воды 0,02 моль/л = 20 моль/м³ соответствует рН=12 жидкой фазы в цементном камне и бетоне:

$$n_{p+,OH^-} = 20 \cdot 6,02 \cdot 10^{23} = 12,04 \cdot 10^{24} \left(\frac{1}{\text{м}^3}\right);$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{1}{12,04 \cdot 10^{24}}} = \sqrt[3]{0,083 \cdot 10^{-24}} = 44 \text{ \AA}.$$

Соответственно толщина ДЭС на поверхности частиц продуктов гидратации цементного камня существенно меньше. Такая толщина ДЭС в цементном камне и бетоне сопоставима с расстоянием между ПОИ на их поверхности, которая, как известно, колеблется в интервале 20–40 Å, а также с толщиной слоя воды в ДЭС цементного камня и бетона (см. формулы (4) и (6)).

Следует также учесть, что толщина плотной части ДЭС равна сумме радиусов ионов Ca^{2+} , OH^- и диаметра молекулы воды, так как она располагается между этими ионами под влиянием их огромной энергии гидратации:

$$\delta_{\text{ПЧ ДЭС}} = (1 + 2,8 + 1,53) \cdot 10^{-10} \text{ (м)} = 5,33 \text{ \AA}.$$

Соответственно толщина ДЭС составляет около 50 Å.

На основании вышеприведенных рассуждений можно заключить, что теория диффузного слоя, основанная на применении радиуса Дебая для ионов, а также формула (1) становятся некорректными, хотя физический смысл взаимодействий электростатической и кинетической составляющих как движущих сил формирования ДЭС сохраняется.

В условиях сопоставимости толщины ДЭС с расстоянием между ПОИ на их поверхности, а также с толщиной слоя воды в ДЭС цементного камня и бетона разница между величинами δ и r исчезает.

Кроме того, в таком ДЭС электрополе становится направленным и молекулы воды и их ассоциаты поляризуются в единую цепочку между ПОИ и ПРИ за счет своих больших дипольных молекул и направленной водородной связи [2]. В связи с этим теряет смысл равнонаправленное кинетическое движение по шести направлениям пространства. Равновероятными остаются лишь два вдоль этих цепочек.

Вместе с тем экспериментальные исследования Г.И. Дистлера с соавторами по методу электронно-микроскопического декорирования поверхности твердых тел [6] свидетельствуют, что потенциалы от точечных зарядов на поверхности передаются через полярный слой воды на большие расстояния до 1 мкм. Следовательно, ДЭС представляет собой как при небольшой, так и при большой его толщине локальные точечные поля, передающиеся через всю толщу ДЭС, величину которого можно определять по ионно-ионному взаимодействию между ПОИ вблизи поверхности до незначительной величины на поверхности слоя воды. В связи с изложенным уравнение (11) приобретает вид:

$$\frac{z^2 e^2}{4 \pi \epsilon \epsilon_0 r} = kT. \quad (13)$$

Это позволяет осуществлять оценку устойчивости ДЭС, т. е. вероятности вымывания ПРИ из диффузной части ДЭС, а также устойчивости контактов между частицами цементного камня по соотношению:

$$\frac{WЭ}{kT} = \frac{z^2 e^2}{4 \pi \epsilon \epsilon_0 \delta_B}. \quad (14)$$

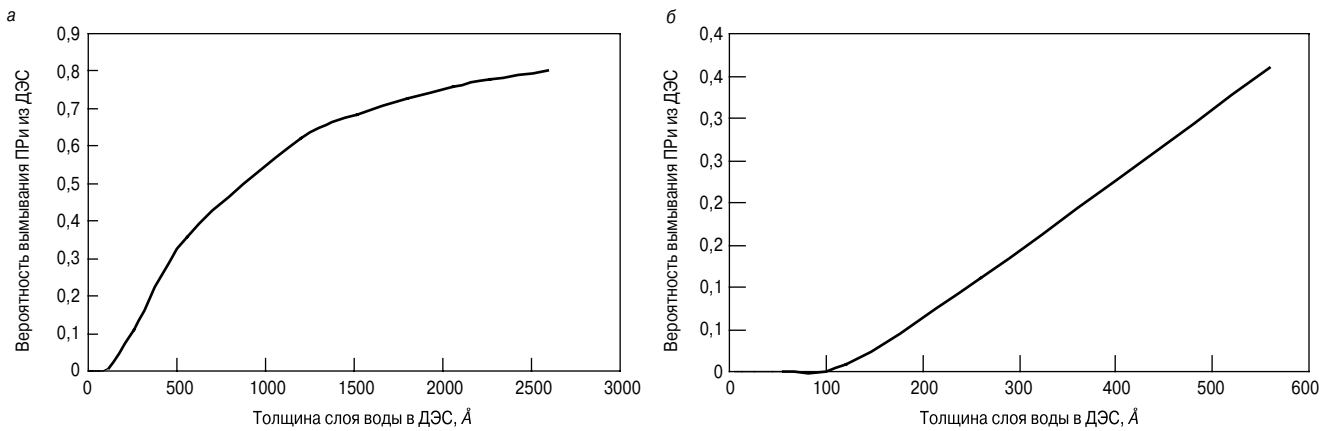


Рис. 4. График изменения вероятности вымывания ПРИ из ДЭС пор: а – общий график; б – глобул и частиц гидросиликатного геля

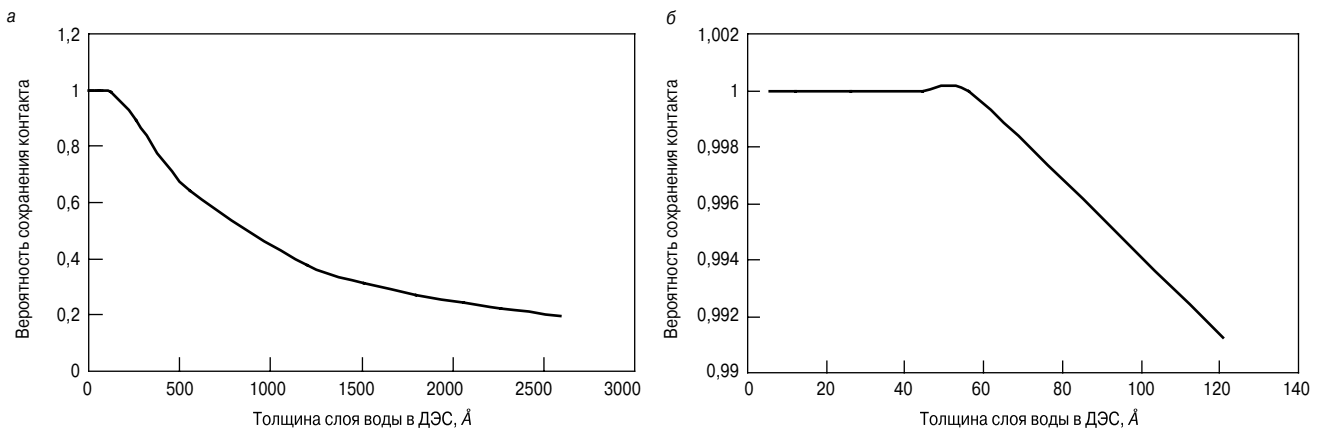


Рис. 5. График изменения вероятности сохранения контактов между частицами: а – общий график; б – гидросиликатного геля

В соответствии с изложенным и выведенными уравнениями определены величины W_3/kT и обусловленные ими отношение характеристик вымывания ПРИ и сохранения контакта между частицами гидросиликатного геля, а также прочности гелевых контактов. По этим величинам построены соответствующие графики (рис. 3).

Из этих графиков видно, что лишь в порах частиц гидросиликатного геля электростатическая энергия притяжения ПРИ в диффузном слое намного превышает кинетическую энергию.

Из графиков изменения вероятности вымывания ПРИ из ДЭС (рис. 4) видно, что лишь из пор частиц геля менее 100 Å ПРИ не вымываются.

Из графиков изменения вероятности сохранения контактов в цементном камне (рис. 5) вытекает, что лишь между частицами гидросиликатного геля вероятность сохранения контактов равна 1.

Выводы. Для обеспечения максимальной долговечности цементного камня и бетона из условия сохранения контактов между частицами продуктов гидратации цемента в условиях дождей и обводнения, а также действия других разрушающих факторов необходимо обеспечить оптимальное соотношение между количеством кристаллогидратов, главным образом портландита и гидросиликатного геля, оптимизировать структуру на всех уровнях с максимальным количеством электрогенных контактов.

В процессе эксплуатации уже существующих бетонных конструкций необходимо предотвращать выщелачивание портландита, обеспечивать полную гидроизоляцию конструкции. Целесообразным является поливка бетона известковым молоком.

Ключевые слова: двойной электрический слой, противоионы, диффузная часть ДЭС, размывание контактов, долговечность цементного камня и бетона.

Список литературы

1. Плугин А.Н., Плугин А.А., Трикоз Л.В. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них. Теория прочности, разрушения и долговечности бетона, железобетона и конструкций из них. Т. 3. Киев: Наукова думка, 2012. 287 с.
2. Плугин А.Н., Плугин А.А., Трикоз Л.В. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них. Коллоидная химия и физико-химическая механика цементных бетонов. Т. 1. Киев: Наукова думка, 2012. 331 с.
3. Шукин В.Д., Перцов А.В., Амелина Б.А. Коллоидная химия. М.: Высшая школа, 2006. 444 с.
4. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. М.: Стройиздат, 1979. 344 с.
5. Брунауэр С., Кантро Д.Л. Гидратация трехкальциевого и β -двухкальциевого силиката в температурном интервале 5–50°C: В кн. Химия цементов / Под ред. Х.Ф.У. Тейлора. М.: Стройиздат, 1969. С. 214–232.
6. Дистлер Г.И. Электрическая структура реальных поверхностей твердых тел и формирование граничных слоев с особыми свойствами, обеспечивающими передачу дальнего действия влияния твердых тел. В кн.: Поверхностные силы в тонких пленках и дисперсных системах. М.: Наука, 1972. С. 245.

В.В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, канд. геол.-мин. наук, А.В. МАКСАКОВ, инженер (alvimax@intbel.ru), Л.Н. СОЛОВЬЕВА, канд. техн. наук, Ю.Н. ОГУРЦОВА, инженер (lora80@list.ru), Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Экспресс-метод определения активности кремнеземного сырья для получения гранулированного наноструктурирующего заполнителя

Основными направлениями развития строительной отрасли России в настоящий момент являются расширение производства эффективных материалов и изделий для малоэтажного и индивидуального жилищного строительства с использованием местных строительных материалов и энергосберегающих технологий [1, 2]. Важным направлением развития подотрасли производства изделий из легких бетонов остается расширение сырьевой базы и исключение высокотемпературных этапов производства легких заполнителей.

Ранее был разработан гранулированный наноструктурирующий заполнитель (ГНЗ) пролонгированного действия на основе кремнеземного сырья без высокотемпературной обработки как самого заполнителя, так и бетона на его основе [3, 4]. Также исследована возможность использования данного заполнителя для получения силикатных автоклавных материалов [5, 6].

Цель настоящей работы – разработка экспресс-метода определения эффективности применения сырья для получения ГНЗ.

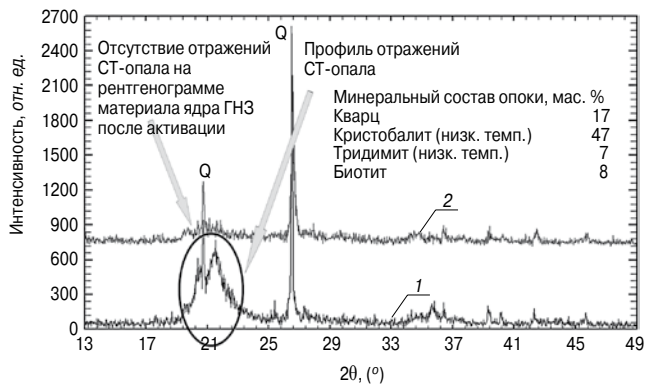
Анализ запасов кремнеземного сырья различного генетического типа на территории РФ показал, что общие запасы преимущественно аморфизованных кремнеземных пород осадочного и эффузивного происхождения составляют более 1 млрд т [7–9]. Были исследованы: опока Алексеевского месторождения (Мордовия); диатомитовый порошок Diasil (ГК «Diamix», Ульянов-

ская обл.); вспученный перлитовый песок (ООО «Бенто-пром», Белгородская обл.); трепел Фокинского месторождения (Брянская обл.); перлит Мухор-Талинского месторождения (Бурятия); трепел месторождения Стальное (Беларусь); опока Коркинского месторождения (Челябинская обл.). Для сравнения был использован гидроксид кремния. В ходе исследования помимо кремнеземных пород также были использованы глинистые, что объясняется присутствием глинистых минералов в виде примесей в кремнеземных породах, а также зола-унос ТЭЦ.

В качестве интегральной характеристики оценки свойств кремнеземного сырья использован коэффициент активности. Для определения коэффициента активности был разработан экспресс-метод.

Высушенную навеску кремнеземного сырья, измельченного до прохождения через сито с диаметром ячеек 0,315 мм, помещали в коническую колбу. Туда же заливали предварительно приготовленный раствор NaOH. Для метода была выбрана концентрация щелочи 30%, так как при дальнейшем увеличении количества щелочи у модельной системы – гидроксида кремния увеличения количества прореагировавшего вещества не происходило. Колбу плотно закрывали притертой пробкой, чтобы исключить проникновение воздуха. Полученную суспензию перемешивали на встряхивающем столике в течение 10 мин, после чего подвергали тепловой обработке в течение 2 ч при 90°C в пропарочной камере или закрытой

Сырье	K_A , %	Силикатный модуль	Рациональное количество щелочи
Гидроксид кремния	76	4,11	28,50
Опока Алексеевского месторождения (Мордовия)	40,5	2,92	20,05
Диатомитовый порошок Diasil (ГК «Diamix», Ульяновская обл.)	40,1	2,89	19,85
Трепел Фокинского месторождения (Брянская обл.)	39,2	2,82	19,4
Опока Коркинского месторождения (Челябинская обл.)	25,4	1,83	12,57
Каолин обогащенный (ОАО «Рифей», Челябинская обл.)	16,3	1,17	8,07
Вспученный перлит (ООО «Бентопром», Белгородская обл.)	15,6	1,12	7,72
Трепел месторождения Стальное (Беларусь)	12,1	0,87	–
Перлит Мухор-Талинского месторождения (Бурятия)	8,4	0,61	–
Обсидиан Гюмушского месторождения (Армения)	7,8	0,56	–
Монтмориллонит Гумбрского месторождения (Грузия)	6	0,43	–
Зола-унос Новотроицкой ТЭЦ (Оренбургская обл.)	4,5	0,32	–



Изменение фазового состава ядра ГНЗ до (1) и после ТВО (2) на примере опоки (Республика Мордовия): СТ – кристаллит-тридимитовые опалы; Q – кварц

водяной бане. Термообработанную суспензию фильтровали, минеральный остаток трижды промывали дистиллированной водой, затем высушивали до постоянной массы и взвешивали. Определяли количественный химический состав отфильтрованной жидкости. Чтобы избежать нарушения гидратации цемента, параллельно проводили расчет силикатного модуля образующихся растворов полисиликатов.

Коэффициент активности определяли по формуле:

$$K_A = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%, \quad (1)$$

где K_A – коэффициент активности кремнеземного сырья, %; m_1 – масса исходного кремнеземного сырья, г; m_2 – масса высушенного минерального остатка, г.

По разработанному экспресс-методу было проанализировано сырье различного генетического типа. На основании результатов проведено ранжирование кремнеземного сырья по степени снижения коэффициента активности и силикатного модуля (см. таблицу).

Применение разработанного экспресс-метода определения активности кремнеземного сырья позволило ранжировать последнее по величине коэффициента активности на высокоактивное 51–100%, активное 21–50%, малоактивное 5–20%.

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что осадочные хемо- и биогенные кремнеземные породы с низкой степенью диагенетических преобразований, представленные в своей основе СТ-опалами (низкотемпературные наноразмерные модификации тридимита и кристаллита), – диатомит, трепел и опока характеризуются наиболее высокой активностью. Факторами снижения активности кремнеземного сырья следует считать присутствие высокотемпературных модификаций и значительные концентрации кристаллизованного кремнезема. Как видно из полученных результатов, силикатный модуль образующегося раствора полисиликатов зависит от K_A сырья, который, в свою очередь, определяется содержанием кристаллит-тридимитовых опаловидных компонентов. Следует отметить, что с уменьшением K_A , а следовательно, и силикатного модуля количество щелочи в составе ядра ГНЗ должно быть снижено для сохранения допустимого значения силикатного модуля.

На основе теоретических и экспериментальных исследований разработаны следующие требования к кремнеземному сырью для изготовления ГНЗ, используемого в бетоне, твердеющего при тепловлажностной обработке: – коэффициент активности кремнеземного сырья должен быть не менее 15%; – силикатный модуль образующихся полисиликатов должен быть не менее 1, при меньших его значениях

цементный камень будет обладать низкой прочностью и водостойкостью.

На основе опоки Алексеевского месторождения (Мордовия) с учетом рекомендуемого количества щелочи в составе ядра был получен ГНЗ. Результаты определения изменения минерального состава ядра ГНЗ до и после тепловлажностной обработки со щелочью по данным РФА (см. рисунок) свидетельствуют, что опока Алексеевского месторождения, характеризующаяся наибольшим коэффициентом активности из исследованного природного кремнеземного сырья, представлена в своей основе низкотемпературными наноразмерными модификациями тридимита и кристаллита.

Таким образом, с использованием разработанного экспресс-метода определения активности кремнеземных компонентов как сырья для получения ГНЗ и требований к их составу, а также к количеству щелочи в составе ядра ГНЗ становится возможным рациональный выбор исходного сырья, достижение максимального количества прореагировавшего кремнеземного вещества в процессе тепловлажностной обработки бетона, следовательно, повышение степени его пропитки полисиликатами натрия.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации: соглашение 14.132.21.1702; программа стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова.

Ключевые слова: легкий бетон, гранулированный наноструктурирующий заполнитель, кремнеземное сырье, активность.

Список литературы

1. Житомирская Е. Кризис осложнил развитие рынка многоэтажного домостроения // Технологии бетонов. 2009. № 7/8. С. 12–15.
2. Белкин А.Н., Гольцов И.Н., Филиппов Е.В. Экодом: энергоэкономичность и экологичность // Строительные материалы. 2011. № 7. С. 40–43.
3. Лозовая С.Ю., Строчкова В.В., Соловьева Л.Н., Гринев А.П., Огурцова Ю.Н. Прогнозирование свойств конструкционно-теплоизоляционного бетона на основе гранулированного наноструктурирующего заполнителя // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 1. С. 15–19.
4. Строчкова В.В., Соловьева Л.Н., Максаков А.В., Огурцова Ю.Н. Механизм структурообразования строительных композитов с гранулированным наноструктурирующим заполнителем пролонгированного действия // Строительные материалы. 2011. № 9. С. 64–65.
5. Лесовик В.С., Мосьпан А.В. Прессованные силикатные изделия на гранулированных заполнителях // Известия КГАСУ. 2012. № 3 (21). С. 144–150.
6. Лесовик В.С., Мосьпан А.В., Беленцов Ю.А. Силикатные изделия на гранулированных заполнителях для сейсмостойкого строительства // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2012. № 4. С. 62–65.
7. Баранова М.Н., Коренькова С.Ф., Чумаченко Н.Г. История освоения кремнистых пород // Строительные материалы. 2011. № 8. С. 4–6.
8. Никифоров Е.А., Логанина В.И., Симонов Е.Е. Влияние щелочной активации на структуру и свойства диатомита // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2011. № 2. С. 30–32.
9. Магдеев У.Х., Хардаев П.К. Эффективные бетоны на основе эффузивных пород // Технологии бетонов. 2008. № 4. С. 50–52.

И. БАРБАНЕ, инженер, И. ВИТЫНЯ, Л. ЛИНДЫНЯ, кандидаты техн. наук, Рижский технический университет (Латвия)

I. BARBANE, eng., I. VITINA, dr. sc., L. LINDINA, dr. sc. Riga Technical University (Latvia)

Исследование химического и минералогического состава романцемента, синтезированного из латвийской глины и доломита

Study of the chemical and mineralogical composition of romancement synthesized from Latvia's clay and dolomite

Введение

На территории Латвии в XX–XIX вв. романцемент являлся основным гидравлическим связующим, применяемым в строительстве зданий. Его производили с 1865 г. путем обжига местного сырья – доломитового мергеля при температуре ниже температуры спекания (800–900°C) с последующим тонким помолом. В настоящее время информация о характеристиках материала и технологии его реставрации отсутствует. Более того, месторождения доломитового мергеля на территории Латвии для промышленных разработок себя полностью исчерпали [1–3].

Методика исследования

Для определения химического и минералогического состава сырья и синтезированных материалов применялись следующие методы исследования:

- химический анализ (проводимый в соответствии с EN 196-2 (LVS EN 196-2:2005 «Test methods of cement»);
- рентгенофазовый анализ (Rigaku Ultima⁺ с CuK_α излучением с интервалом сканирования 0–60° (2θ) и скоростью 2°/мин).

Методика проведения эксперимента

Для синтеза искусственного доломитового быстротвердеющего цемента использовалось сырье из местных месторождений – глина четвертичного периода (месторождение Спартакс, Латвия), глина (красная) девонского периода (месторождение Лиэпа, Латвия) и доломит (месторождение Кранциемс, Латвия). Проведен анализ химического и фазового составов сырья. Для проведения исследований изготовлены три смеси из девонской глины и доломита с содержанием глины 13, 24 и 30% (A1, A2 и A3 соответственно) и одна смесь с содержанием четвертичной глины 24% (U2). Соотношение доломита и глины в смесях выбрано в соответствии с химическим составом натурального доломитового мергеля – традиционного сырья для производства доломитового романцемента.

Образцы изготавливали путем гомогенизации в сухом состоянии необходимого количества сырья – глины

Introduction

During 19th/20th century in territory of Latvia dolomitic romancement was the main hydraulic binder applied for the construction of buildings. It was processed since 1865 by firing local raw material – dolomitic marl below its sintering temperature (800–900°C) and fine milling. Nowadays there is absence of information about the material characteristics and technologies for its restoration. Moreover, local deposits of dolomitic marl in industrial scale are no more available [1–3].

Methods of research

In order to detect chemical and mineralogical composition both of raw materials as well as the synthesized compositions, the following methods were used:

- full chemical analysis carried out according to EN 196-2 (LVS EN 196-2:2005. Test methods of cement.);
- XRD (Rigaku Ultima⁺ with CuK_α. Radiation at scanning interval 0–60° (2θ) and speed 2°/min).

Experimental procedure

For synthesis of artificial dolomitic fast-setting cement, local raw materials – Quaternary period clay (Spartaks deposit, Latvia), Devonian period (red) clay (Liepa deposit, Latvia) and dolomite (Kranциемс deposit, Latvia) were used. Both the chemical and phase composition of the raw materials was analyzed. Three compositions from Devonian clay and dolomite with clay content 13, 24 and 30% (A1, A2 and A3 respectively) and one composition using Quaternary clay with clay content 24% (U2) were synthesized. The chosen dolomite-clay mass ratio closely conforms with chemical composition of natural dolomitic marl – traditional raw material of dolomitic romancement.

Specimens were prepared by weighing the requisite amounts of raw materials – clay and dolomite and homogenizing the mixture in dry state. Plate samples measuring 56×26×6 mm were shaped under the pressure of 20 MPa (by adding 10% water), dried and fired in the temperature range of 750–950°C in 50°C steps with the holding time at each temperature for 2 hours. Natural dolomitic marl was parallelly treated at the same conditions.

и доломита. Количество воды во всех образцах 10%. Были изготовлены плоские образцы размером 56×26×6 мм при давлении 20 МПа, которые затем высушивали и обжигали при температуре от 750°C с шагом 50°C и временем выдержки при каждой температуре 2 ч до 950°C. Натуральный доломитовый мергель параллельно подвергали такой же обработке.

Исследование фазового состава полученных образцов проводилось непосредственно после обжига. Химический и фазовый составы смеси сравнивались у обожженного доломитового мергеля и каждой из синтезированных смесей.

Сырье

На начальном этапе произведен полный химический анализ сырья. Кроме того, анализу подвергали и местный доломитовый мергель (месторождение Джуксте, Латвия) – сырье натурального доломитового романце-мента. Результаты химического анализа представлены в таблице.

Содержание карбонатов ($\text{CaCO}_3 + \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) в глине четвертичного периода достигает 23%. Рентгено-фазовый анализ показал, что глина из месторождения Спартакс является карбонатной глиной. Доминантным минералом глины является иллит. Каолинит, полевой шпат, плагиоклаз и кварц фиксируются на рентгенограмме глины четвертичного периода.

Глина девонского периода содержит 3% карбонатов. Основным минералом глины является иллит, но каолинит также присутствует. Кроме того, глина содержит большое количество кварца в виде песка [4].

Доломит содержит 88% карбонатов, в основном доломит, и 12% включений, таких как кварц и минералы глины. Соотношение $\text{CaO}/\text{MgO} = 1,6$.

Химический анализ доломитового мергеля показал, что содержание карбоната ($\text{CaCO}_3 + \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) составляет 80%, а оставшиеся 20% приходятся на минералы глины и кварц. Это подтверждено результатами РФА: доломит, иллит и кварц обнаружены перед обжигом мергеля.

Обсуждение результатов исследования

Результаты рентгеновского анализа показывают, что кристаллические фазы синтезированных смесей после обжига равны кристаллическим фазам в доломитовом

Development of phases in obtained material depending on production temperature has been investigated immediately after firing. Chemical and crystalline composition has been compared in fired natural dolomitic marl and synthesized mixtures.

Raw materials

Full chemical analysis of raw materials was carried out. In addition, local dolomitic marl (Dzukse deposit, Latvia) – raw material of natural dolomitic romancement – was also analyzed. The results of chemical analysis are shown in Table.

Content of carbonates ($\text{CaCO}_3 + \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) in Quaternary period clay reaches 23%. XRD analysis approves that clay from deposit Spartaks is typical carbonate clay. Dominant clay mineral is illite. Kaolinite, microcline, plagioclase and quartz are also detected.

Devonian period clay contains only 3% carbonates. The main clay mineral is illite, but kaolinite is also present. In addition, clay contains a large amount of quartz in sand fraction [4].

Dolomite from deposit Kranciems contains 88% carbonates (mostly dolomite) and 12% impurities as quartz and clay minerals. CaO/MgO ratio is 1,6.

Chemical analysis (Table) shows that carbonate ($\text{CaCO}_3 + \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) content in dolomitic marl from deposit Dzukse is 80% and the rest 20% are clay minerals and quartz. It is approved by XRD analysis: dolomite, illite and quartz are the only crystalline phases detected in marl before firing.

Results and discussion

The results of XRD analysis show that crystalline phases of synthesized compositions after firing are equal to crystalline phases in dolomitic marl fired at the same temperature. The main crystalline phases are quartz (SiO_2), lime (CaO), dicalcium silicate ($2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$), tricalcium aluminate ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), gehlenite ($2\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) and periclase (MgO). At temperatures lower than 850°C undissociated dolomite ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$) and calcite (CaCO_3) have also been detected.

Hydraulic hardening could not be achieved without formation of cement minerals. Tricalcium aluminate provides quick setting (characteristic to romancement), but dicalcium silicate – gradual growth of strength which is important for longevity of mortar.

Содержание оксидов, % Oxide content, %	Доломитовый мергель (месторождение Джуксте) Dolomitic marl (Dzukse deposit)	Глина четвертичного периода (месторождение Спартакс) Quaternary period clay (Spartaks deposit)	Глина девонского периода (месторождение Лиена) Devonian period clay (Liepa deposit)	Доломит (месторождение Кранциемс) Dolomite (Kranciems deposit)
ППП при 400°C Loss of ignition at 400°C	0,64	1,7	1,34	0,6
ППП при 1000°C Loss of ignition at 1000°C	37,87	11,62	3,31	38,87
SiO_2	13,26	49,52	71,22	8,47
CaO	25,87	9,04	0,37	27,88
MgO	16,15	3,48	0,96	17,83
Al_2O_3	4,77	14,84	14,58	4,92
Fe_2O_3	0,85	5,07	4,17	0,58
Na_2O	0,03	0,5	0,06	0,11
K_2O	0,1	3,39	3,21	0,21
CaO/MgO	1,6	–	–	1,56

мергеле, обожженном при той же температуре. Основные кристаллические фазы составляют кварц (SiO_2), известь (CaO), двухкальциевый силикат ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), трехкальциевый алюминат ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$), геленит ($2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$) и периклаз (MgO). При температуре ниже 850°C , также обнаружены недиссоциированный доломит ($\text{MgCO}_3\cdot\text{CaCO}_3$) и кальцит (CaCO_3).

Гидравлическое затвердевание не может быть достигнуто без образования цементных минералов. Трехкальциевый алюминат обеспечивает быстрое схватывание (характерное для романцемента), а двухкальциевый силикат – постоянное возрастание твердости, что является важным фактором для долговечности строительного раствора.

При сравнении смесей с одинаковым соотношением доломита (A2) и глины (U2), после обжига при 850°C образовывалось больше трехкальциевого алюмината в смеси U2, содержащей 24% глины четвертичного периода и 76% доломита. Интенсивность кристаллизации двухкальциевого силиката в обеих смесях мало отличается. В смеси A2 фиксировалось большее количество кварца по сравнению с U2.

В результате рентгеноскопического анализа обнаружено, что кристаллизация двухкальциевого силиката и трехкальциевого алюмината в смеси A2 проходит при температуре 750°C , а в смеси U2 – при 800°C . Их количество возрастает с ростом температуры.

В смеси U2, содержащей глину четвертичного периода, достигнуто более высокое содержание минералов цемента (рисунок), что подтверждает данные, полученные в предыдущих экспериментах [2]. Отмечена незначительная разница в интенсивности кристаллизации минералов цемента между образцами с разным содержанием глины (A1, A2 и A3).

Результаты химического анализа смеси A2 после обжига показывают, что количество активного SiO_2 возрастает при температуре 800°C .

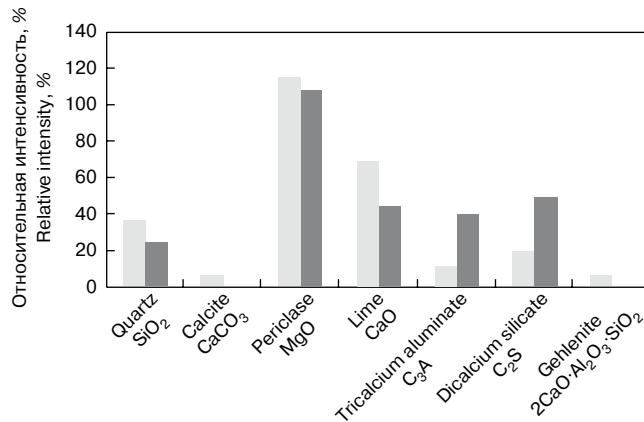
Температура $800\text{--}850^\circ\text{C}$ выбрана оптимальной для производства быстротвердеющего гидравлического вяжущего из смеси глины и доломита. Если использовалась глина девонского периода, то температура могла быть даже ниже начиная с 750°C . При этой температуре двухкальциевый силикат и трехкальциевый алюминат уже сформированы, но образование геленита еще не началось. Кроме того, CaO и MgO , образованные при этой температуре, более активны и подвергаются гидратации релятивно быстро.

Температуры выше 900°C не подходят для получения гидравлического связующего из доломита и глины из-за образования неактивного MgO (периклаза), который гидратирует медленно и может вызывать повреждение после применения его в строительном растворе. Более того, кристаллизация геленита (минерал без гидравлической активности) начинает появляться при температуре 859°C и выше. Эта фаза тоже является нежелательной в связующем, где требуется высокая гидравлическая активность.

Выводы

Исследовано производство гидравлического быстротвердеющего вяжущего из глины и доломита для реставрационных составов. Изучены смеси двух видов глины в интервале температур $750\text{--}950^\circ\text{C}$. Определен химический и фазовый состав сырья и полученных материалов после обжига.

Установлено, что основные кристаллические фазы после обжига синтезированных смесей те же, что и у обожженного доломитового мергеля: кварц (SiO_2), известь (CaO), двухкальциевый силикат ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), трехкальциевый алюминат ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$), геленит



Сравнение относительной интенсивности кристаллических фаз в смесях A2 (24% девонской глины и 76% доломита) и U2 (24% глины четвертичного периода и 76% доломита) после обжига при 850°C

Comparison of relative intensity of crystalline phases in compositions A2 (24% Devonian clay and 76% dolomite) and U2 (24% Quaternary clay and 76% dolomite) after firing at 850°C temperature

Comparing compositions with equal dolomite – clay ratio (A2 and U2), more tricalcium aluminate after firing has formed in composition U2 composed from Quaternary clay. Intensity of dicalcium silicate crystallization in both compositions is similar. Composition A2 contains more quartz due to higher content of it in Devonian clay.

It is detected by XRD analysis that crystallization of cement minerals – dicalcium silicate and tricalcium aluminate – in composition A2 appears in lower temperature (750°C) than in composition U2 (800°C). Amount of them increases with temperature.

Higher amount of cement minerals is reached in composition U2, which contains Quaternary clay (Figure). It has been observed also in previous experiments [2]. There is insignificant difference of crystallization intensity of cement minerals between samples with various clay content (A1, A2 and A3).

The results of chemical analysis of composition A2 after firing show that amount of active SiO_2 increases after 800°C temperature.

Temperature of $800\text{--}850^\circ\text{C}$ has been chosen as optimal for production of hydraulic fast-setting binder from mixture of clay and dolomite. If Devonian period clay is used, temperature can be even lower – starting from 750°C . At this temperature cement minerals – dicalcium silicate and tricalcium aluminate – are already formed, but formation of gehlenite has not occurred. Besides, CaO and MgO formed at this temperature are more active and hydrate relatively fast.

Temperatures above 900°C are inappropriate in order to obtain hydraulic binder from dolomite and clay, due to the formation of inactive MgO (periclase) which hydrates slowly and may cause damage after application of it in mortar. In addition, crystallization of gehlenite (mineral without hydraulic activity) occurs starting with 850°C temperature and higher. This phase also is undesirable if a binder with high hydraulicity is required.

Conclusions

Production of hydraulic fast-setting binder from clay and dolomite for restoration needs has been investigated. Compositions with two different type of clay in temperature range of $750\text{--}950^\circ\text{C}$ were studied. Chemical and phase compositions of raw materials as well as obtained material after firing were determined.

($2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$) и периклаз (MgO). В смесях, содержащих глину четвертичного периода, образовывалось больше трехкальциевого алюмината и двухкальциевого силиката. Тем не менее, в смесях, содержащих девонскую глину, кристаллизация происходила при более низкой температуре (750°C). Оптимальная температура производства гидравлического быстротвердеющего вяжущего, подобного натуральному доломитовому романцементу из смеси глины и доломита, составляет $800\text{--}850^\circ\text{C}$.

Благодарность

Исследование проводилось в рамках проекта ERDF «Разработка инновационных низкотемпературных композиционных материалов из местных сырьевых минеральных ресурсов» (№ 2010/0244/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/152).

Ключевые слова: романцемент, глина, доломит, обжиг, гидравлическое быстротвердеющее вяжущее.

The main crystalline phases after firing in the synthesized compositions are the same as in fired dolomitic marl: quartz (SiO_2), lime (CaO), dicalcium silicate ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$), tricalcium aluminate ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$), gehlenite ($2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$) and periclase (MgO). More cement minerals have formed in compositions where Quaternary period clay are used. Nevertheless, in compositions with Devonian clay crystallization of them occurs in lower temperature (750°C). Optimal temperature for production of hydraulic fast-setting binder similar to natural dolomitic romancement from mixture of clay and dolomite is $800\text{--}850^\circ\text{C}$.

Acknowledgement

The research work was carried out in the frame of ERDF Project „Elaboration of Innovative Low Temperature Composite Materials From Local Mineral Raw Materials” (№ 2010/0244/2DP/2.1.1.1.0/10/APIA/VIAA/152).

Keywords: romancement, clay, dolomite, firing, hydraulic fast-setting binder.

Список литературы / References

1. Lagzdina S., Bidermanis L., Sedmalis U. New material in the system clay – dolomite // Scientific Israel – Technological Advantages. 2003. № 1–2. P. 113–118.
2. Barbane I., Sedmale G., Dzene L. Research of dolomite-clay mixtures for development of roman cement // Scientific Journal of Riga Technical University «Material Science and Applied Chemistry». Riga. 2011. Vol. 24. P. 35–38.
3. Hughes D. C., Jaglin D., Kozłowski R., Mucha D. Roman cements — Belite cements calcined at low temperature // Cement. Concreat. Res. 2009. № 39 (2). P. 77–89.
4. Svinka V., Bidermanis L., Svinka R., Lindina L., Cimmers A., Timma I. Thermochemical Reactions of Clay Minerals for Production of Honeycomb Ceramics // Scientific Journal of Riga Technical University «Material Science and Applied Chemistry» Riga. 2011. Vol. 24. P. 56–60.

СТРОИТЕЛЬНАЯ ВЫСТАВКА

24-27 АПРЕЛЯ 2013, МОРПОРТ

СТРОИТЕЛЬНАЯ ИНДУСТРИЯ 2013

ВЫСТАВОЧНЫЕ ПАВИЛЬОНЫ

СОЧИ

- АРХИТЕКТУРА. СТРОИТЕЛЬСТВО. БЛАГОУСТРОЙСТВО. ЖКХ
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ
- КЛИМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ. ТЕПЛО-, ГАЗО-, ВОДОСНАБЖЕНИЕ
- ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
- СТРОЙСПЕЦТЕХНИКА. ДОРОГА. ТОННЕЛЬ
- ДОМ. ДАЧА. КОТТЕДЖ. ДЕРЕВЯННОЕ ДОМОСТРОЕНИЕ. ЛАНДШАФТНЫЙ ДИЗАЙН
- ДИЗАЙН ИНТЕРЬЕРА, ЭКСТЕРЬЕРА. ДЕКОР
- ЭКОЛОГИЯ. БЕЗОПАСНОСТЬ

Генеральный информационный спонсор: **Спайка**

Генеральный Интернет-партнер: **А ПУЛЬС ЦЕМ**

Главный информационный партнер: **СТРОИТЕЛЬНАЯ ОРБИТА**

Специальный информационный партнер: **СОЧИЭКСПО**

Региональный информационный партнер: **BusinessS**

Партнер: **ГРУППА КОМПАНИЙ ИВЕНТ-СЕРВИС**

Выставочная компания «Сочи-Экспо ТПП г. Сочи»
 тел./факс: (862) 264-87-00, 264-23-33, (495) 745-77-09
 e-mail: M.Lepikova@sochi-expo.ru; www.sochi-expo.ru

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

Механизм фазообразования и твердения механоактивированных известково-кварцевых смесей при тепловлажностной обработке

Значительное подорожание энергоресурсов вынуждает вести поиск альтернативных способов получения более экономичных и экологически чистых строительных материалов. Одним из перспективных направлений в данной области является производство силикатного камня на основе механоактивированной известково-кварцевой смеси [1, 2]. Структура, состав и количественные характеристики квазиаморфного слоя на поверхности зерен кварца, возникающего за счет механохимических процессов при совместном помоле известии и кварцевого песка, описаны в [3]. Данная работа посвящена рассмотрению влияния механоактивации исходных сырьевых смесей на процессы твердения силикатного камня в условиях гидротермальной обработки при атмосферном давлении.

Основным инструментом, применяемым для решения поставленной задачи, является комплексный метод анализа высокополимеризованных силикатов и гидросиликатов кальция. В ходе исследования, проведенного с применением данного метода, получены параметры, описывающие химическое и анионное строение новообразований, возникших в ходе гидротермального твердения механоактивированной известково-кварцевой смеси. Эти данные позволили рассчитать количественное соотношение кварца и кремнезема новообразований, основность анионов по катионам кальция и водороду, а также суммарную основность кремнекислородных анионов (ККА). Также были рассчитаны соотношения $CaO/SiO_2(C/S)$ и $H_2O/SiO_2(H/S)$, массовая доля и степень полимеризации ККА.

Для измельчения применялся виброистиратель непрерывного действия ЦЭМ-7в. Мелющие тела в камерах данного агрегата перемещаются по эллиптическим орбитам с центробежным ускорением 10g. Эта мельница, по утверждению разработчиков, предназначена для механической активации твердых тел и их тонкого измельчения (не менее 20 мкм для кварца). Полученную массу увлажняли до формовочной влажности 8 мас. %, формовали образцы-балочки 60×12×12 мм методом прессования при давлении 10 МПа. Максимальное время пропаривания образцов составило 26 ч, температура изотермической выдержки 98°C. В ходе пропарки отби-

рались пробы, для которых определяли пределы прочности при изгибе и сжатии; количество прореагировавшего кремнезема и известии. Составы и характеристики гашенных сырьевых известково-кварцевых смесей представлены в таблице.

Из таблицы следует, что часть известии взаимодействует с кварцем еще в процессе помола, образуя на поверхности зерен кварца квазиаморфные фазы, которые затем при гашении гидратируются. Если сравнить раздельный и сухой помолы при одной и той же исходной активности смеси, то можно сказать следующее: даже при меньшей удельной поверхности сырьевой смеси при совместном помоле (серия В) количество поверхностных новообразований существенно выше за счет механохимических твердофазовых реакций, нежели при раздельном помоле. Степень полимеризации ККА новообразований в данном случае следует рассматривать как оценку среднего размера блоков аморфизованного кремнезема (количество кремнекислородных тетраэдров), на которые разделяется слой линейными дефектами, возникающими в процессе механической обработки, и по которым в основном происходит диффузия ионов кальция в глубь зерна. Введение известии при помоле увеличивает глубину взаимодействия. Это можно объяснить тем, что при многократном воздействии нагружающих сил ионы кальция диффундируют именно вдоль линейных дефектов и образуют химические связи преимущественно на границе блоков. В результате общее количество псевдоаморфизованного кремнезема возрастает, а степень полимеризации ККА возрастает по сравнению со смесью раздельного помола. Изменение количества кислоторастворимого кремнезема прямо пропорционально количеству известии и связано с рН среды в момент гашения. Высокие значения C/S и H/S в сырьях, прошедших раздельный помол (Б-серия), связаны с тем, что образование поверхностных новообразований шло по адсорбционному механизму, описанному Гринбергом и Штернбергом. В остальных двух случаях (В- и Д-серия) наблюдается результат диффузии кальция в кремнезем под воздействием переменного поля механических напряжений.

S _{уд} , м ² /кг	Способ помола, серия	Количество СаО до (после) помола, %	Количество новообразований, %	SiO ₂ кислото-растворимый, отн. %	Средняя степень полимеризации новообразований	Отношения в новообразованиях	
						C/S	H/S
1050	сух. разд. (Б-серия)	30 (30)	20,56	0,46	17100	1,89	4,07
820	сух. совм. (В-серия)	30 (24,55)	33,15	0,45	46300	0,56	0,91
880	сух. совм. (Д-серия)	10 (4,8)	23,58	0,25	27800	0,08	0,79

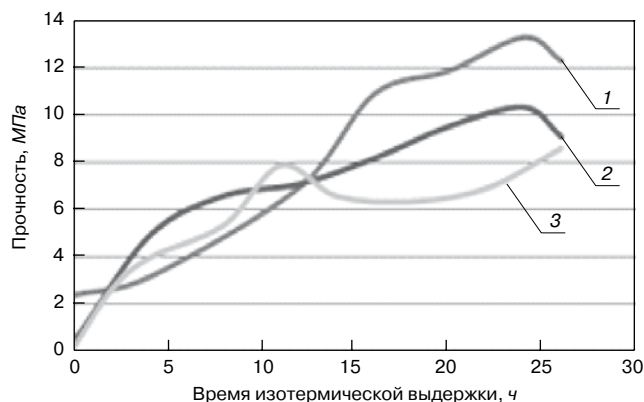
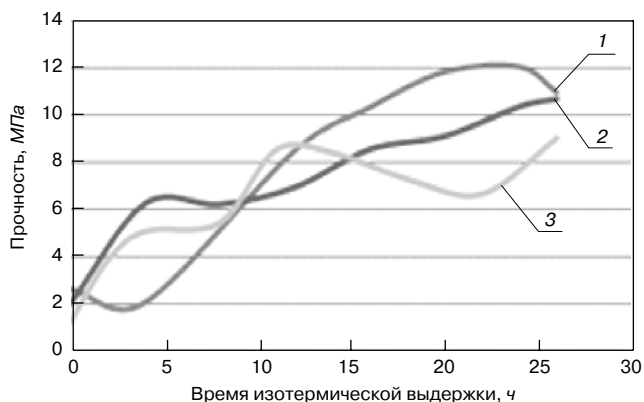


Рис. 1. Прочность пропаренных образцов при разном времени изотермической выдержки: а – при изгибе; б – при сжатии; 1 – В-серия; 2 – Д-серия; 3 – Б-серия

На рис. 1 представлены графики набора прочности образцов в зависимости от времени гидротермальной обработки при атмосферном давлении.

Условия активации существенно влияют на характер кривых. Раздельно активированная сырьевая смесь на ранних этапах твердеет несколько быстрее, чем совместно измельчаемые смеси, но затем для нее наблюдается снижение скорости прироста прочности. В результате образуется камень с прочностью при сжатии 43 МПа; при изгибе – 9 МПа. Скорость набора прочности совместно измельченных известково-кварцевых смесей в обоих случаях достаточно высокая, причем до 5 ч низкоактивная смесь твердеет быстрее, нежели смесь с исходно более высоким содержанием известки. В период от 5 до 12 ч скорость набора прочности для вяжущего серии Д (10% извести) заметно снижается, а для более активного вяжущего (серия В), наоборот, возрастает. Через 25 ч формируется камень с высокими прочностными показателями для обеих сырьевых смесей (прочность при сжатии 50–65 МПа; при изгибе 10–12 МПа), однако дальнейшее пропаривание приводит к некоторому спаду прочности. Достаточно пологий график набора прочности для смеси, прошедшей совместный помол и имеющей в составе СаО в количестве 10 мас. %, объясняется тем, что существенная часть известки уже связана (см. таблицу) и растворение кремнезема происходит медленно по причине низкого значения рН жидкой фазы.

На рис. 2 представлены графики зависимости количества новообразований и мольных отношений С/С и Н/С в них от времени изотермической выдержки. Волнообразный характер зависимостей указывает на то, что система далека от равновесия. На рис. 3–5 представлены изменения масс-молекулярных распределений новообразований в зависимости от времени изотермической выдержки для серий образцов, измельченных в различных условиях. По оси ординат отложены количества фракции, по оси абсцисс – значения натурального логарифма степени полимеризации ККА, над каждым столбцом указано абсолютное значение степени полимеризации фракции. Обозначением «ПМ» отмечены участки гистограмм, относящиеся к нерастворимой в кислоте составляющей новообразований (псевдоморфоз). Эти новообразования возникают уже при механоактивации кварцевой составляющей, и их количество может изменяться в ходе твердения: уменьшаться в результате частичного растворения или увеличиваться за счет топохимического взаимодействия жидкой фазы с поверхностью зерен. Степень полимеризации анионов ПМ также может изменяться при твердении за счет взаимодействия ионов кальция и воды с аморфизованной оболочкой кремнезема.

Анализ всего комплекса полученных данных позволяет сделать некоторые выводы о механизмах возникновения связующего вещества при твердении вяжущих на разных этапах гидротермальной обработки.

При твердении раздельно молотого вяжущего с активностью 30% доля новообразований в первые 3 ч несколько возрастает, а затем резко снижается. В период 3–5 ч изотермической выдержки нарастает количество мольных отношений CaO/SiO_2 и $\text{H}_2\text{O/SiO}_2$ в продуктах твердения. В то же время резко возрастает доля кислоторастворимых фаз ГСК с гораздо менее заполimerизованной структурой ККА (примерно до 50%), которые могут представлять собой либо самые внешние слои на зернах кварца, либо аморфные новообразования, возникшие при кристаллизации из жидкой фазы. По всей видимости, в первые три часа протекают в основном процессы формирования состава жидкой фазы и взаимодействие ее с квазиаморфными оболочками на поверхности зерен кварца. Поскольку температура уже достаточно высока и подвижность ионов кальция и гидроксильных групп в жидкой фазе также намного выше, это приводит к быстрому увеличению С/С и Н/С в наружных слоях аморфизованной оболочки кремнезема. По соотношению долей SiO_2 , входящих в структуру фаз псевдоморфоза, и кислоторастворимых фаз можно примерно оценить и глубину диффузии ионов Ca^{2+} и OH^- – она составляет примерно 30–40% от толщины исходного аморфизованного при механоактивации слоя. Фазы такого состава являются уже достаточно растворимыми и переходят в раствор, что снижает долю новообразований к 5 ч и приводит к увеличению концентрации кремнезема в жидкой фазе. Эти процессы связаны с разрушением контактных зон между зернами и поэтому прочность на этом временном промежутке стагнирует. Последующее увеличение количества новообразований вплоть до 15 ч пропаривания связано с активным осаждением из раствора гидросиликатов кальция с более низкой основностью. Одновременно с этим, по всей вероятности параллельно, продолжают и процессы взаимодействия с жидкой фазой с аморфизованным слоем и перевод дополнительного количества SiO_2 в раствор, что стимулирует осаждение из него дополнительного количества связующего. В ходе твердения на этом этапе наблюдается процесс полимеризации ККА ГСК (рис. 2), основность фаз существенно уменьшается и достигает значений $\text{C/S} \approx 0,5$. Формирование связующего в данном случае идет в основном в межзерновом пространстве. Все это ведет к нарастанию прочности камня.

На следующем этапе твердения (15–18 ч) в основном протекают процессы перекристаллизации ранее возникших неравновесных фаз с очень низкой основно-

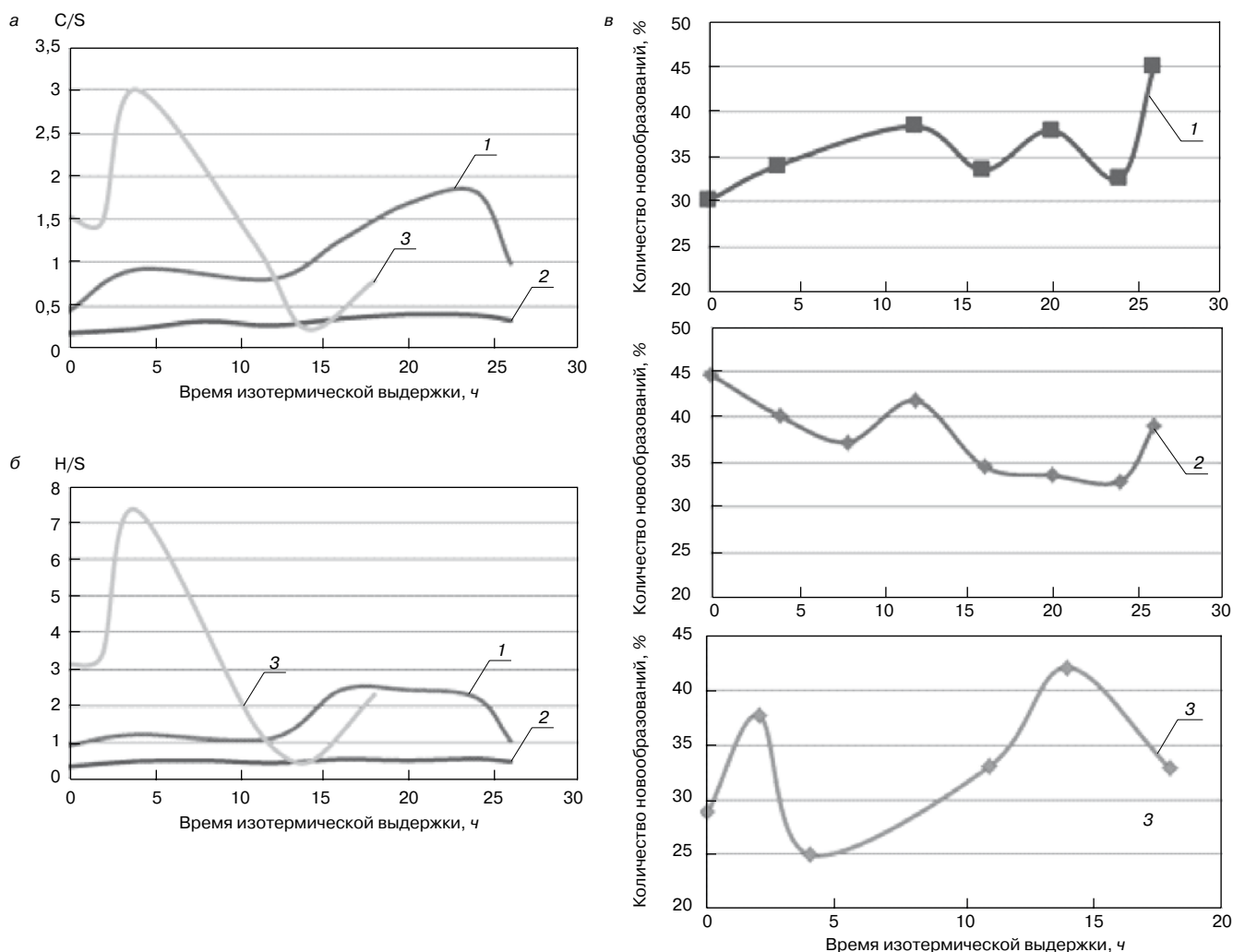


Рис. 2. Зависимость изменения количества новообразований и мольных отношений CaO/SiO_2 и $\text{H}_2\text{O/SiO}_2$ в них от времени изотермической выдержки: а – изменение C/S от времени пропаривания; б – изменение H/S от времени пропаривания; в – зависимость количества новообразований от времени изотермической выдержки; 1 – В-серия; 2 – Д-серия; 3 – Б-серия

стью в более основные соединения (C/S стремится к единице). Это приводит к временному уменьшению количества новообразований, разрушению уже имеющихся контактов и к уменьшению прочностных характеристик камня. При дальнейшем увеличении времени пропаривания рост прочности возобновляется.

Таким образом, сам механизм фазообразования для этой сырьевой смеси несильно отличается от того, что реализуется в автоклавных условиях для обычного известково-кварцевого вяжущего с такой же активностью, но с гораздо меньшей удельной поверхностью (порядка $300 \text{ м}^2/\text{кг}$). Различие состоит лишь в том, что все процессы в силу меньшей температуры развиваются медленнее и состав новообразований колеблется в более широких пределах, поскольку система слишком далека от равновесного состояния. Доля связующего вещества в основном зависит от толщины аморфизованного при механоактивации слоя кремнезема и даже после 26 ч пропаривания она примерно в два раза меньше, чем та, что достигается за 8 ч автоклавной обработки. Однако прочность пропаренного камня не уступает прочности автоклавированного материала, что связано, на наш взгляд, с более высокополимерной структурой ГСК.

При твердении сырьевых смесей, полученных путем совместного помола кварца и извести, наблюдается иная картина фазообразования. При твердении таких образцов в условиях пропаривания формирование структуры

искусственного камня всецело определяется теми процессами, которые протекают в аморфизованных оболочках. В ходе гидротермальной обработки в процесс формирования структуры активно включается вода, которая в твердеющих образцах находится в капельно-жидком состоянии; в ней растворяется свободная известь в соответствии с ее произведением растворимости при данной температуре, что ведет к повышению pH среды. Если при совместном сухом помоле механохимические процессы можно описывать как твердофазовые реакции со своими особенностями, то при пропарке имеют место гетерофазные процессы, в которых участвуют гидратированные ионы кальция и гидроксильные анионы. Необходимо пояснить, что все измеренные параметры представляют собой показатели усредненные, учитывающие и состав исходной квазиаморфной оболочки на зернах кварца, возникшей при помоле, и тех новообразований, которые возникают при твердении, поскольку количественно разделить их при данном методе анализа очень трудно.

В первые 5 ч пропарки происходит снижение доли кремнезема в новообразованиях, что связано с процессами перехода в жидкую фазу первых внешних слоев квазиаморфной оболочки, которая более насыщена ионами кальция, наиболее гидратирована и, следовательно, более способна к растворению. Правда, доля связанного кремнезема при этом снижается незначительно (примерно на 5%), поскольку при температуре

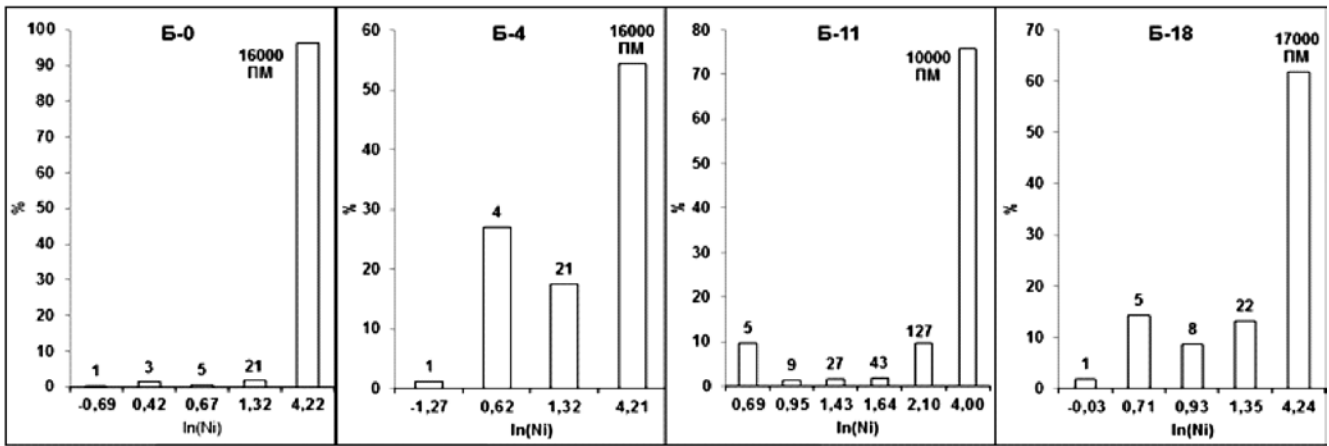


Рис. 3. Молекулярно-массовое распределение ККА для твердеющих образцов вяжущего серии Б при длительности изотермической выдержки, ч: 0; 4; 11; 18

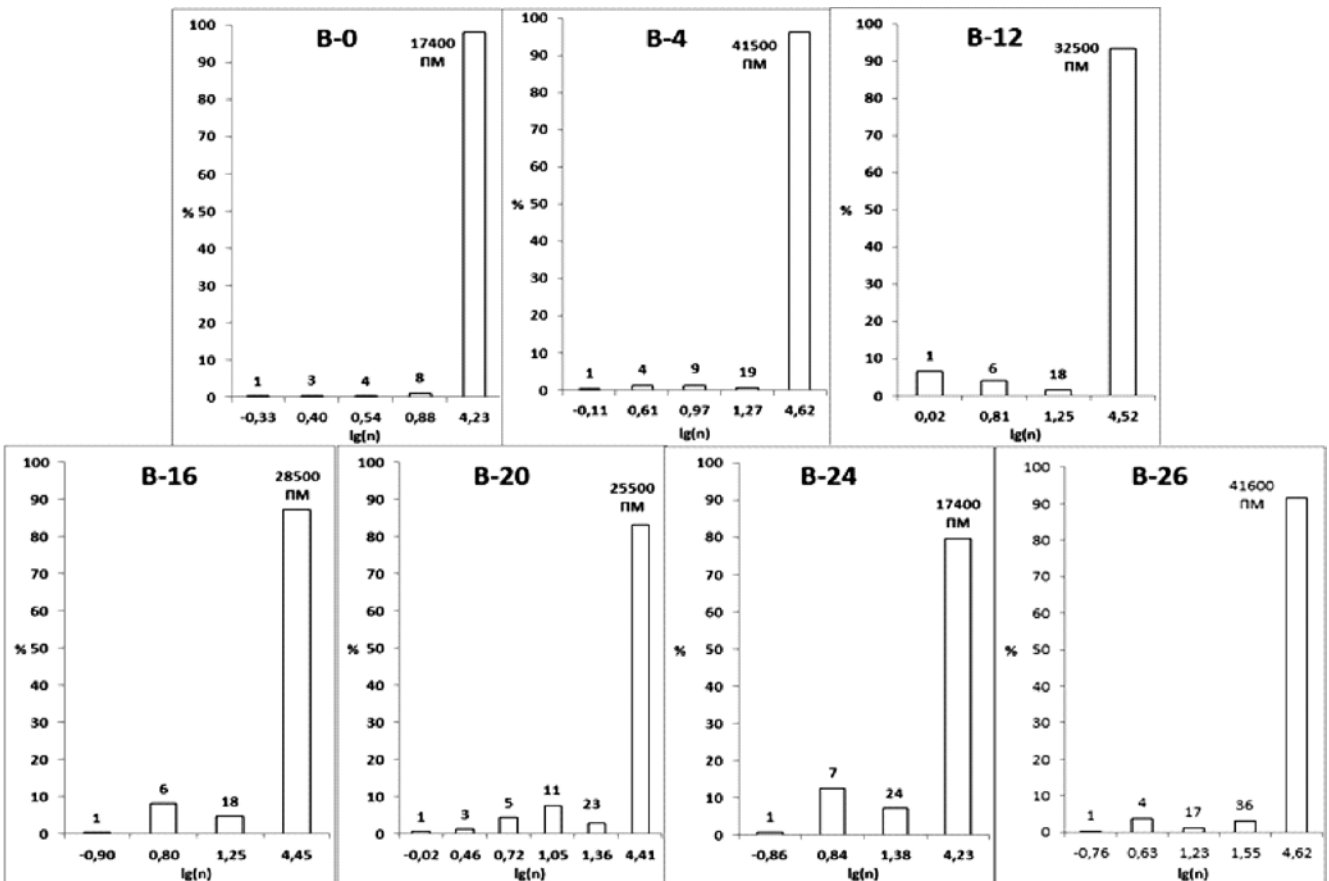


Рис. 4. Молекулярно-массовое распределение ККА в твердеющих образцах вяжущего серии В при длительности изотермической выдержки, ч: 0; 4; 12; 16; 20; 24; 26

пропаривания скорость его растворения невелика. Одновременно с этим возрастает доля извести, связанной в новообразования, что можно объяснить двумя процессами – активной диффузией ионов кальция в более глубокие слои квазиаморфного слоя и связыванием извести за счет взаимодействия с растворенным кремнеземом по мере его накопления в жидкой фазе. Вполне вероятно, что оба процесса могут происходить одновременно. В этот период наблюдается некоторое повышение соотношений C/S – для образцов с активностью вяжущего 30% до значений, близких к 1, а для вяжущего с активностью 10% – до 0,5. Также ведет себя и соотношение H/S . Количество новообразований, которое представляет собой сумму CaO , SiO_2 и химически

связанной воды, изменяется по-разному. Для низкоактивного вяжущего оно снижается, т. е. идет преимущественно растворение наружных слоев оболочек. Для этого вяжущего структура слоя сложена из более мелких блоков [3], более склонных к переходу в раствор. Для образцов с исходным содержанием извести 30% эта величина возрастает, что можно объяснить более высоким градиентом концентраций ионов кальция; следовательно, скорость диффузии внутрь аморфизованного слоя осуществляется быстрее, что в свою очередь приводит к разрывлению слоя и увеличению его толщины.

В дальнейшем при изотермической выдержке до 12 ч количество новообразований возрастает, повышаются доли связанных кремнезема и извести, однако

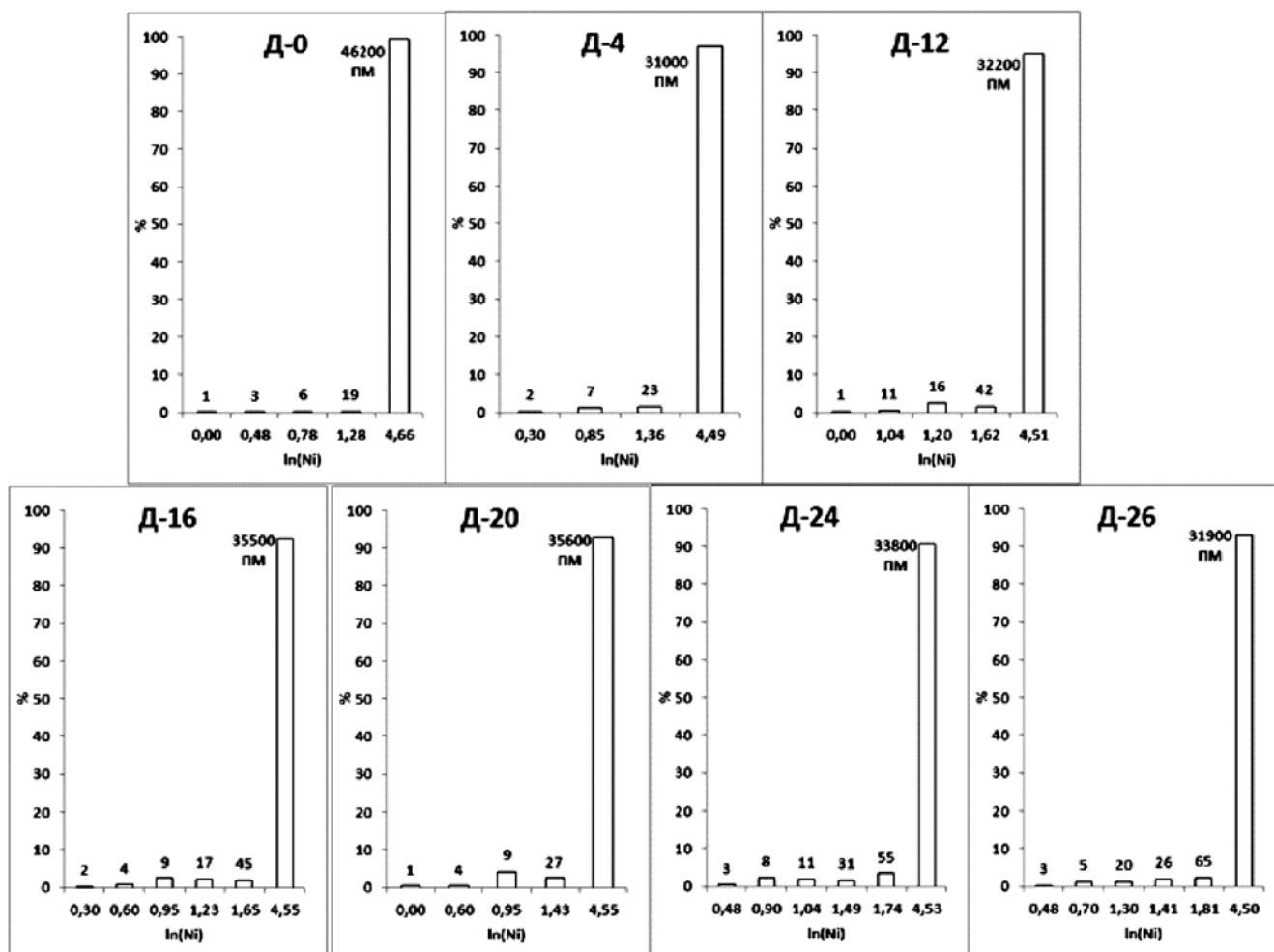


Рис. 5. Молекулярно-массовое распределение кремний-кислородных анионов в образцах вяжущего, прошедшего совместный помол (10 мас. % CaO) при длительности изотермической выдержки, ч: 0; 4; 12; 16; 20; 24; 26

соотношения скоростей их связывания таково, что мольные соотношения C/S, H/S почти не меняются для образцов обеих серий. То есть в этот период времени при перераспределении вещества внутри слоя достигается равновесное состояние, для которого характер фаз зависит прежде всего от исходной активности смеси: В-серия – C/S≈0,8, H/S≈1; Д-серия – C/S≈0,3, H/S≈0,5. К 12 ч изотермической выдержки количество новообразований достигает локального максимума (≈40%) и сравнивается для образцов обеих серий; в это же время сравниваются и прочностные показатели, несмотря на разный вещественный состав оболочек. Это позволяет предположить, что на данном этапе формирования структуры силикатного камня более значимым фактором является площадь контакта зерен, которая при равенстве исходных размеров зерен (обе смеси исходно имели примерно равную удельную поверхность и гранулометрический состав) определяется толщиной оболочки квазиаморфной фазы. И если принять, что плотности оболочек для этих серий отличаются несущественно, то определяющим становится количество новообразований.

На следующем этапе твердения (12–25 ч ТВО) разница образцов сравниваемых серий становится существенной. Для вяжущего с исходной активностью 10% растворение оболочки ведет к снижению доли связанного кремнезема и повышению его концентрации в жидкой фазе, однако концентрация ионов кальция в растворе в этом случае низка, ведь почти все они к этому времени вошли в состав оболочки. В результате из

раствора в качестве дополнительного связующего могут выделяться только очень низкоосновные гидросиликаты кальция, для которых C/S и H/S мало отличаются от основности и водосодержания оболочки. Судя по тому, что количество новообразований несколько снижается (всего на 5–7%), сквозьрастворный механизм фазообразования если и имеет место, то в небольшом объеме. Однако прочностные показатели продолжают нарастать, но с меньшей и достаточно постоянной скоростью. Связывание извести также протекает с постоянной и невысокой скоростью, и к 26 ч она полностью входит в состав новообразований. Повышение прочности камня на этом этапе может быть также связано с упрочнением межзерновых контактов за счет повышения степени кристалличности новообразований.

Для вяжущего с более высоким исходным содержанием извести (30%) растворение поверхностных слоев оболочек и перевод кремнезема в раствор происходит примерно так же, как и в предыдущем случае, но концентрация извести в жидкой фазе в этом случае выше (в начале периода доля свободной извести составляет примерно 50%). В результате создаются условия для активного формирования дополнительного количества связующего вещества по сквозьрастворному механизму. Из жидкой фазы выделяются аморфные гидросиликаты кальция с основностью от 1 до 1,8, для которых величина H/S меняется незначительно и составляет 2,4–2,5. Фазы такого состава уже более соответствуют тем, что образуются в известково-кварцевом вяжущем при автоклавном твердении. Эти

фазы формируются в межзерновом пространстве, внося дополнительный вклад в создание более плотной и прочной структуры. Для образцов этой серии скорость набора прочности на этапе 12–25 ч выше, чем для вяжущего с активностью 10%. Однако при наличии свободной извести в системе эти фазы не являются устойчивыми. К 26 ч изотермической выдержки состав продуктов твердения меняется: соотношения C/S и H/S снижаются до ≈ 1 , перекристаллизация вызывает снижение прочности. Такая ситуация, вероятно, будет продолжаться до тех пор, пока не свяжется вся известь и, сформируются равновесные фазы, однако увеличивать длительность ТВО свыше суток экономически нецелесообразно.

Введение извести при помоле, как видно из рис. 3–4, приводит к увеличению степени полимеризации псевдоморфоза, его доля в общем составе новообразований остается практически постоянной и высокой (на уровне 90%). Изменяется и анионный состав кислоторастворимых ГСК. Для смеси с активностью 30%, полученной совместным помолом, как указывалось выше, изменение механизма фазообразования на сквозьрастворный наблюдается после 12 ч пропаривания. Это подтверждается и масс-молекулярным распределением ККА (рис. 3) – увеличением количества кислоторастворимых фракций и усложнением их анионной структуры. При твердении механоактивированной смеси, содержащей лишь 10 мас. % извести, такого четкого перехода не наблюдается (рис. 4), а общий вид гистограмм позволяет предполагать, что взаимодействие происходит по диффузионному механизму в ограниченном по глубине слое. Это подтверждает ранее сделанный вывод, что для низкоактивной смеси перехода к сквозьрастворному механизму фазообразования на

протяжении всего рассмотренного периода твердения не происходит.

Таким образом, условия механической активации и состав сырьевых известково-кварцевых смесей оказывают решающее влияние на механизмы фазообразования при твердении вяжущего в условиях ТВО, а также на состав и анионную структуру гидросиликатов кальция, что и определяет строительно-технические характеристики силикатного камня. Эти характеристики оказались даже выше, чем у обычных автоклавированных силикатных изделий того же состава и по прочности приближаются к вяжущим на основе портландцемента, что свидетельствует об эффективности механоактивации в технологии изделий на основе известково-кварцевых сырьевых смесей.

Ключевые слова: кварц, известь, гидросиликаты кальция, кремнекислородные анионы, механоактивация, известково-кремнеземистые вяжущие, гидротермальное твердение.

Список литературы

1. Сулименко Л.М., Урханова Л.А. Активированные известково-кремнеземистые вяжущие и изделия на их основе // Техника и технология силикатов. 1995. № 3–4. Т. 2. С. 14–21.
2. Урханова Л.А. Повышение эффективности производства силикатных материалов и изделий с использованием механохимической активации известково-кремнеземистых вяжущих // Техника и технология силикатов. 2011. № 2. Т.18. С. 2–6.
3. Тихомирова И.Н., Макаров А.В. Механоактивация известково-кварцевых вяжущих // Строительные материалы. 2012. № 9. С. 4–7.

Тема выставки:
Зеленый дом

Организаторы:

СВТ

(3852) 65-88-44

15-17
мая 2013 г.
г. Барнаул
Дворец зрелищ и спорта

XVIII Специализированная выставка-ярмарка

**Строительство
Благоустройство
Интерьер**

Ваш электронный пригласительный билет – на сайте www.altfair.ru

MosBuild

вчера,
сегодня,
завтра



Новый формат и новые возможности. Словно живой организм, выставка MosBuild чувствует и реагирует на происходящие вокруг изменения.

Сегодня MosBuild – это хорошо структурированное глобальное событие строительной и интерьерной отраслей, состоящее из 17 специализированных выставок, объединенных в три раздела: MosBuildFenestration «Окна. Фасады. Ворота. Автоматика»; MosBuildBuilding&Interiors «Строительство. Интерьер»; MosBuildCersanex «Керамика. Камень».

В 2013 г. MosBuild впервые будет проходить на двух выставочных площадках Москвы. ЦВК «Экспоцентр» на Красной Пресне и павильон № 75 ВВЦ планируют посетить более 100 тыс. специалистов. За две недели работы выставки более 2 тыс. компаний из 45 стран продемонстрируют свои достижения в строительной отрасли, будут участвовать в конференциях, заседаниях и форумах. Общая экспозиционная площадь выставки составит 150 тыс. м².

Презентации научных исследований и успешных бизнес-процессов должны стать неотъемлемой частью профессионального форума. Деловая программа MosBuild каждый год становится предметом особого внимания со стороны специалистов и ключевых игроков отрасли. Тема энергоэффективности и экологии в российском строительстве станет одной из основных в 2013 г. Переоценка ценностей, фундаментальный пересмотр политики потребительского отношения человека к природе – главная задача XXI века. Выставка MosBuild совместно с НП «Центр экологической сертификации – «Зеленые стандарты» и EcoStandardGroup учредила премию e3Awards – I Международную экологическую премию в области строительных и отделочных материалов с присуждением знака экологического отличия и качества e3, которая стимулирует продвижение и популяризацию идеи использования экоустойчивых материалов для строительства и ремонта. Идея развития «зеленого» девелопмента и архитектуры также легла в основу деловых мероприятий.

В 2013 г. обширная двухдневная программа Международной конференции «Технологии проектирования и строительства энергоэффективных зданий, PassiveHouse» будет содержать демонстрацию реализованных и пилотных проектов, сертификацию зданий по новым стандартам и обучающие курсы для проектировщиков.

В 2013 г. на выставке будет впервые организована специализированная площадка для студентов архитектурных вузов и школ дизайна – MosBuildSchool. В рамках школы состоятся мастер-классы известных архитекторов и дизайнеров, обучающие воркшопы и тренинги от лучших преподавателей профильных вузов и экспертов рынка архитектуры, дизайна и строительства.

Праздником молодых можно назвать международную премию MosBuildArchitecture&DesignAwards (MADA) для начинающих архитекторов и студентов профильных вузов. Участники представят на суд жюри свои предложения по двум сложнейшим архитектурным направлениям – экоустойчивой архитектуре и созданию доступной среды. Доступный город – это обязательная составляющая цивилизованного общества, и невнимание к этой проблеме просто недопустимо. Инновационные разработки, как многофункциональный конструктор, могут решить многие проблемы, связанные с сложным движением по городу. Организаторы премии – группа компаний ITE совместно с международным сообществом архитекторов Archi-Eurore и членами авторитетного жюри, куда войдут иностранные и российские архитекторы, а также видные общественные деятели, не сомневаются в профессиональном подходе конкурсантов к выполнению заданий.

Второй год подряд в рамках выставки пройдет деловое событие, которое уже успело вызвать высокий интерес профессионального сообщества, – форум «Проблемы и перспективы развития рынка строительных и отделочных материалов и торговли DIY». На мероприятии для активной дискуссии и обсуждения развития рынка соберутся первые лица крупнейших DIY-сетей, производители и поставщики строительных и отделочных материалов, лучшие аналитики отрасли.

Деловую часть выставки MosBuildCersanex откроет конференция «Развитие рынка керамической плитки в России. Тренды и перспективы».

В мероприятии, организованном выставкой MosBuild и информационным порталом EtoProsto.ru, примут участие российские производители и дистрибьюторы керамической плитки, представители иностранных фабрик и совместных производств на территории России, а также эксперты-аналитики. Собравшиеся обсудят вопросы, связанные с тенденциями развития рынка керамической плитки в России.

V Международной архитектурный конкурс «ArchCeramica. Керамика и архитектура» заменит официальный вектор деловой программы выставки творческим направлением – показом архитектурных и дизайнерских работ с использованием керамики.

В 2013 г. номинантами конкурса смогут стать не только архитекторы и дизайнеры, но также журналисты и производители. Специально для новых категорий участников будут добавлены номинации: лучшая статья о разделе «Керамика» на выставке MosBuild и лучшие новинки, представленные на выставке MosBuildCersanex.

По материалам пресс-службы выставки MosBuild

Supporting Media

СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®

CERAMICS CHINA 2013

The Largest Ceramics Industry Exhibition with Over 80,000m² Exhibiting Space

May 29 – June 1, 2013

Pazhou Complex, Guangzhou

SPONSOR China Ceramic Industrial Association

ORGANIZER Unifair Exhibition Service Co., Ltd.

Contact



新之联展览
UNIFAIR EXHIBITION SERVICE

Tel: (86 20) 8327 6389 8327 6369

http: //www.ceramicschina.com.cn

E-mail: overseas@ceramicschina.com.cn

**2013 China Int'l Exhibition for Ceramics
Technology, Equipment and Product**

О.Б. ЛЯПИДЕВСКАЯ, канд. техн. наук, Е.А. БЕЗУГЛОВА, инженер (bezuglova-e@inbox.ru), Московский государственный строительный университет

Эффективный обмазочный гидроизоляционный состав на минеральной основе для защиты подземных зданий и сооружений

Проблема защиты зданий и сооружений от воздействия воды остается актуальной на протяжении долгих лет. В большей степени воздействию воды в различных ее формах подвержены подземные конструкции сооружений. Проникновение воды в сооружение, как правило, вызвано отказом гидроизоляционной системы. Особенно интенсивно этот процесс происходит после выпадения дождей, таяния снега, подъема уровня грунтовых вод и т. д.

Одним из перспективных направлений защиты подземных зданий и сооружений является применение обмазочных гидроизоляционных материалов на минеральной основе.

По результатам проведенных аналитических и экспериментальных исследований в Московском государственном строительном университете был разработан новый эффективный обмазочный гидроизоляционный материал на минеральной основе «МИНСЛАШ-12». В состав сухой смеси входят следующие компоненты: портландцемент класса В42,5Н, кварцевый песок с модулем крупности $M_k=1,93$, микрокремнезем, механоактивированная силикат-глыба с удельной поверхностью $S_{уд}=5000 \text{ см}^2/\text{г}$, суперпластифицирующие и водоудерживающие добавки: поликарбоксилат, метилцеллюлоза. Основные физико-механические и гидрофизические свойства состава «МИНСЛАШ-12» приведены в табл. 1.

Водонепроницаемость разработанного состава при действии воды под давлением достигается за счет двух факторов. Первый заключается в оптимальном соотношении компонентов, которое обеспечивает создание особо плотной упаковки зерен вяжущего вещества и минерального наполнителя. Второй – в образовании водонерастворимых новообразований в результате химического взаимодействия микрокремнезема и механоактивированной силикат-глыбы с продуктами гидратации портландцемента.

При взаимодействии микрокремнезема (диоксида кремния) и гидроксиды кальция образуются низкоосновные гидросиликаты типа CSH с соотношением CaO/SiO_2 равным 0,9–1,3, что значительно увеличивает прочность цементного камня. Кроме того, введение микрокремнезема имеет также физический эффект: оно не влияет на общую пористость, но значительно изменяет дифференциальную. Установлено, что количество капиллярных пор цементного камня уменьшается при одновременном увеличении количества гелевых пор. Такое изменение объясняется тем, что увеличивается степень гидратации цемента и количество низкоосновных гидросиликатов кальция CSH (I).

Введение в цементно-песчаную композицию микрокремнезема значительно увеличивает водопотребность смеси. Для устранения данного недостатка микрокрем-

незем применяют совместно с пластифицирующими добавками. В настоящее время наиболее эффективными являются суперпластифицирующие добавки – поликарбоксилаты, в основе действия которых лежит механизм стерического отталкивания боковых цепей адсорбированных макромолекул поликарбоксилатов.

Еще в 1960-е гг. при проведении исследований фазового состава, структуры и кинетики твердения цементного состава, структуры и кинетики твердения цементного состава, структуры и кинетики твердения цементного состава с добавкой жидкого стекла было установлено, что в присутствии $\text{Na}_2\text{O}\cdot n\text{SiO}_2$ растворимость кальцийсодержащих фаз резко возрастает, а образование в системе реакционноспособного кремнезема способствует полному связыванию щелочи, образующейся при гидратации цемента.

Позже было установлено, что при добавлении жидкого стекла повышаются адгезионные свойства материала, в то время как прочность цементно-песчаной композиции заметно снижается, а также значительно сокращаются сроки схватывания смеси.

В основу данного исследования легла идея использования силиката натрия в качестве минеральной добавки к цементу. Авторами работы было предложено применение силикат-глыбы, которая не оказывает столь значительного влияния на сроки схватывания смеси и на прочностные характеристики материала. Была выдвинута гипотеза о том, что механоактивация силикат-глыбы за счет ее измельчения до удельной поверхности $5000 \text{ см}^2/\text{г}$ приводит к разуплотнению силикат-глыбы, уменьшению степени полимеризации тетраэдров SiO_2 в кристаллической решетке. Данный процесс сопровождается увеличением поверхностной энергии. Изменение энергетического состояния силикат-глыбы приводит к увеличению ее химической активности и повышению степени растворимости.

Таблица 1

Показатель	Единица измерения	Значение
Насыпная плотность	г/см ³	1,2
Средняя плотность цементного камня	г/см ³	1,8
Подвижность (по расплыву кольца)	мм	10,5
Сроки схватывания: начало, не ранее конец, не позднее	мин	45 110
Прочность при сжатии в возрасте: 28 сут 7 сут	МПа	55 30
Адгезия к основанию	МПа	1,7
Водопоглощение по массе	%	2
Марка по водонепроницаемости	атм	W8

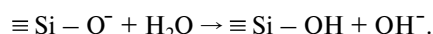
Таблица 2

№ серии образцов	Исходный состав
1	Портландцемент + микрокремнезем + силикат-глыба + вода
2	Портландцемент + микрокремнезем + вода
3	Портландцемент + силикат-глыба + вода
4	Портландцемент + вода

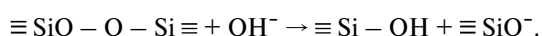
Таблица 3

№ серии образцов	Кристаллические фазы, %	
	Портландит	Этtringит
1	12,8	0,4
2	16,9	1,7
3	42,1	1,6
4	43	1,5

После смачивания водой частиц силикат-глыбы катионы щелочного металла, имеющие ионную связь, могут свободно переходить с поверхности в раствор за счет сольватационного взаимодействия с заменой молекулами воды. Часть молекул воды вступает в реакцию гидролиза с анионным каркасом, которая протекает по следующему механизму:



В результате образуются гидроксильные ионы, способные разрушать анионный каркас фазы стекла:



Эта реакция высвобождает анионы, существующие в стекле, и приводит к разрушению поверхности стекла и переходу кремнийкислородных ионов в раствор. Гидроксильные ионы обладают высокой подвижностью и не только вступают в реакцию, но также покидают реакционную зону на границе раздела фаз и переходят в раствор.

В МГСУ было проведено исследование продуктов взаимодействия системы портландцемент – микрокремнезем – силикат-глыба после затворения водой.

Выполнен качественный и количественный рентгенофазовый анализ образцов с различным сочетанием исходных компонентов. За постоянное было принято водотвердое отношение, т. е. расход добавок. Возраст испытуемых образцов составлял 28 сут, исходный качественный состав их приведен в табл. 2.

Рентгенофазовый анализ осуществляли на дифрактометре ARL X'tra (с медными анодами).

Цель анализа – изучение взаимного влияния отдельных компонентов на цементную систему и их комплексного взаимодействия в системе.

Изучение полученных дифракционных линий проб на наиболее информативном участке их наложения показало, что пробы образцов серий 1–2 имеют схожий минеральный состав, а серий 3–4 отличаются высоким содержанием $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Отсутствие пиков портландита (в образцах с добавлением микрокремнезема) на рентгенограмме гидратированного цементного состава позволяет сделать вывод, что весь $\text{Ca}(\text{OH})_2$, образовавшийся в результате гидратации C_3S и C_2S , соединился с высокоактивными частицами микрокремнезема, в результате чего сформировались гидросиликаты кальция.

Более точные значения концентраций были определены в рамках нестандартного количественного рентгенофазового анализа, результаты которого представлены в табл. 3.

Из приведенных данных видно, что наличие микрокремнезема в составе (пробы образцов серий 2, 4) в 2,5–3 раза снижает содержание свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$, что свидетельствует об увеличении содержания гелевой фазы в системе.

Влияние механоактивированной силикат-глыбы как отдельной добавки (пробы образцов серий 3, 4) способ-

ствует снижению концентрации свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$ незначительно, однако при совместном действии силикат-глыбы и микрокремнезема содержание портландита и трехкальциевого алюмината заметно ниже, чем в системе портландцемент–микрокремнезем.

Концентрация этtringита в пробах образцов серий 2, 4 приблизительно одинакова. В пробе образцов серии 1 наблюдается уменьшение его концентрации в четыре раза; это позволяет сделать вывод, что совместное действие микрокремнезема и силикат-глыбы в цементной системе снижает интенсивность образования этtringита.

Таким образом, совместное введение микрокремнезема и силикат-глыбы в цементной системе позволяет получить высокопрочный состав повышенной водонепроницаемости и коррозионной стойкости за счет протекания следующих процессов:

- образование низкоосновных гидросиликатов кальция, уплотняющих структуру цементного камня;
- снижение концентрации свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$;
- уменьшение содержания этtringита в системе.

Преимуществами разработанного гидроизоляционного состава являются высокая прочность, водонепроницаемость, повышенная адгезия к бетонному основанию, коррозионная стойкость, экологичность, возможность применения как при позитивном, так и при негативном давлении воды, отсутствие необходимости устройства дополнительного защитного покрытия, возможность применения при защите новых и при ремонте старых конструкций.

Ключевые слова: гидроизоляция, обмазочные материалы, подземные сооружения.

Список литературы

1. Шилин А.А., Зайцев М.В., Золотарев И.А., Ляпидевская О.Б. Гидроизоляция подземных и заглубленных сооружений при строительстве и ремонте. Киев: Оптима, 2005. 396 с.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Астрасемь, 1998. 697 с.
3. Ляпидевская О.Б., Безуглова Е.А., Самотесова Н.В. Новый гидроизоляционный материал на минеральной основе для защиты подземных сооружений от воздействия агрессивной среды // Вестник МГСУ. 2011. № 1. Т. 1. С. 127–130.
4. Falikman V.R. New High Performance Polycarboxylate superplasticizers based on derivative copolymers of male inicacid // 6-th International Congress «GLOBAL CONSTRUCTION» Advances in Admixture Technology. Dundee. 2005. Pp. 41–46.
5. Fennis S.A.A.M., Walraven J.C. Design of ecological concrete by particle packing optimization // Delft Technical University. 2010. Pp. 115–144.
6. Корнеев В.И., Данилов В.В. Жидкое и растворимое стекло. СПб.: Стройиздат, 1996. 215 с.



www.interstroyexpo.com



ИНТЕРСТРОЙЭКСПО

Международная строительная выставка и форум

10–13 АПРЕЛЯ 2013

Санкт-Петербург

Ленэкспо

ГЛАВНАЯ
СТРОИТЕЛЬНАЯ
ВЫСТАВКА
СЕВЕРО-ЗАПАДА

В рамках форума:



**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
КОНГРЕСС ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ**

Получите электронный билет
на www.interstroyexpo.com

Организаторы:



primexpo



ITE GROUP PLC



+7 812 380 6014/04, build@primexpo.ru

ОРГАНИЗАТОР КОНФЕРЕНЦИИ
научно-технический и производственный журнал

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®**

Спонсоры конференции:



BEDESCHI S.p.A.

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«РАЗВИТИЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ»

КЕРАМТЭКС

30–31 мая 2013 г.

РОССИЯ, МОСКВА

RENAISSANCE

MOSCOW MONARCH CENTRE HOTEL



30.05.2013

Посещение нового современного предприятия

ОАО «Гжельский кирпичный завод»

Visit to Gzhel brick-plant



31.05.2013

Торжественный Гала-ужин керамиков России в легендарном ресторане «Ярь»

с вручением профессиональных наград

Ceramic awards dinner at legendary restaurant «Yar»

Руководитель проекта – Юмашева Елена Ивановна

Менеджер проекта – Лескова Елена Львовна

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

Тел./факс: +7 (499) 976-22-08, 976-20-36, моб. +7 (910) 437-03-98

www.rifsm.ru

mail@rifsm.ru

www.keramtex.ru

Н.Г. ЧУМАЧЕНКО, д-р техн. наук,
Самарский государственный архитектурно-строительный университет

Влияние состава расплава и нерастворившегося остатка на свойства керамзитового гравия

Ведущее место в номенклатуре искусственных пористых заполнителей многие годы занимал керамзитовый гравий, поскольку технология производства этого заполнителя с большим диапазоном полезных свойств была хорошо освоена, а сырье широко распространено. Последнее десятилетие отмечено понижением значимости данного заполнителя и закрытием ряда предприятий. Это происходило прежде всего из-за ограниченности запасов кондиционного керамзитового сырья, а также из-за снижения спроса на этот заполнитель. Последнее определялось не только неудовлетворительными теплотехническими характеристиками «тяжелого» керамзитового гравия, но и переходом на новые (многослойные) конструктивные решения ограждающих конструкций. Эксплуатация таких конструкций выявила недостатки их решений. И в настоящее время все чаще рассматривается вопрос о возвращении к однослойным бетонным конструкциям с применением искусственных заполнителей, прежде всего алюмосиликатных.

Одним из направлений модернизации производства алюмосиликатного искусственного пористого заполнителя является переход на многокомпонентные природные и техногенные алюмосиликатные шихты, что, как правило, приводит к увеличению количества компонентов с 1–2 до 4–10. Для реализации данного подхода необходимо оперативно разрабатывать эффективные со-

ставы шихт, которые обеспечили бы получение материалов с заданными свойствами при оптимальном сочетании технико-экономических показателей. Подобную задачу приходится решать при переходе на новые источники сырья из-за истощения запасов или снижения качества эксплуатируемых месторождений, а также при использовании нетрадиционного сырья, например промышленных отходов. В этих условиях существующие методы оценки пригодности сырья для производства алюмосиликатных искусственных пористых заполнителей (АИПЗ) и проектирования составов становятся малоэффективными. Поэтому при проектировании составов из многокомпонентных сырьевых шихт необходим качественно новый подход, основанный на использовании методов математического моделирования и специального программного обеспечения.

Известно, что химический состав сырья влияет на фазовый состав керамзита [1–10] и соответственно на его свойства. Однако мнения специалистов противоречивы, что не позволяет использовать известные данные для направленного проектирования составов.

Достоверность прогнозируемых данных о количестве образующегося при обжиге расплава [11], полученных с использованием разработанного расчетного метода [12–14], позволяет проанализировать известные сведения и открывает широкие возможности для объяснения

Таблица 1

Химический состав керамзитовых глин и стеклофазы керамзита

Наименование керамзита	Вид определения	Химический состав, мас. %						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	CaO	MgO	R ₂ O
Смышляевский	Глины [15]	60,16	20,36	5,46	3,58	2,78	3,38	3,34
	Стеклофазы [15]	68	13,9	–	8,5	3,3	1,65	4,35
	Стеклофазы – расчетный при t = 1112°C	65,06	13,66	–	10,04	3,29	4	3,95
Ачинский	Глины [15]	65,24	19,09	3,98	2,73	1,96	2,15	3,95
	Стеклофазы [15]	66,2	17,3	–	6,9	2,08	1,77	5,9
	Стеклофазы – расчетный при t = 1084°C	68,25	13,16	–	8,16	2,54	2,78	5,11
Октябрьский	Глины [15]	61,56	21,19	2,42	5,2	1,92	1,53	4,66
	Стеклофазы [15]	61,4	21,4	–	7,91	2,43	–	6,96
	Стеклофазы – расчетный при t = 1024°C	70,38	12,03	–	10,68	0,15	–	6,75
Омский	Глины [15]	67,08	14,38	2,13	3,09	6,35	2,17	3,53
	Стеклофазы [15]	67,2	6,94	–	7,85	10	2,18	5,7
	Стеклофазы – расчетный при t = 1073°C	67,47	12,9	–	7,39	7,75	–	4,49
Кряжский	Глины [15]	61	18,21	3,12	4,87	4,15	3,56	4,47
	Стеклофазы [15]	64,8	11,9	–	9,66	5,5	1,82	6,17
	Стеклофазы – расчетный при t = 1039°C	69,11	12,28	–	10,33	2,28	–	6
Образцово-Печорский	Глины [15]	59,84	25,6	5,26	2,82	2,1	1,71	3,44
	Стеклофазы [15]	64,3	16,3	–	10,1	2,95	–	5,75
	Стеклофазы – расчетный при t = 1082,3°C	66,5	13,09	–	10,41	2,9	2,36	4,74
Энемский	Глины [15]	62,76	21,45	2,49	4,86	2,82	1,58	3,55
	Стеклофазы [15]	67,7	13,9	–	9,05	3,97	0,1	5,17
	Стеклофазы – расчетный при t = 1079°C	67,06	13,05	–	9,73	3,13	2,17	4,86

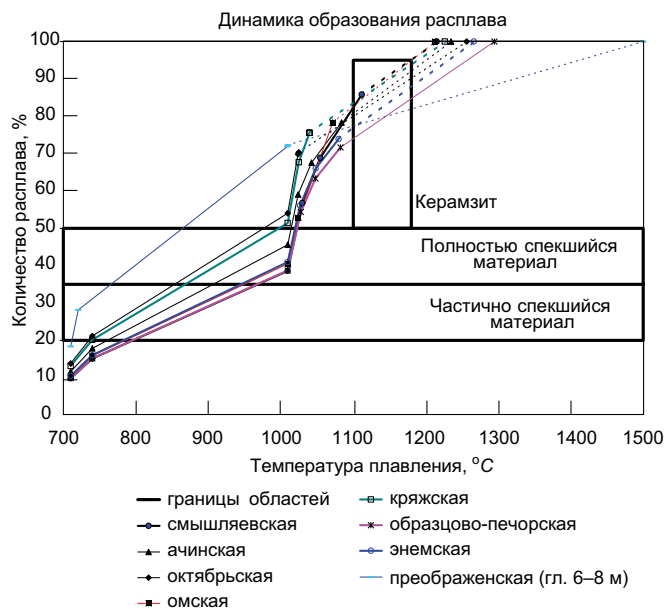


Рис. 1. Динамика образования расплава керамзитовых глин

процессов формирования структуры керамзита. Наиболее полные исследования о влиянии химического состава сырья на фазовый состав керамзита выполнены М.К. Кабановой под руководством В.В. Еременко. Были определены содержание и состав стеклофазы и кристаллических фаз для семи проб глинистого сырья разной степени вспучивания. По этим данным выполнен расчет в соответствии с разработанным методом [12–14] с учетом содержания в глинах кварца и частичного его растворения, наличия органических включений и полного восстановления оксидов железа. Сравнение экспериментальных и расчетных составов стеклофазы показано в табл. 1, а полного фазового состава – в табл. 2.

Общая оценка результатов сопоставления экспериментальных и расчетных данных приведена ниже. Как следует из табл. 1, расчетные составы расплава и фактические составы стеклофазы близки, хотя общее содержание расплава несколько выше фактического содержания стеклофазы. Это вполне объяснимо и связано с частичной кристаллизацией расплава при охлаждении. Наличие во всех пробах гематита является закономерным следствием недостаточного развития окислительно-восстановительных процессов на по-

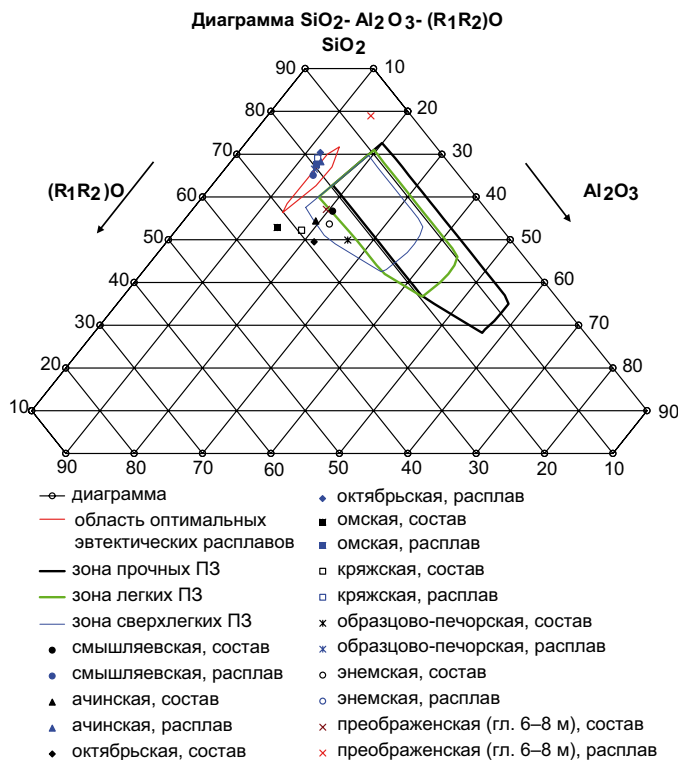


Рис. 2. Расположение фигуративных точек керамзитовых глин на диаграмме

верхности гранул: расчет же ориентирован на полное восстановление оксидов железа, что характерно для сердцевин гранул.

Обнаруженный во всех пробах полевой шпат является не остаточным, а образованным из расплава, что возможно для составов расплавов, находящихся в поле кристаллизации полевого шпата. Это согласуется с выполненным анализом изменения фазового состава керамзита, например для смышляевской глины. Рентгеноструктурным анализом полевой шпат зафиксирован вплоть до 800°C и вновь появляется при 1100°C.

Наличие во всех пробах муллита подтверждается присутствием в составе нерастворившегося остатка кремнезема и глинозема. Шпинель также обнаружена во всех пробах. Данное явление говорит о том, что входящие в состав кристаллической решетки монтмориллонита (основного глинистого минерала керамзитовых

Таблица 2

Фазовый состав керамзита

Наименование керамзита	Содержание фаз (факт./расчет.), %		Расчетный состав нерастворившегося остатка, %				Фактический минералогический состав кристаллических фаз, %					
	Стеклофаза	Кристаллическая	SiO ₂ аморф.	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Кварц	Кристаллит	Шпинель MgO Al ₂ O ₃	Гематит Fe ₂ O ₃	Муллит	Полевые шпаты
Смышляевский	73,7 79,01	26,3 20,99	5,23	8,95	–	–	6,2	1,5	7,8	2,9	4	3,9
Ачинский	66,8 67	33,2 33	12,64	9,03	–	–	16,5	1	3,5	2,2	4	6
Октябрьский	66,75 65,13	33,25 34,87	13,18	13,11	1,85	1,56	18,5	1	5,45	2,5	2,5	3,3
Омский	56,2 59	44,8 41	15,75	4,18	0,25	2,14	22,8	1	3,5	1	6,5	10
Кряжский	70,3 73,63	29,7 26,27	8,78	9,26	2,51	3,63	12,3	1	8,3	1,3	3,3	3,5
Образцово-Печорский	69,4 69,15	30,4 30,85	11,46	16,89	–	–	13,3	–	6,1	1,5	8,5	1
Энемский	67,7 71,13	32,3 28,87	14	12,08	–	–	14	Следы	5,5	1,3	10	1,5

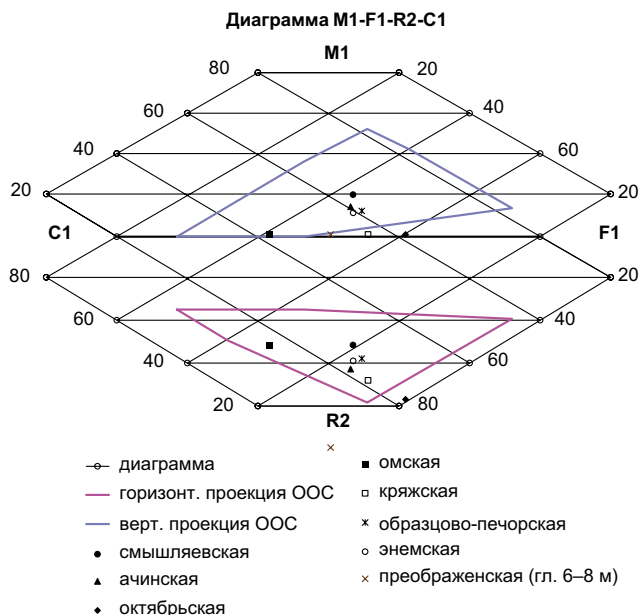


Рис. 3. Расположение фигуративных точек керамзитовых глин на диаграмме

глин) ионы магния способны образовывать в первую очередь двухкомпонентную шпинель, а не трехкомпонентную алюмосиликатную эвтектику.

Идентификация экспериментальных и расчетных данных (табл. 1 и 2) подтверждает выдвинутую гипотезу о последовательности вовлечения плавней в расплав [11]. Так, в стеклофазе наблюдается превышение содержания щелочей, железа и CaO, а содержание Al_2O_3 и MgO увеличивается в кристаллической фазе и уменьшается в стеклофазе. Кристаллические новообразования формируются в основном с участием щелочно-земельных оксидов, но только в сочетании с тугоплавкими оксидами — CaO с SiO_2 и MgO с Al_2O_3 .

Более наглядно влияние химического состава сырья на качество керамзита можно оценить по динамике образования расплава (рис. 1) и по расположению фигуративных точек относительно оптимальных областей (рис. 2 и 3).

Как следует из рис. 1, наиболее идеальное совпадение образования нужного количества расплава и интенсивного газовыделения свойственно для смышляевской глины. Во всех других глинах при обжиге образуется

меньше расплава, а температура его образования опережает процесс интенсивного газовыделения.

Анализируемые данные, полученные В.В. Еременко и М.К. Кабановой, подтвердили положения о том, что шихты, обеспечивающие максимальное вспучивание, расположены в теоретически обоснованных оптимальных областях. Из анализируемых глин только смышляевская удовлетворяет этим требованиям, что объясняет получение самого легкого керамзита. Любое отклонение от оптимального состава отрицательно сказывается на технологических характеристиках и свойствах керамзита.

Соотношение плавней в глине Ачинского месторождения, так же как и для смышляевской глины, соответствует оптимальному. Однако более высокое содержание кварца и меньшее количество расплава объясняют повышенную плотность.

Для октябрьского керамзита характерна самая высокая плотность, что согласуется с расчетно-графической оценкой. Глина по соотношению плавней (рис. 3), составу эвтектического расплава (рис. 2) не соответствует оптимальному. Из-за недостатка аморфного кремнезема оксид CaO играет отрицательную роль, а оксид MgO не выполняет функцию расширения интервала вспучивания.

На границе зоны оптимальных соотношений между эвтектическими расплавами располагается фигуративная точка омской глины (рис. 3). Сильно завышенное содержание CaO и отсутствие магниевого эвтектики отрицательно сказываются на свойствах керамзита.

В кряжской глине ощущается недостаток MgO (рис. 3), но увеличенное содержание глинозема повышает вязкость первичного расплава, что, с одной стороны, расширяет интервал вспучивания, а с другой — не способствует повышению коэффициента вспучивания. Марка керамзита довольно высокая — 500.

Анализируемая проба образцово-печорской глины по соотношению плавней относится к оптимальным керамзитовым, однако недостаточное количество расплава не обеспечивает максимального вспучивания. Аналогичную характеристику можно дать энемской глине.

Химический состав стеклофазы и фазовый состав керамзита оказывают существенное влияние на его прочность. Содержание щелочей в составе стеклофазы может изменяться в широком интервале. Положительное влияние щелочей на прочность силикатного стекла сказывается только в сочетании с глиноземом. Роль ионов щелочей в этом случае сводится к компенсации недостающего заряда алюмокремнекислородных цепей. Они не

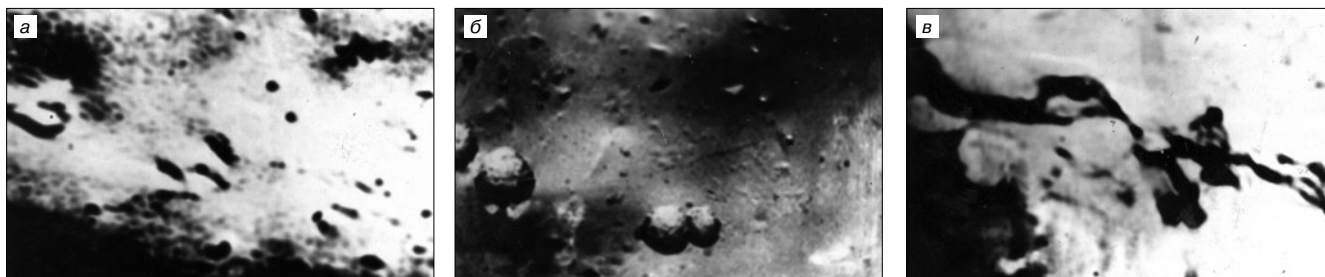


Рис. 4. Стеклофаза керамзита: а — смышляевского; б — ачинского; в — образцово-печорского

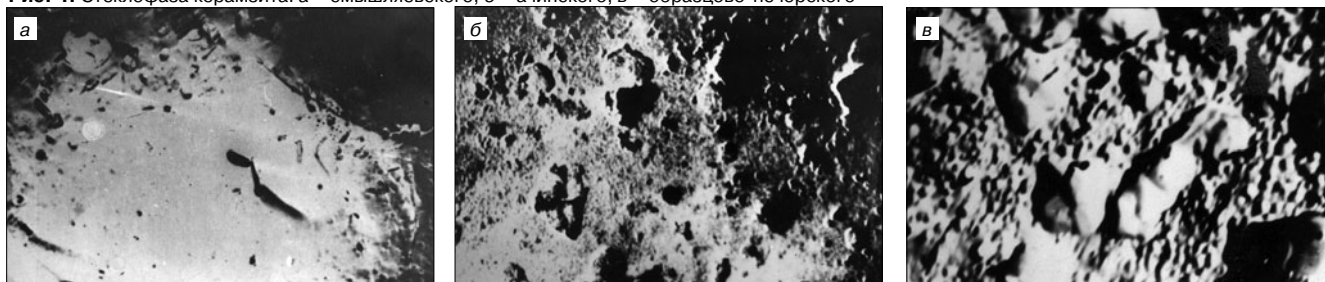


Рис. 5. Микроструктура керамзита на основе смышляевской глины с разным количеством кварца: а — 100% смышляевской глины; б — 95% смышляевской глины + 5% кварца; в — 80% смышляевской глины + 20% кварца

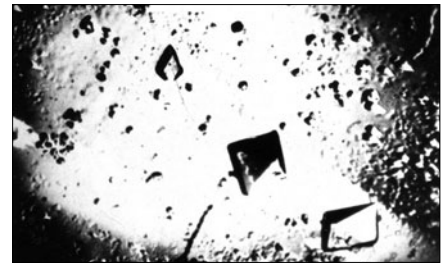
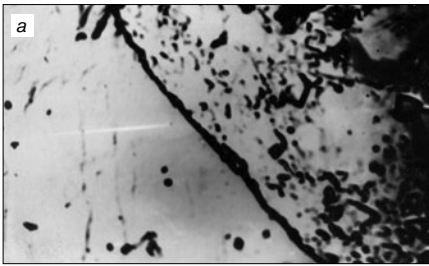


Рис. 6. Образование гематита в кряжском керамзите: а – внутренний слой; б – поверхностный слой

Рис. 7. Зерна кварца в смышляевском керамзите

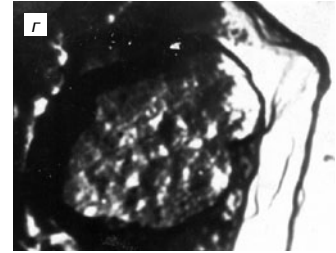
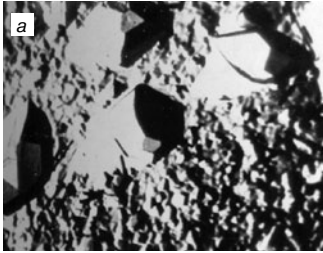


Рис. 8. Кристаллические новообразования в керамзите: а – кристаллы шпинели в смышляевском керамзите; б – кристаллы муллита в омском керамзите; в – кристаллы анортита в ачинском керамзите; г – кристаллы кристобалита в смышляевском керамзите

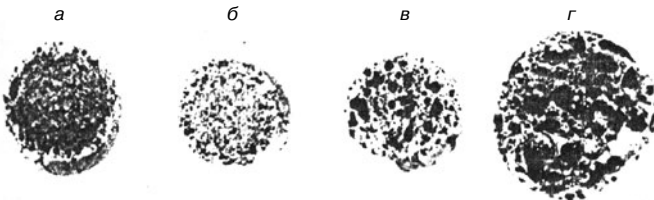


Рис. 9. Макроструктура керамзита: а – смышляевского; б – образцово-печорского; в – омского; г – октябрьского

являются деполимеризаторами и не уменьшают прочности. Только при избытке щелочей и недостатке глинозема и кремнезема прочность снижается, что связано с разрывом алюмосиликатных цепей, которое приводит к резкому снижению вязкости расплава и образованию крупнопористой структуры.

Преобладание в составе плавней щелочей и оксидов железа приводит к уменьшению интервала плавкости. Этот эффект также объясняется свойствами эвтектических алюмосиликатных расплавов. Оксиды Na_2O и FeO образуют легкоплавкие эвтектики, имеющие практически одинаковую температуру плавления (1050 и 1073°C). Поэтому натрий – железистое стекло имеет короткий интервал плавкости, легко разжигается при повышении температуры, что также приводит к образованию крупночешуйчатой структуры. Этот недостаток отсутствует, если в сырье есть оптимальное количество CaO и MgO .

При отсутствии или недостатке в шихте MgO , когда она располагается вблизи плоскости $\text{R}_2\text{C}_1\text{F}_1$ (рис. 3), процесс характеризуется коротким интервалом вспучивания – не более 20°C , так как максимальная температура образования расплава около 1118°C , что характерно для октябрьской, омской и кряжской глин.

Если в шихтах отсутствует CaO , то в интервале температур растворения эвтектики С1 в первичном расплаве, образованном R2 и F1, возможно его разжижение, что ухудшает структуру заполнителя, а в производственных условиях может привести к козлообразованию.

Электронно-микроскопические исследования керамзита (рис. 4–8) свидетельствуют о достоверности разработанного расчетного метода в прогнозировании фазового состава, вида и структуры остаточных минералов и новообразований.

Основная масса хорошо вспучившихся глин переходит в расплав (рис. 4). Количество расплава уменьшается с увеличением тугоплавких добавок. На рис. 5 показана микроструктура керамзита на основе смышляевской глины с разным количеством кварца. Гематит в основном

образуется в поверхностном слое при контакте с окислительной средой (рис. 6). К числу нерастворившихся остатков исходных минералов относится кварц (рис. 7).

Вид и структура новообразований определяются химическим составом шихты. К числу новообразований относятся: шпинель, муллит, анортит, а также кристобалит (рис. 8). Образование этих фаз согласуется с расчетными характеристиками (табл. 2).

Присутствие в нерастворившемся остатке смышляевской глины MgO , Al_2O_3 , и SiO_2 способствует образованию в первую очередь шпинели (рис. 8, а), что объясняется наибольшей подвижностью оксида магния. При отношении $\text{Al}_2\text{O}_3 / \text{SiO}_2$ в нерастворившемся остатке, близком к муллиту (характерно для омского керамзита – рис. 8, б), зафиксировано значительное образование последнего. Армирующие действия муллита сказались на повышении прочности керамзита. Расположение образовавшегося расплава в ачинском керамзите в поле кристаллизации полевого шпата способствовало образованию из расплава анортита (рис. 8, в), а неусвоенный расплавом аморфный кремнезем глинистых минералов, как свойственно для смышляевской глины, переходит в кристобалит.

Приведенный анализ свидетельствует о невозможности применения оценки качества керамзитового сырья по прямому соотношению плавней и тугоплавких оксидов, как это предлагается рядом исследований [2, 8, 16–18], а также с учетом принципа унификации катионов [19]. Предлагаемый расчетно-графический метод оценки более нагляден и достоверен.

Указанные прогнозируемые изменения вязкости и характер изменения интервала вспучивания согласуются с реальной структурой керамзита (рис. 9).

Проведенные исследования определили характер фазовых превращений, происходящих при получении керамических материалов (рис. 10), и расширили возможности расчетного метода, с помощью которого можно прогнозировать состав кристаллических фаз новообразований. Часть расчетного расплава может закристаллизоваться при охлаждении. Наиболее вероятной кристаллической фазой будут полевые шпаты, в поле кристаллизации которого попадают чаще всего керамзитовые глины. К оставшимся нерастворившимся тугоплавким фазам относится кварц, количество которого по сравнению с содержанием его в исходной глине изменяется незначительно. К кристаллическим фазам новообразований, сформированных из остатков глинообразующих минералов, относятся: муллит – образуется при наличии в нерастворившемся остатке SiO_2 и Al_2O_3 ; кристобалит – об-

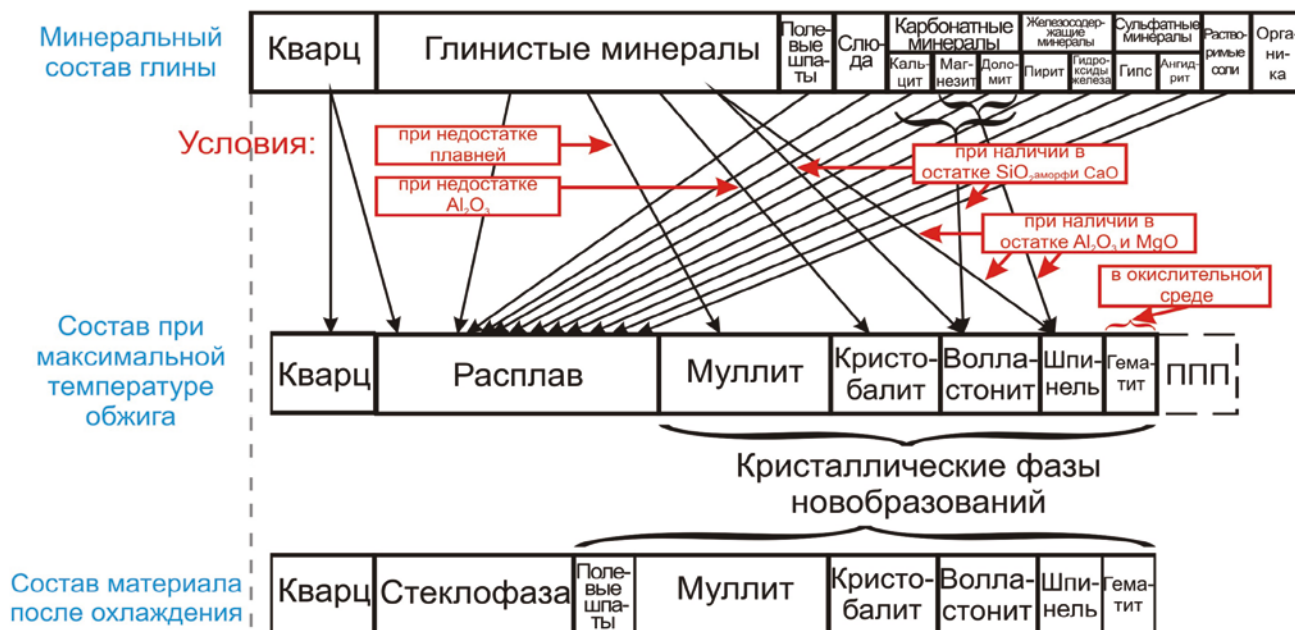


Рис. 10. Изменения фазового состава, происходящие при получении керамических материалов

разуется при недостатке в нерастворившемся остатке Al_2O_3 ; шпинель — образуется при наличии в нерастворившемся остатке Al_2O_3 и MgO ; волластонит — образуется при наличии в нерастворившемся остатке CaO и SiO_2 . Определенные условия этих фазовых превращений открывают широкие возможности в целенаправленном изменении их с целью получения материалов с заданными свойствами.

Список литературы

- Guband J. C., Murat M. Fabrication industrielle de largile expansse // SILICATES INDUSTRIELS, 1968, Pp. 145–151.
- Thone H.H. Ein Wirtschaftliches Verfahren zur Blahtonenzugnung / KERAM. Z. 1967. № 11. 19 p.
- Блюмен Л.М., Воронов А.Г. Физико-химические основы процессов вспучивания глинистых пород (образование керамзита) и задачи дальнейших исследований в этой области // Труды РосНИИМС. 1969. № 21.
- Жуков А.В. Искусственные пористые заполнители из горных пород. Киев: Госстройиздат УССР, 1962, 310 с.
- Коларова М., Карагозова Л., Коларов Н. Химичният състав като критерий за определяне пригодността на глините за производство на керамзит // Строителни материали и силикатна промишленост. НРБ. 1977. Т. 18. № 10. С. 18–22.
- Колесников Е.А., Волчек Л.Л. Влияние химического состава на вспучиваемость глин // Техн. информ. ВНИИЭСМ. Сер.: Промышленность керамических стеновых материалов и пористых заполнителей. 1971. Вып. 3. С. 21–23.
- Онацкий С.П. Производство керамзита. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Стройиздат, 1987. 333 с.
- Производство керамзита в ФРГ // Техн. информ. ВНИИЭСМ. Сер.: Промышленность керамических стеновых материалов и пористых заполнителей. 1970. Вып. 1. С. 17–19.
- Сафронов В.С., Шейн В.И., Савина В.Г. К вопросу оценки пригодности глинистого сырья для производства керамзита по химическому составу // Снижение материалоемкости и повышения долговечности строительных изделий. Киев, 1974. С. 58–68.
- Хоффманн Х. Трибомеханическая активация вспучивающихся глин. НИИКерамзит: ОНТИ. Перевод № 547. 19 с.

- Новопашин А.А., Шеняпин А.А., Чумаченко Н.Г. Определение количества и состава расплава, образующегося при обжиге керамических масс, Депомир. рук. № 1240. Указатель неопубликованных и ведомственных материалов. ВНИИЭСМ. Сер. 11: Стекло и стеклоизделия. Керамические материалы и изделия. Нерудные и неметаллорудные материалы. 1985. Вып. 6. № 313. 20 с.
- Чумаченко Н.Г., Чудин А.Н. Программы для ЭВМ № 990185. Программный комплекс для оценки минерального алюмосиликатного сырья. М.: РОСПАТЕНТ, 1999.
- Чумаченко Н.Г., Чудин А.Н. Компьютерная оценка минерального сырья для производства пористых заполнителей // Строительные материалы. 1999. № 4. С. 25–26.
- Чумаченко Н.Г., Чудин А.Н. Новые расчетно-графические методы прогнозирования качества строительной керамики // Сб. научн. тр.: Градостроительство, современные строительные конструкции, технологии, инженерные системы. Магнитогорск: МГТУ им. Г.И. Носова, 1999. С. 219–229.
- Ермоленко Н.Н. Исследование стеклообразования и кристаллизационных свойств стекол системы $SiO_2-Al_2O_3-Fe_2O_3-MgO-CaO-Na_2O$ // Новые стекла и стекломатериалы: Сб. Минск: Наука и техника, 1965.
- Еременко В.В., Лукоянцева Т.П., Петров В.П. Оценка качества сырья и опыт получения высокопористого керамзитового гравия // Техн. информ. ВНИИЭСМ. Сер.: Промышленность керамических стеновых материалов и пористых заполнителей. 1970. Вып. 2. С. 14–20.
- Павлов В.Ф. Вязкость легкоплавких глин в интервале 800–1200°C // Тр. НИИСтройкерамики. М., 1960. Вып. 16. С. 30–47.
- Петров В.П., Глуценко Л.Н. Выбор сырья для производства керамзита, применяемого в конструкционных бетонах // Реф. информ. ВНИИЭСМ. Сер.: Промышленность керамических стеновых материалов и пористых заполнителей. 1975. Вып. 11. С. 11–13.
- Новопашин А.А. Об унификации модифицирующих катионов в силикатных и алюмосиликатных системах // Труды НИИКерамзита. 1971. Вып. 5. С. 94–106.

В.П. СЕЛЯЕВ, д-р техн. наук, академик РААСН, А.К. ОСИПОВ, канд. хим. наук, В.А. НЕВЕРОВ, канд. физ-мат. наук, Л.И. КУПРИЯШКИНА, канд. техн. наук, О.Г. МАШТАЕВ, В.В. СИДОРОВ, инженеры (lord8718@rambler.ru), Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева (Саранск)

Теплоизоляционные свойства материалов на основе тонкодисперсных минеральных порошков

Актуальность решения задач энергосбережения, энергоэффективности зданий и сооружений выдвигает на первый план создание эффективных теплоизоляционных материалов. Особый интерес представляют технологии создания теплоизоляционных материалов с наноструктурированным поровым пространством на основе микроразмерных минеральных порошков.

Известно, что перенос тепла в пористых порошковых структурах обеспечивается в основном конвекцией и теплопроводностью воздуха или другого газа. Чем меньше размер пор или пустот материала, тем меньше его теплопроводность. В микропористом материале с размером пор около 10 нм механизм передачи тепла молекулами воздуха (газа) практически исключается при давлении 100 Па. Для получения эффективного теплоизоляционного материала на минеральной основе необходимо получить тонкодисперсные порошковые системы, желательны на основе микрокремнезема, с наноструктурированным поровым пространством.

Для достижения поставленной цели наиболее перспективными являются минеральные порошки на основе диатомитов и цеолитосодержащих пород, так как частицы из этих минералов имеют собственную поровую структуру наноразмерного уровня. Взаимодействуя между собой, частицы образуют кластеры с поровой структурой второго уровня, которая зависит от типа упаковки частиц и ее пористость может находиться в пределах от 0,26 (тетраэдрическая укладка шаровых частиц) до 0,47 (кубическая). Поровую структуру третьего уровня формируют кластеры и частицы, образующие каркас с крупными пустотами. Сеть пустот, пронизывающих каркас, образует поровую структуру четвертого уровня (рис. 1).

Упорядоченная полиструктурная модель используется для теоретических расчетов теплопроводности зернистых систем и ее зависимости от пористости и давления. Полиструктурная модель может быть реализована,

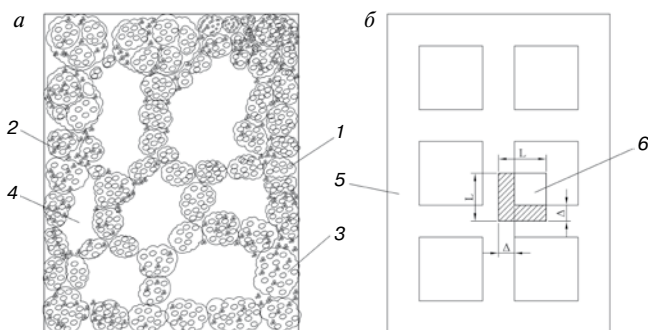


Рис. 1. Полиструктурная модель зернистого материала при свободной засыпке: а – хаотическая; б – упорядоченная; 1 – пористая частица; 2 – кластер из частиц; 3 – поры между частицами кластера; 4 – пустоты между кластерами; 5 – каркас из частиц; 6 – элементарная ячейка каркаса; L – масштабный размер элементарной ячейки; Δ – масштабный размер элемента каркаса из частиц

если минеральные частицы имеют собственную пористость и размеры частиц меньше 0,2 мм.

Для формирования наноразмерной поровой структуры на основе микроразмерных частиц кремнезема был выбран атемарский диатомит, который имеет химический состав, %: SiO₂ – 79,9±0,35; CaO – 2,54±0,04; MgO – 1,49±0,05; R₂O₃ – 8,84±0,12; Fe₂O₃ – 3,36±0,14; Al₂O₃ – 4,01±0,24; TiO₂ – 1,47±0,007; прочие элементы – 7,9±0,13; влажность – 5,78±0,26, истинная плотность – 2200 кг/м³.

Микроразмерные частицы кремнезема получали из диатомита Атемарского месторождения путем выделения кремниевой кислоты из коллоидно-растворенного состояния в осадок. Осадок после высушивания представлял собой тонкодисперсный порошок белого цвета, состоящий из аморфного оксида кремния (SiO₂·n·H₂O).

Для сравнительного анализа были исследованы свойства промышленного микрокремнезема. В качестве аналогов выбраны: конденсированный микрокремнезем, произведенный ОАО «Кузнецкие ферросплавы»; тонкодисперсный пирогенный кремнезем (белая сажа) производства ОАО «Сода», г. Стерлитамак; тонкодисперсный порошок FRONT-VIP компании VACU-ISOTEC KG.

Исследования структуры поверхности мелкодисперсных кремнезёмов, полученных различными методами, проводили с применением инфракрасного фурье-спектрометра Инфалюм ФТ-02 в диапазоне волновых чисел 450–4000 см⁻¹. Все четыре спектра исследованных микрокремнезёмов имеют характерный для тонкодисперсных диоксидов кремния вид: всегда присутствует широкая полоса поглощения в области 3300–3600 см⁻¹, а также более узкая полоса в пределах 1630–1640 см⁻¹. Эти полосы соответствуют валентным и деформационным колебаниям адсорбированных молекул воды.

Однако если для микрокремнезема, полученного из атемарского диатомита, и белой сажи спектры практически идентичны и интенсивности полос поглощения адсорбированной воды примерно одинаковы, то у конденсированного микрокремнезема содержание адсорбированных молекул воды значительно меньше.

В ИК-спектрах исследованных микрокремнезёмов линия, соответствующая волновому числу 1630 см⁻¹, представляет собой результат суперпозиции полос 1645 и 1625 см⁻¹. Следовательно, содержание капиллярно-конденсированной воды в широких порах конденсированного микрокремнезема меньше, чем мономолекулярно-адсорбированной в микропорах на поверхности кремнезема [1]. Меньшее содержание конденсированной воды в конденсированном микрокремнеземе подтверждается также заметно меньшей интенсивностью линии поглощения ~ 3400 см⁻¹.

Между тем в эталонном образце FRONT-VIP содержание адсорбированных молекул воды заметно больше, чем в конденсированном микрокремнеземе, но меньше, чем в образцах белой сажи и микрокремнезема, полученного из атемарского диатомита.

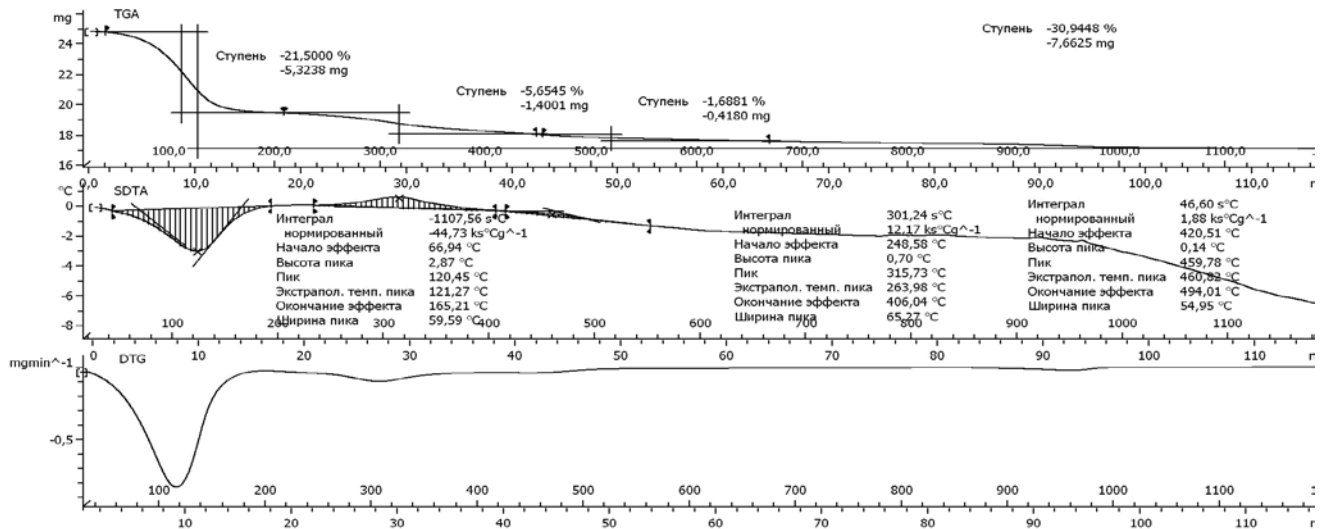


Рис. 2. Кривые TGA, DTA и DTG для микрокремнезема из диатомита

Еще одним подтверждением того факта, что конденсированный микрокремнезем содержит в основном мономолекулярно-адсорбированную воду, является наличие достаточно широкой полосы поглощения ИК-излучения в районе 950 см^{-1} . Вслед за авторами работы [2] будем считать, что данная полоса характеризует либрационные колебания адсорбированной воды. В конденсированном микрокремнеземе такая полоса не наблюдается. В ИК-спектре эталонного образца FRONT-VIP указанная полоса поглощения едва проявляется себя, что может свидетельствовать о незначительном количестве мономолекулярно-адсорбированной воды.

Таким образом, на основании ИК-спектров можно сделать вывод, что наноразмерные частицы кремнезема

имеют развитую поровую поверхность, которая может служить местом адсорбции молекул воды. В конденсированном кремнеземе поверхность частиц и микропоры содержат в основном моно- и димерноадсорбированные молекулы воды. В микрокремнеземах, полученных осаждением из коллоидно-растворенного состояния, в широких порах конденсируется вода, которая может служить причиной увеличения теплопроводности полидисперсной системы. Для дегидратации микрокремнезема необходимо их предварительное прокалывание.

Экспериментальные исследования дегидратации микрокремнезема были проведены методом термогравиметрического и дифференциального термического анализа TGA/SDTA 851. Для каждого вида микрокремнезема были получены кривые TGA, DTA и DTG в интервале температур $25\text{--}1200^\circ\text{C}$, цикл нагрева до максимальной температуры сменялся охлаждением образца от 1200 до 25°C . Скорость нагрева и охлаждения $10^\circ\text{C}/\text{мин}$.

Как видно из экспериментальных кривых TGA, DTA и DTG на рис. 2, потеря массы микрокремнезема из диатомита происходит в три этапа. На первом этапе в интервале температур $66,9\text{--}165,2^\circ\text{C}$ образец теряет 21,5% своей массы – происходит интенсивное удаление адсорбированной воды, содержащейся в нем в силу особенностей синтеза [2]. Пик кривой DTA приходится на $120,5^\circ\text{C}$, а его высота достигает $2,9^\circ\text{C}$. Второй, менее выраженный экзотермический пик приходится на $315,7^\circ\text{C}$, высота пика $0,7^\circ\text{C}$, эффект наблюдается в интервале температур $248,6\text{--}406^\circ\text{C}$. При этом образец теряет 5,7% своей массы, вероятно, за счет удаления поровой воды. Третий этап потери массы исследуемого микрокремнезема наблюдается в интервале температур $420,5\text{--}494^\circ\text{C}$; высота пика $0,1^\circ\text{C}$ при $459,8^\circ\text{C}$. Потеря массы составляет всего 1,7%; процесс может быть связан с выгоранием органических веществ, содержащихся в образце согласно ГОСТ 18307–78 «Белая сажа». Дальнейший рост температуры, вплоть до 1200°C , не сопровождается изменением массы образца, так же как и при охлаждении его до 25°C .

Таким образом, при нагревании микрокремнезема, полученного из диатомита Атемарского месторождения, от 25 до 1200°C в общей сложности теряется 30,9% массы образца (при скорости нагрева $10^\circ\text{C}/\text{мин}$), подавляющая часть которой приходится на адсорбированную и поровую воду. Следовательно, для удаления адсорбированной воды в мелкодисперсных кремнеземах необходимо проводить тепловую обработку материала при температурах, соответствующих этапу дегидратации вещества. Однако не следует без необходимости превы-

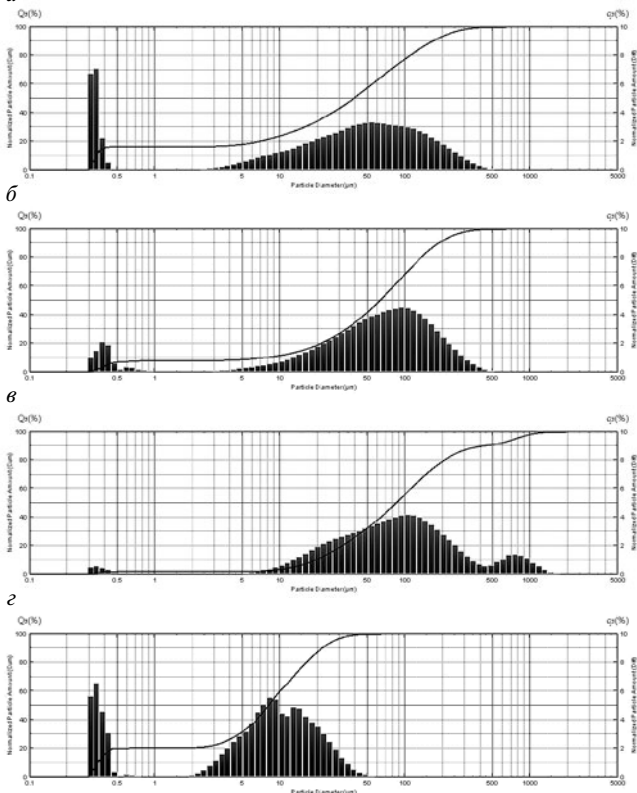


Рис. 3. Гранулометрические гистограммы дисперсных микрокремнезема: а – микрокремнезем из атемарского диатомита; б – конденсированный микрокремнезем; в – белая сажа BC-100; г – порошок FRONT-VIP

Вид порошка	Характеристики порошков				
	$\gamma_{и}$, кг/м ³	$\gamma_{н}$, кг/м ³	P, %	S, м ² /г	λ , Вт/(м·К)
Микрокремнезем из диатомита	2200	150–200	93	12	0,04–0,09
Конденсированный микрокремнезем	2200	150–200	93	12	0,144
Пирогенный кремнезем (белая сажа)	2200	100	95	20	0,035–0,049
Тонкодисперсный порошок FRONT-VIP	2200	800	96	20	0,013

Примечание. Здесь $\gamma_{и}$ – истинная плотность; $\gamma_{н}$ – насыпная плотность; P – пористость ($P=1-\gamma_{н}/\gamma_{и}$); λ – теплопроводность.

шать указанные значения температур, чтобы исключить возможные структурные перестройки наноструктурированных составляющих микрокремнезема, так как эти процессы носят необратимый характер и ведут к деградации свойств высокопористого материала.

Конденсированный микрокремнезем, как это следует из кривых TGA, DTA и DTG, также теряет массу тремя этапами. На первых двух ступенях теряется по 1,8% (всего 3,6%) в интервале 25–500°C. Потеря массы происходит, вероятно, за счет удаления из образца адсорбированной поровой воды. При дальнейшем нагреве в интервале 500–1000°C наблюдается ярко выраженный эндотермический эффект, что соответствует третьей ступени потери массы. Потеря массы невелика, всего 0,3%. Начало эффекта соответствует 539,3°C, а его окончание – 1001°C. Наблюдаемый эффект, по-видимому, связан со структурной перестройкой первичных частиц микрокремнезема и их агрегатов, которые могут сопровождаться изменениями схемы пространственной организации агломератов.

При нагреве белой сажи от 25 до 1200°C наблюдается уменьшение массы, которое происходит двумя ступенями: первая, ярко выраженная ступень в температурном интервале 41,7–245,7°C; потеря массы составляет 7,6%. На этом этапе удаляется адсорбированная вода. На втором этапе, от 245 до 800°C, масса образца уменьшается еще на 3,8%. Скорее всего на этом этапе происходит удаление оставшейся внутрипоровой влаги. В интервале температур 870–1050°C наблюдается эндотермический пик зависимости изменения температуры от времени. Сам эффект, вероятно, связан со структурными перестройками аморфного кремнезема и входящими в него примесей в виде оксидов различных металлов.

Эталонный образец FRONT-VIP при нагревании, также теряет часть своей массы тремя ступенями: на первой из них потеря составляет около 1% первоначальной массы; на второй – 2,3%. На этих ступенях, по всей видимости, происходит удаление адсорбированной воды. Небольшой эндотермический пик наблюдается в районе 820°C. В отличие от всех описанных выше кремнеземов на кривой TGA FRONT-VIP регистрируется четвертая ступень, связанная с изменением массы: в температурном интервале 1100–1200°C происходит увеличение массы образца на 0,57% от первоначальной. Связано это, по-видимому, со структурной перестройкой полиморфных модификаций диоксида кремния либо примесей.

Форму, размеры, поверхность частиц изучали с применением инвертированного металлографического микроскопа OLYMUS GX-71 и анализатора размера частиц Shimadzu SALD – 3101.

Анализ показал, что первичные частицы микроструктурированных дисперсных кремнеземов могут иметь пористую структуру.

Использование анализатора размера частиц позволило установить, что по гранулометрическому составу все изученные микрокремнеземы подобны. Так, кремнезем, полученный из диатомита Атемарского месторождения, имеет крупность частиц, которая изменяется в двух интервалах (рис. 3), от 0,325 до 0,451 мкм и от 1,69

до 642,954 мкм. Аналогичную структуру имеют и другие порошки микрокремнеземов: конденсированный – от 0,291 до 1,215 мкм и от 1,69 до 642,954 мкм; белая сажа – от 0,291 до 0,975 мкм и от 1,69 до 63,792 мкм; FRONT-VIP – от 0,291 до 0,975 мкм и от 3,271 до 1931,947 мкм. Сравнение крупности частиц показывает, что наиболее мелкие частицы входят в состав конденсированного кремнезема.

По гранулометрическому составу микрокремнезем из атемарского диатомита близок к конденсированному.

По данным, полученным с применением анализатора размера частиц, можно утверждать, что порошок микрокремнезема состоит в основном из агрегатов (кластеров), сформированных из первичных частиц. Размеры первичных частиц микрокремнезема составляют ~ 13 нм.

Основные характеристики тонкодисперсных порошков, полученные в результате исследований, приведены в таблице.

Экспериментально было установлено, что при свободной засыпке зернистых систем пористость в пределах 0,9–0,95 может быть достигнута при крупности зерен 10⁻⁵–10⁻⁷ м. Следовательно, эффективные теплоизоляционные порошки с наноструктурированным поровым пространством можно получать при крупности зерен, не превышающей величины 10⁻⁵ м (10 мкм). Микрокремнезем, полученный из атемарского диатомита, соответствует этим требованиям.

В таблице приведены значения коэффициента теплопроводности зернистых систем в условиях свободной засыпки. Лучшие теплозащитные свойства тонкодисперсных порошков FRONT-VIP можно объяснить тем, что крупность частиц, их поровая структура позволяют при свободной засыпке формировать наноразмерную поровую структуру первых трех уровней. При изменении внутрипорового давления воздуха рассмотренные микрокремнеземные порошки дают возможность получить теплозащитные материалы с уникальными свойствами.

Из анализа полученных данных следует, что диатомиты Атемарского месторождения пригодны для получения микрокремнезема методом выделения кремниевой кислоты из коллоидного состояния в осадок. Полученный порошок микрокремнезема по качеству не уступает известным зарубежным и отечественным аналогам.

Диатомитовый микрокремнезем пригоден для создания теплоизоляционных материалов на минеральной основе, превосходящих по теплоизоляционным свойствам известные материалы на полимерной основе. Для создания эффективных теплоизоляционных материалов на основе минеральных порошков необходимо стремиться к формированию наноразмерной поровой структуры первых трех уровней.

Ключевые слова: диатомит, дисперсный микрокремнезем, полиструктурная модель, теплопроводность.

Список литературы

1. Юхневич Г.В. Инфракрасная спектроскопия воды. М.: Наука, 1973. 208 с.
2. Чукин Г.Д. Химия поверхности и строение дисперсного кремнезема. М.: Принта, 2008. 172 с.

В.Б. ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ (victoriapetrov@gmail.com), Т.Б. НОВИЧЕНКОВА, кандидаты техн. наук, В.В. БЕЛОВ, д-р техн. наук, Тверской государственный технический университет; А.Ф. БУРЬЯНОВ, д-р техн. наук, Московский государственный строительный университет

Гранулометрический состав как критерий регулирования свойств дисперсных систем

В последние годы наблюдается тенденция управления качеством вяжущих веществ путем оптимизации зернового состава и его стабилизации в процессе получения в условиях производства. Известно, что тонкость помола и зерновой состав вяжущего определяют строение порового пространства, а значит, и основные физико-механические показатели материалов на их основе.

Подбор зернового состава вяжущего различными исследователями осуществляется путем оптимизации по различным критериям: остатку на сите, величине удельной поверхности, среднему диаметру, тонине помола, определяемой ситовым анализом, содержанию отдельных фракций, эксергетическим характеристикам и др.

По отношению к цементу часто выдвигаются дополнительные требования, характеризующие его качество: водоотделение цементного раствора, темпы твердения, прочность при изгибе, эффективность при пропаривании и др.

В качестве универсального критерия качества вяжущего (цемента) наиболее часто предлагается использовать характеристику его удельной поверхности, определенную по Блэйну. В качестве доказательства специалистами приводятся данные по высокой удельной поверхности высококачественных цементов, произведенных на российских или импортных заводах [1]. В то же время многими исследователями отмечается, что выбор в качестве критерия удельной поверхности вяжущего, даже в сочетании с остатком на сите № 008, не может сегодня решить задачу управления качеством вяжущих веществ. Так, цементы, имеющие одинаковую тонину помола, но полученные в разных измельчительных аппаратах, имеют и разные технические свойства – водоупотребность, прочность в ранние сроки твердения и др. [2].

Кроме того, при выборе в качестве основного критерия удельной поверхности для достижения ее высоких показателей приходится значительно увеличивать энергозатраты на помол, тем самым увеличивая стоимость готового продукта, хотя и в этом случае могут не обеспечиваться требования потребителя [1].

Более точным критерием может являться средний размер частиц в составе вяжущего. Он может быть рассчитан математически или определен опытным путем на современных средствах измерения. При этом в качестве параметра может быть выбран среднеарифметический, среднегеометрический или гармонический средний диаметр частиц в составе вяжущего. Если частица имеет несферическую форму, для которой используются формулы расчета среднего диаметра, то вводится понятие геометрического коэффициента формы, с помощью которого неправильную форму частиц приводят к сферической.

Наиболее полную информацию о гранулометрическом составе вяжущих дают дифференциальные кривые распределения $f(x)$, т. е. плотности вероятностей, и интегральные кривые распределения $F(x)$. Они характеризуют распределения частиц вяжущего с эквивалентным диаметром x и их гранулометрический состав. Функции $f(x)$ и $F(x)$ имеют следующую взаимосвязь:

$$F(x) = \int_0^x f(x) dx.$$

Математическим описанием распределения частиц по размерам в составе порошков занимались многие исследователи, предложены различные уравнения для описания функций распределения [3]. Знание закона распределения размеров частиц в составе сырьевых порошков позволяет решать теоретические и прикладные задачи:

- обоснованно экстраполировать дисперсный состав по всему необходимому диапазону размеров частиц, главным образом в самых мелких фракциях;
- вычислять распределение частиц по их поверхности, числу частиц, объему и др.;
- обоснованно выбирать средние показатели, характеризующие порошки;
- более точно производить технические расчеты;
- упростить исследование на моделях.

Наиболее широкое распространение получила формула Розина–Раммлера–Шперлинга–Беннета (сокращенно Розина–Раммлера), описывающая функцию распределения:

$$G(r) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{r}{r_0}\right)^n\right],$$

где r_0 – характеристический размер зерна цемента; n – коэффициент равномерности его зернового состава [4].

Однако во многих работах теоретически и экспериментально доказывается, что уравнения Розина–Раммлера к высокодисперсным составам применять нельзя. Логарифмически нормальный закон распределения А.Н. Колмогорова имеет большие преимущества для описания распределения дисперсных систем по сравнению с законом Розина–Раммлера:

$$\frac{dD}{dx} = f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \ln \sigma} \cdot \frac{1}{x} \exp\left[-\frac{(\ln x - \ln x_0)^2}{2 \ln^2 \sigma}\right],$$

где $\frac{dD}{dx}$ – частота наблюдения величины x ; x – размер частиц; x_0 – медиана распределения; σ – стандартное отклонение (среднее квадратическое).

Для гипсового полугидрата предложено уравнение, которое позволяет по известному весовому распределению найти распределение числа частиц [4].

Согласно исследованиям гранулометрического состава цементов методом лазерной гранулометрии установлено [1], что большинство отечественных цементов представляет полифракционный мономодальный продукт, отвечающий классическому виду нормального закона распределения. Тогда как зарубежные цементы представляют собой бимодальную смесь частиц, т. е. систему, имеющую в распределении две моды.

Исследования гипсовых вяжущих веществ также показали, что получение оптимального бимодального распределения частиц в составе вяжущего (рис. 1) обеспечивает наиболее выгодные показатели его качества, в первую очередь прочность в разные сроки твердения (раннюю и конечную прочность согласно требованиям ГОСТа).

Как показали многочисленные исследования, гранулометрический состав вяжущих во многом определяет прочность затвердевшего камня. При корректировании состава необходимо учесть, что прочность дисперсных систем, к которым относятся и неорганические вяжу-

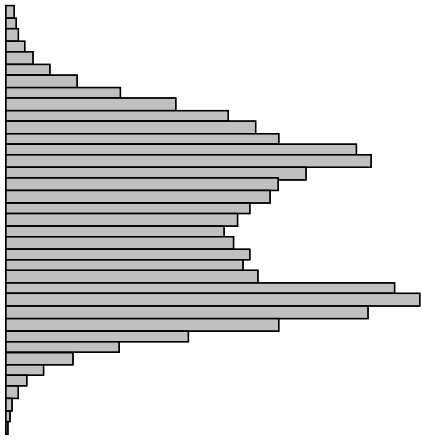


Рис. 1. Бимодальное распределение частиц в составе безобжигового гипсового вяжущего

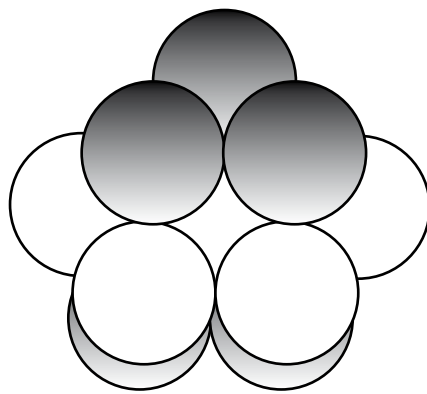


Рис. 2. Координационные элементы структуры регулярной плотнейшей укладки сферических частиц вяжущего

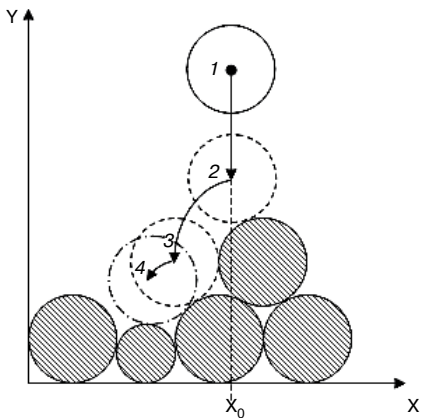


Рис. 3. Схема движения сферической частицы при стохастической упаковке: 1 – начальное положение частицы; 2 – положение частицы при первом контакте; 3 – неустойчивое положение; 4 – устойчивое положение в точке пересечения трех поверхностей

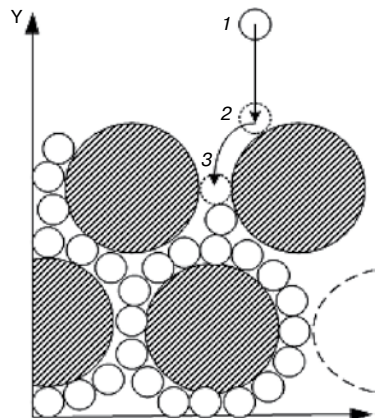


Рис. 4. Схема движения сферической частицы при регулярной упаковке: 1 – начальное положение частицы; 2 – положение частицы при первом контакте; 3 – устойчивое положение в точке пересечения трех поверхностей

щие, состоящие из частиц твердого вещества, определяется также прочностью частиц, образующих материал, числом контактов между частицами твердой фазы и средней прочностью отдельного контакта [5]. Следовательно, оптимизация гранулометрического состава должна проводиться из условия обеспечения наибольшего количества фазовых контактов между твердыми частицами вяжущего. Количественной характеристикой, отражающей число фазовых контактов, может служить одна из фундаментальных топологических величин – координационное число. Оно определяется количеством частиц (зерен), соприкасающихся с центральной частицей (зерном), по отношению к его ближайшему окружению, т. е. числом частиц в ближайшем окружении центральной частицы (рис. 2). Величина координационного числа является безразмерной, усредненной характеристикой и зависит от плотности упаковки.

Плотность определяется характером упаковки. При стохастической упаковке частиц вяжущего (рис. 3) чем больше плотность упаковки элементов структуры, тем большее их число будет в ближайшем окружении центральной частицы. При регулярной упаковке бимодальной системы (рис. 4) суммарное координационное число будет определяться соотношением средних диаметров крупных и мелких частиц (фракций) [6].

В настоящее время для гранулометрического анализа вяжущих используются различные методы: сухой и мокрый расев на аналитических ситах, седиментационные, микроскопию, лазерная дифракция и др. Метод лазерной дифракции представляется одним из наиболее

эффективных. Однако необходимо иметь в виду, что и он имеет определенные упрощения. Можно оценивать тот или иной порошок только по усредненным значениям: использование суспензии для измерения зависимости интенсивности рассеянного света от угла рассеяния не позволяет достоверно оценить реальные порошки вяжущего, особенно гипсового, склонного при помолке к когезионному слипанию и образованию глобул.

Присутствие таких агрегатов в составе порошков может оказать существенное влияние на технические свойства вяжущих ввиду того, что создаются предпосылки для формирования максимального количества именно кристаллизационных контактов.

Поэтому регулирование и оптимизация гранулометрического состава вяжущих систем требуют использования не только анализа, но и математического аппарата, в первую очередь моделирования. Это связано прежде всего со сложностью процессов, протекающих в реальных системах, особенно если проектируется состав вяжущего на нескольких структурных уровнях. Такой подход особенно актуален для безобжиговых гипсовых систем, в основу создания которых положен принцип целенаправленного управления структурообразованием за счет использования оптимизированного гранулометрического состава вяжущего [5].

Таким образом, регулирование и оптимизация гранулометрического состава вяжущих методами моделирования позволяет повысить их качество и эффективность, значительно сократив при этом затраты на их производство.

Ключевые слова: вяжущие вещества, оптимизация, гранулометрический состав.

Список литературы

1. Сивков С.П. Современные тенденции в производстве цемента в РФ // Российский ежегодник СССР. 2011. С. 76–80.
2. Гаркави М.С., Артамонов А.В. и др. Цементы центробежно-ударного измельчения // Достижения и проблемы материаловедения и модернизации строительной индустрии. Материалы XV академических чтений РААСН. Казань. 2010. С. 24–27.
3. Петропавловская В.Б., Бурьянов А.Ф. и др. Оптимизация внутренней структуры дисперсных систем негидратационного твердения // Строительные материалы. 2010. № 7. С. 22–23.
4. Zvereva N.A., Valtsifer V.A. Internal structure of a powder during of its compacting // 14 International Congress of Chemical and Process Engineering CHISA. Praha (Czech Republic). 2000. P. 63.
5. Петропавловская В.Б., Новицкова Т.Б. и др. Использование отходов природного гипсового камня в производстве безобжиговых материалов // Строительные материалы. 2012. № 7. С. 28–30.
6. Белов В.В. и др. Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция. М.: Де Нова, 2012. 196 с.

О.В. ЕФРЕМОВА, инженер (efrolgas@mail.ru), В.С. ГРЫЗЛОВ, д-р техн. наук, Череповецкий государственный университет; Б.Д. СВИРИДОВ, д-р хим. наук, ООО НПО «ЧереповецДомСтрой» (г. Череповец, Вологодская обл.)

Особенности фазообразования древошлакового композиционного материала

Древошлаковый композиционный материал [1] (далее ДШКМ) представляет собой конструкционно-теплоизоляционный материал и предназначен для использования в наружных ограждающих конструкциях малоэтажных жилых зданий. Наряду с прочностью и долговечностью материал для подобных конструкций должен обладать высокими теплоизоляционными свойствами. Сравнительный анализ оценки теплопроводности наиболее распространенных видов конструкционно-теплоизоляционных бетонов (СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий», ГОСТ 25485-89 «Бетоны ячеистые. Технические условия») и ДШКМ показал (см. рисунок) существенные преимущества последнего. Исследуемый композиционный материал имеет следующие параметры: $\lambda_{\text{сух}} = 0,12-0,27$ Вт/(м·°С); $\rho_{\text{сух,сост}} = 1000-1500$ кг/м³; $R_{\text{сж}} = 2-15$ МПа.

Для объяснения данного явления проведены исследования микроструктуры ДШКМ, а именно анализ особенности его фазообразования. Цель проводимых исследований состояла в подтверждении посредством рентгеноструктурного анализа гипотезы: ДШКМ представляет собой метастабильное тело или дисперсную систему аморфно-кристаллической структуры. Рентгендифрактометрия проводилась по методу Дебая-Шеррера на компьютеризированном дифрактометре класса ДРОН, геометрия съемки по Брэггу-Брентано, в излучении $\text{Cu} - \text{K}\alpha$ (никелевый фильтр). Проба исследуемого вещества в виде порошка со связкой (вазелин) наполнялась в стандартную кварцевую кюветку. (Дифрактометрические исследования проводились профессором Н.М. Федорчуком, Череповецкий государственный университет.) Набор значений $\{2\theta; d_{\alpha}\}$ получен с очень малой неопределенностью, так как в пробах сопутствовал естественный природный эталон (парафин либо α -кварц). Анализ дифрактограмм проводился с использованием компьютерной базы эталонных стандартов PDF-2, JCPDS.

Рентгеновские исследования структурного состояния, фазоминералогического состава проведены на пробах исходных компонентов: гранулированный доменный шлак, ОАО «Северсталь» (г. Череповец); древесные опилки фракции 0-1,25 мм, взятые с лесо- и деревообрабатывающих производств Вологодской области; щелочной раствор «модифицированных опилок»; модернизированный натриевый силикат (далее «Монасил»), ЗАО «Волховский химический завод».

Дифрактометрические исследования были проведены и на образцах проб конечного продукта – строительном композиционном материале ДШКМ в возрасте трех лет.

Изучение гранулированного доменного шлака показало, что процесс его аморфизации при специальном охлаждении на ОАО «Северсталь» прошел не до конца. Наряду с аморфной фазой (два дифракционных гало в угловом интервале $2\theta = 18-21^\circ$ и $2\theta = 27-32^\circ$) на дифрактограммах присутствуют рефлексы кристаллических фаз: α -кварц ($d_{\alpha}, \text{Å} = 4,23; 3,33$), полевые шпаты (анорт-кварц $d_{\alpha}, \text{Å} = 4,12; 3,72; 3,23$), кальцит ($d_{\alpha}, \text{Å} = 3,03$) и др.

Древошлаковый композиционный материал включает композиционное вяжущее, состоящее из мо-

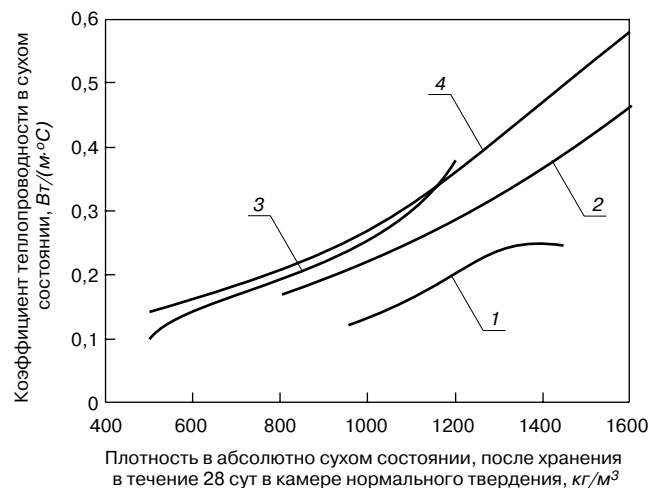
лотого гранулированного доменного шлака и цемента ПЦ 400Д20. Химический состав граншлака, %: $\text{CaO} - 38,9-40,2$; $\text{SiO}_2 - 34,4-37,8$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 7,7-9,6$; $\text{MgO} - 10,1-12,5$; $\text{MnO} - 0,17-0,69$; $\text{TiO}_2 - 1,2-1,3$; $\text{FeO} - 0,73-3,62$; $\text{S} - 0,74-0,83$.

Добавляемое количество цемента (3-11% от массы молотого граншлака) в составе вяжущего ускоряет сроки схватывания материала. Это происходит за счет того, что добавка цемента вследствие ее более высокой растворимости, нежели у шлакощелочного вяжущего, насыщает раствор в первую очередь реакционноспособными ионами кальция или высокоосновными минералами C_3S , C_3A и C_4AF , увеличивая тем самым содержание ионов OH^- .

Древесные опилки дают дифрактограмму, характерную для аморфного структурного состояния (дифракционное гало в угловом интервале $2\theta = 12-26^\circ$ максимум 19°). Селективные рефлексы $d_{\alpha}, \text{Å} = 4,13; 3,73$ принадлежат парафину из связующего вещества. Кристалличность целлюлозы и ее степень в древесных опилках на дифрактограммах не обнаруживаются.

В ДШКМ могут быть использованы опилки любых пород, так как главными компонентами химического состава для его структурообразования являются целлюлоза (40-50%), гемицеллюлоза (20-30%) и лигнин (20-30%). Устранение в материале отрицательных свойств древесины (объемных влажностных деформаций, гигроскопичности, низкой биостойкости и горючести, низкой адгезии по отношению к цементному камню), свойственных большинству деревобетонов, достигается химическим модифицированием. При способе получения строительного ДШКМ применяется модифицирование, заключающееся в обработке древесных опилок при температуре 90-100°C «Монасилом» в течение 1,5-2 ч. [2].

Модифицированные опилки с определенным количеством в них щелочного раствора являются активным,



Сравнительный анализ теплопроводности ДШКМ и некоторых видов конструкционно-теплоизоляционных бетонов: 1 - ДШКМ; 2 - шлакопемзо- и шлакопемзогазобетон; 3 - керамзитопенобетон; 4 - газо- и пенобетон

насыщенным водой и щелочью заполнителем. В результате щелочного гидролиза происходят физико-химические изменения материала клеточных стенок древесины, меняется природа ее активных функциональных групп высокомолекулярных компонентов. Таким образом, в ДШКМ органический наполнитель — модифицированные опилки с определенным количеством в них щелочного раствора содержат водорастворимые феноляты лигнина, алкоголяты спиртов и полисахаридов, вышедших или частично вышедших из древесной частицы во время щелочного гидролиза.

Исследование модернизированного натриевого силиката «Монасила» показало наличие кристаллических и аморфных (дифракционное гало в интервале углов $2\theta = 21-22^\circ$) компонентов. Кристаллическая компонента силиката с очень большой вероятностью представлена неорганическим веществом — Трона ($\text{Na}_3\text{H}(\text{CO}_3)_2\text{H}_2\text{O}$; $d_{\alpha}, \text{Å} = 4,898; 4,135; 3,194; 3,078; 2,648$).

По данным химического анализа, в пробе «Монасила» установлено наличие SiO_2 около 50 мас. %. На дифрактограмме исследуемого вещества рефлексов, принадлежащих какому-либо кристаллическим модификациям SiO_2 , не обнаружено. Можно допустить, что кремний в пробе представлен аморфной структурной модификацией SiO_2 .

На рентгенограмме пробы ДШКМ наблюдается наличие аморфной (два дифракционных гало $2\theta = 17,5-19,5^\circ$ и $2\theta = 30-31^\circ$) и кристаллической фаз (селективные рефлексы). Кристаллическая фаза представлена в основном карбонатом кальция в модификации ватерит (сингония орторомбическая), а также кальцитом (стабильная из известных полиморфных модификаций карбоната кальция, сингония ромбоэдрическая). Ватерит — метастабильная, полиморфная модификация CaCO_3 .

Согласно модели постадийной кристаллизации карбоната кальция [3] при отсутствии примесей на начальной стадии процесса в пересыщенном растворе образуется аморфная фаза карбоната кальция. Далее происходит перекристаллизация осадка с образованием кристаллических фаз — ватерита, арагонита и кальцита.

Можно предположить, что в ДШКМ частицы ватерита образуются в результате формирования полых сфероидов за счет того, что агломераты исходных частиц карбоната кальция зарождаются на твердых частицах поверхности газовых пузырьков, чему способствует присутствие в щелочном растворе ПАВ, образованных в результате щелочного гидролиза органического наполнителя «Монасилом». Основной причиной влияния на кристаллообразование карбоната кальция, его полиморфные формы, морфологию и размер частиц считают, как правило, их адсорбцию на макромолекулах полимеров (в случае ДШКМ это макромолекулы полисахаридов, лигнина, вышедшие из древесины при щелочном гидролизе, обладающие значительным количеством и типом функциональных групп и молекулярным весом).

Доказано [3], что с ростом pH от 7 до 9,5 и увеличением содержания карбонат-ионов в растворе интенсивность образования и скорость роста кристаллов возрастают. В таких условиях процесс кристаллизации протекает очень быстро, что приводит к формированию и сохранению в растворе ватерита. По сравнению с другими полиморфными формами карбоната кальция кристаллы ватерита обладают максимально положительным ξ -потенциалом и по мере увеличения pH степень диссоциации карбоксильных групп в молекуле ПАВ растет. Можно предположить, что в ДШКМ (где pH более 10) ПАВы адсорбируются на поверхности ватерита за счет электростатического взаимодействия ионизированных карбоксильных групп с ионами Ca^{2+} , расположенными на поверхности кристалла. Такое взаимодействие в первую очередь сопровождается компенсацией поверх-

ностного заряда, что затрудняет доступ карбонат-ионов к формирующейся поверхности кристалла, способствует замедлению его роста и изменению габитуса кристалла и, во-вторых, тормозит рекристаллизацию ватерита в более устойчивую форму — арагонит за счет снижения поверхностной энергии отдельных граней. Возможность формирования аморфных и кристаллических фаз (ватерита, арагонита и кальцита) CaCO_3 связана с его чувствительностью к содержанию органических и неорганических веществ композиционного материала.

ДШКМ содержит кремнезем SiO_2 в аморфном (стекловидном) состоянии. Из опытов известно, что при 0°C теплопроводность кристаллического кварца в десять раз больше теплопроводности плавленого кварца [4]. Растворимость α -кварца в воде $10^{-3}\%$ по массе (25°C); аморфных форм кремнезема 0,007–0,015%. Присутствие аморфного SiO_2 в ДШКМ значительно снижает его теплопроводность, что не противоречит экспериментальным данным (см. рисунок).

ДШКМ обладает способностью образовывать водостойкие структурные связи при сближении дисперсных частиц на расстояния действия поверхностных сил притяжения, находясь в метастабильном состоянии. Материал способен также повышать прочность во времени как на воздухе, так и в воде за счет возникновения контактов между слагающими его частицами органики и неорганики. Так, при изменении температурно-влажностных условий окружающего воздуха волокна гемицеллюлозы и лигнина скручиваются в пружины вокруг цепей и лент силикатных полимеров вяжущего, заполняя собой поры или формируя новые. Изменения в аморфно-кристаллической структуре ДШКМ происходят постоянно не только за счет подобного вращения вокруг частиц, но и за счет постоянного перехода воды в различные состояния (из свободной в связанную), что отражается на всех теплофизических и физико-механических свойствах.

Таким образом, проведенные исследования доказали, что ДШКМ находится в метастабильном состоянии и имеет аморфно-кристаллическую структуру. Это связано с тем, что все его компоненты в исходном виде имеют в своем составе аморфную фазу, что позитивно влияет на формирование теплоизоляционных свойств композиционного материала. С годами в ДШКМ происходит увеличение степени кристаллической структуры, однако время кристаллизации материала столь велико, что его метастабильность на прочностных свойствах очевидно не проявляется.

Ключевые слова: древошлаковый композиционный материал, рентгеноструктурный анализ, аморфная и кристаллическая фазы, метастабильная структура, теплофизические свойства.

Список литературы

1. Ефремова О.В., Грызлов В.С., Каптюшина А.Г., Свиридов Б.Д. Модифицированный древошлаковый композит // Строительные материалы. 2010. № 2. С. 66–68.
2. Пат. 2413703 РФ. Способ получения строительного древошлакового композита / Б.Д. Свиридов, О.В. Ефремова, В.В. Ефремов, А.Г. Каптюшина. Заявлено 27.02.2009. Опубл. 10.03.2011. Бюл № 7.
3. Шестак И.В., Воробьев П.Д., Чередниченко Д.В. и др. Влияние полиакриловой кислоты и полиэтиленгликоля на кристаллизацию карбонатов кальция в присутствии ионов магния // Журнал неорганической химии. 2011. Т. 56. № 2. С. 213–217.
4. Комохов П.К., Грызлов В.С. Структурная механика и теплофизика легкого бетона. Вологда: Изд-во Вологодского научного центра, 1992. 132 с.

О VI Международном съезде по деревянному строительству и о будущем деревянных конструкций

12–14 декабря 2012 г. в Московском государственном строительном университете (МГСУ) состоялся VI Международный съезд по деревянному строительству, организованный Ассоциацией деревянного домостроения (АДД), в которую входит более 200 производственных и других организаций.

В настоящее время термин «деревянное строительство» несколько диссонирует на фоне уже постоянно употребляемых сочетаний — «промышленное строительство», «жилищное строительство» и т. п. Однако в данной ситуации он вполне приемлем, так как съезд был посвящен не столько деревянным конструкциям, сколько организации именно деревянного строительства.

Большая часть выступлений касалась общих вопросов становления и развития малоэтажного деревянного домостроения.

Первые два дня работы съезда были выделены для обсуждения актуальных вопросов развития деревянного строительства, а третий — на ознакомление с объектами, где применены деревянные конструкции. Многие специалисты, имеющие широкий круг интересов, выражали сожаление, что заседания по разной тематике проходили в разных помещениях и они не смогли присутствовать на всех докладах и сообщениях. Кроме того, тезисы выступлений, представленных на съезде, не были опубликованы.

На пленарных заседаниях рассматривались общие вопросы организации строительства с применением деревянных конструкций. Следует выделить доклад А.Г. Черных (АДД), обобщающий состояние и перспективы развития деревянного домостроения. В докладе рассматривались также возможности обеспечения инновационного лидерства на рынке жилья. Это весьма актуально, так как в новом строительстве объемы малоэтажного деревянного домостроения сравнимы с малоэтажным строительством из других материалов.

В сообщении представителя компании ООО «ГудВуд» А. Дубовенко подробно рассматривалось развитие малоэтажного строительства с учетом членства России в ВТО.

Представитель компании РНР В. Никулина рассказала об опыте строительства каркасных домов для пострадавших от наводнения в городах Крымске, Геленджике и др. Было показано, как в весьма короткие сроки могут решаться вопросы обеспечения жильем при аварийных ситуациях.

Так как при осуществлении деревянного домостроения возникает необходимость решения многих общих вопросов строительства, на эту тему был представлен подробный доклад с одновременной презентацией книги «Проблемы и перспективы развития малоэтажного строительства в России» авторов Е.Л. Николаевой, С.А. Баронина, В.С. Казейкина, А.Г. Черных, А.Н. Андросова. К сожалению, продажа этой полезной книги на съезде не была организована.

Подробное сообщение о работах концерна «Акзо-Нобель» по продажам лакокрасочных и клеевых мате-

риалов сделал С. Глебов. Важно, что эта организация, являясь признанным в нашей стране поставщиком указанных материалов, организовала сервисное обслуживание предприятий, включая поставку специализированного оборудования.

На съезде также были представлены доклады зарубежных участников. В них сообщалось о новых направлениях деревянного домостроения в Финляндии, основных направлениях развития домостроения в Европе, строительстве животноводческих ферм и мостов с использованием деревянных клееных конструкций в Норвегии и др.

От России с обзорным докладом о применении деревянных клееных конструкций выступил представитель ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко А.А. Погорельцев. Участники съезда получили уникальную возможность ознакомиться со строительством большепролетного спортивного зала с покрытием из деревянных клееных конструкций на территории МГСУ.

В рамках съезда был организован круглый стол «Новые архитектурные и строительные решения», на котором представлены сообщения о цифровом дизайне и строительстве из древесины в городском комплексе, проекте архитектурного фестиваля города (Москва), отделке современных домов, лакокрасочных и клеевых материалах, о деревянном домостроении в Австрии и Италии. Большой интерес вызвала работа ДСК «Славянский» и СПбГАСУ по разработке и применению панелей с деревянным каркасом для строительства жилых и общественных домов из железобетонных конструкций.

Весьма разнообразной была программа круглого стола «Бизнес и наука». Положительно, что наряду с выступлениями видных ученых (докторов наук, профессоров) были заслушаны сообщения молодежи — аспирантов и студентов из разных учебных и научных учреждений России, Украины, Белоруссии.

В докладе Л.М. Ковальчука «Деревянные конструкции: вчера, сегодня, завтра» были выделены основные вопросы, которые определяют развитие отрасли.

Одним из важнейших является **информация**. В прежние годы, когда в стране было плановое хозяйство, массовыми тиражами издавалась учебная и производственная литература, специализированные научно-технические журналы. В них содержалась достоверная информация о деревянных конструкциях, их проектировании, изготовлении и применении.

С работами по деревянным конструкциям можно было ознакомиться в НИИ, проектных и производственных организациях. Широко освещался опыт строительства и эксплуатации зданий и сооружений с деревянными конструкциями. Специалисты могли обмениваться опытом, посещая объекты строительства без больших затруднений.

В настоящее время ситуация иная. Производственные книги почти не издаются. Множество журналов,

организованных в первые годы новых социально-экономических отношений, в основном публикуют материалы рекламного характера. Трудно выделить достоверную информацию, так как все «распределено» по интересам. Например, на съезд не были приглашены такие научно-технические журналы, как «Жилищное строительство», «Строительные материалы», «Деревообрабатывающая промышленность» и другие подобные издания.

В советские времена готовящиеся к изданию специальные научные и производственные книги широко рекламировались в профессиональной аудитории, тиражи таких книг могли обеспечить специалистов, библиотеки, вузы. В настоящее время специальная техническая литература выпускается редко и минимальными тиражами. Более того, книготорговые организации неохотно сотрудничают с небольшими издательствами, а организовывать торговлю через издательство сложно и практически нерентабельно.

В этой ситуации необходим научно-технический журнал «Деревянные конструкции». Его издание могла бы взять на себя ассоциация. Нужен новый учебник «Деревянные конструкции» (по аналогии с многократно переиздававшимся учебником под редакцией Г.Г. Карлсена).

Следует всячески содействовать изданию современной технической литературы. Ведущий отраслевой институт ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко подает пример в этом вопросе. В настоящее время его сотрудниками подготовлены к изданию две книги: одна — по конструкциям (С.Б. Турковский, А.А. Погорельцев, И.П. Преображенская «Клееные деревянные конструкции с узлами на вклеенных стержнях в современном строительстве», другая — по защите деревянных конструкций (А.Д. Ломакин «Защита деревянных конструкций»). Они, без сомнения, будут полезны как для научных работников, так и для практиков.

Другой важнейший вопрос — **сохранение научных школ и подготовка квалифицированных кадров.** В советское время были известны две научные школы — московская и ленинградская. Руководители научных школ (Карлсен, Губенко, Иванов и др.) были известны своими научными трудами, реализацией на практике научных достижений, большим количеством учеников, продолжающих и развивающих идеи научной школы. В настоящее время таких ярких лидеров в науке выделить трудно. Можно отметить возрождающуюся Санкт-Петербургскую школу, возглавляемую профессором А.Г. Черных, воспитавшим многих кандидатов наук и квалифицированных инженеров, плодотворно работающих в области деревянных конструкций.

С сожалением приходится констатировать весьма низкий профессиональный уровень молодых ученых, выполняющих диссертационные работы. Ушло в прошлое понятие, что работа над диссертацией на всех ее этапах, особенно по обоснованию темы и анализу состояния вопроса, постановке исследований и анализу результатов, — это высшая ступень инженерного образования.

В настоящее время очень важно еще одно непременное условие: диссертант должен обосновывать экономическую необходимость своей работы. Иначе говоря, в самом начале исследований должен быть известен «заказчик», готовый платить за результаты диссертационной работы. Это, хотя и в меньшей степени, относится и к молодым ученым, работающим в финансируемых государством учебных заведениях.

Еще одним жизненно важным для отрасли вопросом является **нормативно-техническая база.** Раньше

нормативные документы разрабатывались коллективно, т. е. первые редакции документов рассылались в 100–200 адресов, а получаемые предложения и замечания учитывались при подготовке окончательных редакций документов. В настоящее время этот важный этап практически формализован. Таковую практику следует срочно менять. Ситуация еще усложняется необходимостью учитывать положения зарубежных нормативных документов, что связано с вступлением России во Всемирную торговую организацию, наличием Таможенного союза и т. п.

В будущем должно соблюдаться условие, что составление или пересмотр норм — это очень важный этап строительного производства, и решаться он должен квалифицированными специалистами коллегиально.

Проектирование, изготовление и монтаж конструкций. Это огромная область строительного производства, которая в настоящее время функционирует в новых экономических условиях. В сфере жилищного деревянного строительства достигнуты значительные успехи, особенно при заводском изготовлении конструкций. Отрадно, что большое внимание уделяется инфраструктуре, в состав которой входит строительство спортивно-зрелищных зданий и сооружений и т. п.

В будущем хотелось бы, чтобы на таких знаковых мероприятиях, как прошедший съезд, звучали не только победные реляции, но и результаты анализа имеющегося опыта. Ведь в последние двадцать лет многие предприятия отрасли прекратили свое существование. Их ошибки, к сожалению, мало учитываются.

Поведение деревянных конструкций в процессе длительной эксплуатации. Этот важный для развития отрасли, особенно деревянных клееных конструкций, вопрос, к большому сожалению, на съезде практически не рассматривался. Как будто специалисты забыли, что древесина и материалы на ее основе при неблагоприятных условиях эксплуатации, а это абсолютно не исключено, подвергаются деформированию, биопоражениям, горению и т. п.

В условиях планового развития отрасли решению указанных вопросов уделялось большое внимание. Во многих институтах имелись специальные подразделения, в которых постоянно изучался опыт длительной эксплуатации конструкций, разрабатывались меры по предупреждению разрушений. В настоящее время эти работы практически прекращены.

Не исключено, что в недалеком будущем мы столкнемся с массовым биоразрушением древесины в жилых домах, обрушением большепролетных клееных конструкций в ответственных зданиях и сооружениях со скоплением большого количества людей.

Решение этих вопросов нельзя откладывать, чтобы не повторилась судьба малоэтажного панельного и щитового жилищного деревянного строительства и судьба «Трансвааль-парка», где произошло обрушение покрытия из железобетонных конструкций, повлекшее человеческие жертвы. В настоящее время сооружение восстановлено с применением деревянных клееных конструкций. Меры по контролю поведения конструкций такого назначения должны, как обязательные для выполнения, указываться в проектной документации.

Проблема обеспечения эксплуатационной надежности должна стать главной темой следующего все-русского форума по деревянным конструкциям.

*Л.М. КОВАЛЬЧУК,
заслуженный деятель науки РФ, д-р техн. наук,
ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко*

Ю.П. ТЫРТЫШОВ, канд. эконом. наук (Ставрополь); Б.Г. ПЕЧЕНЬ, д-р техн. наук, В.Л. КУРБАТОВ, д-р эконом. наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Северо-Кавказский филиал (г. Минеральные Воды); А.И. ЕЩЕНКО, канд. техн. наук, (Ставрополь)

Оптимизация составов, технологии приготовления битумных паст и мастик

Ранее не совсем четко были описаны функции составляющих компонентов водоземлюсионных мастик на твердых эмульгаторах. В работах и нормативных документах на водоземлюсионные пасты и мастики [1–3] роль эмульгаторов при получении битумных эмульсий отводили глине, лессу, извести и волокнистому компоненту (хризотил-асбесту). Такие битумные дисперсии называли пастами. При введении в пасту минеральных порошков, цемента, латексов получали дисперсию – мастику.

Минеральные порошки также являются эмульгаторами битума. Для эмульгирования можно использовать в качестве битумных эмульгаторов все порошкообразные твердые составляющие: минеральный порошок, цемент, входящие в состав мастик. При создании водоземлюсионной битумной мастики следует изучить отдельно роль компонентов в качестве эмульгаторов и их влияние на процесс эмульгирования битумов; роль и влияние этих же компонентов в качестве наполнителей на технологические, физико-механические свойства мастик и эксплуатационные свойства покрытий из них. Процесс эмульгирования битумов в воде осуществляется при оптимальной концентрации эмульгаторов. В случае использования твердых порошковых эмульгаторов для битумов их содержание находится в весьма широких пределах 30–200% по отношению к массе битума [1, 2, 4–6], что обусловлено разницей в составе и свойствах эмульгаторов, а также стремлением получить водоземлюсионную битумную композицию с определенными технологическими и эксплуатационными свойствами.

Для стабилизации эмульсий применяют высокодисперсные порошки. Получаемый тип эмульсий зависит от избирательной смачиваемости твердых частиц одной из фаз. Если частицы лучше смачиваются масляной фазой, образуется эмульсия типа В/М, в случае лучшего смачивания водой – эмульсия типа М/В. Проведенные ранее Д. Шульманом и Л. Леем исследования подтвердили эти выводы.

Механизм стабилизации порошками преимущественно заключается в предотвращении утончения жидкой прослойки между каплями дисперсной фазы. Необходима непрерывная оболочка; важен гистерезис угла контакта для предотвращения смещения мениска. Гладкие сферические частицы непригодны; хорошие результаты получают с порошками пластинчатой формы частиц, такими как бентонитовая глина. Подобные частицы, находящиеся в равновесии на поверхности жидкости, притягиваются друг к другу благодаря законам капиллярности. Чем меньше радиус кривизны мениска между ними, тем сильнее притяжение и значительнее когезия слоя порошка на поверхности. Капля жидкости, деформирующаяся при избытке порошка, способна сохранить искаженную форму при разбавлении, так как плавающий слой частиц настолько плотно сжат, что может выдержать отрицательное внутреннее давление. Изложенное объясняет явление ограниченной коалесценции, наблюдаемое в эмульсиях. Необходимо определенная плотность упаковки частиц или мо-

лекул эмульгатора для наибольшей прочности пленки; первоначально образованные слои могут не иметь достаточно времени или эмульгатора для достижения этого состояния

Гранулометрический состав порошковых эмульгаторов должен ограничиваться оптимальным пределом из-за проявления сил аутогезии. Аутогезия определяется главным образом природой и силой межчастичного взаимодействия. Основной вклад во взаимодействие частиц вносят межмолекулярное притяжение и электростатическое отталкивание. Увеличение удельной межфазной поверхности приводит к интенсификации процессов, протекающих на поверхности порошка, и повышению качества композиционных материалов. С уменьшением размеров частиц порошка усиливаются его негативные свойства: слеживаемость, прилипаемость к поверхностям оборудования и тары, снижение текучести (сыпучести). Это затрудняет технологические процессы – смешивание, дозирование, транспортировку и др.

Образование стабильной битумной эмульсии произойдет при условии покрытия битумных микрочастиц частицами твердого порошкового эмульгатора. Выполнению этого условия при использовании порошковых эмульгаторов будут способствовать кроме их оптимальной концентрации в воде и минералогического состава также оптимальный дисперсный состав эмульгаторов. Представляет теоретический и практический интерес установление зависимости эмульгируемости битумов от минералогического, дисперсного состава и концентрации в воде твердого порошкового эмульгатора или смеси эмульгаторов. Твердые порошковые или волокнистые тонкодисперсные эмульгаторы вследствие проявления загущающего эффекта в водно-дисперсионных битумных композициях определяют в значительной степени и реологические свойства мастик, которые должны быть оптимальными при их получении, хранении и нанесении. Параллельно с загущающим эффектом твердые эмульгаторы являются наполнителями мастики, в функции которых входит повышение прочности, тепло-, трещино-, атмосферостойкости, паро-, водонепроницаемости покрытия из мастики.

Битумные водоземлюсионные пасты и мастики готовят в диспергаторах и смесителях различных типов, используют много видов твердых эмульгаторов, дозировка, температура нагрева воды и битума которых в литературе указываются самые различные [1, 3–6]. Технологические и эксплуатационные показатели качества мастик значительно отличаются, что ограничивает их распространение в строительстве. Во всех рассмотренных источниках технологию приготовления паст и мастик описывают весьма лаконично, оговаривают необходимость введения битума в предварительно приготовленную смесь воды с эмульгатором при соблюдении определенных соотношений между этими компонентами. Например, согласно [1] массовое соотношение эмульгатор:вода при использовании в качестве эмульгатора негашеной извести 1-го сорта равно 1:2; га-

№ эмульгаторов	Наименование порошковых эмульгаторов	Диаметр частиц эмульгатора, мкм, при их содержании, %					Средний линейный диаметр частиц эмульгатора, $d_{ср}^3$, мкм	Среднее квадратичное отклонение
		10	25	50	75	90		
1	Глина Надеждинского карьера	2,36	2,969	3,834	4,918	6	4,293	0,0164
2	Минеральный порошок известняковый неактивированный	3,25	3,918	4,847	6,101	8	5,791	0,00758
3	Цемент	3,739	4,509	5,583	7,043	9	6,649	0,01156
4	Асбест	6,322	7,792	10,22	15,47	22	12,46	0,216
5	Тальк	3,066	3,689	4,547	5,658	7	5,271	0,00634
6	Известь	2,218	2,665	3,272	4,033	4	3,59	0,017
7	Смесь глины с цементом 1:1	3,321	3,822	4,84	6,029	7,724	5,241	0,0129
8	Смесь извести, минерального порошка и глины 1:4:4	2,342	2,891	3,792	4,981	6,821	4,226	0,00941
9	Смесь асбеста и извести 1:1	4,243	5,24	6,61	9,047	12,241	7,391	0,1246

шеной извести 1:1; высокопластичной глины 1:2,5; глины, трепела, диатомита 1:1; тяжелых суглинков 3:1. Тесто эмульгатора и воду нагревают до 80–90°C, битум подают в пастосмеситель с температурой 150–180°C [1].

Согласно [3, 5] при приготовлении паст твердый эмульгатор используют в виде шихты глинистого компонента с асбестом 7-го сорта. В мастике суммарное количество минеральных компонентов (эмульгатор + асбест + пылевидный наполнитель) независимо от используемого вида и расхода эмульгатора должно составлять 65–70% от массы битума. В смеситель, уже содержащий расчетное количество шихты эмульгатора и воды, при непрерывном перемешивании за 4–6 раз поочередно порциями (после подачи порции битума вводят 40–60% от этой порции воды). Подается битум и вода до тех пор, пока смесь в смесителе не загустеет до консистенции полужесткого раствора (5–6 см осадки конуса ЦНИИЛ), затем смесь разводят водой до консистенции пластичного раствора (8–10 см осадки конуса). Эти операции повторяют, пока в смесителе не будут введены весь битум и вода, рассчитанные по составу на замес. При приготовлении мастики к готовой пасте добавляют в процессе перемешивания нужное количество пылевидного наполнителя, после чего подают воду до достижения рабочей консистенции (13–14 см осадки конуса).

При такой последовательности приготовления паст и мастик необходимо отрабатывать в каждом конкретном случае применения того или иного эмульгатора режимы подачи и дозировку порций битума и воды, что

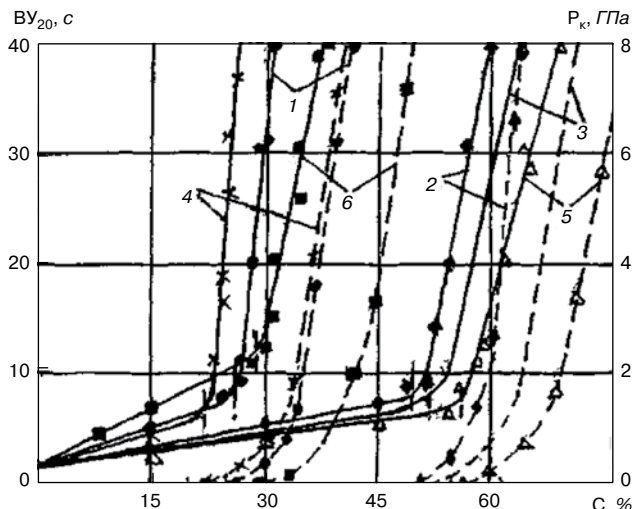


Рис. 1. Зависимость условной вязкости $V_{У20}$ (—) и предельного напряжения сдвига P_k при 20°C (---) дисперсии порошкового эмульгатора от концентрации его в воде C : 1 – глина; 2 – минеральный порошок известняковый; 3 – цемент; 4 – асбест; 5 – тальк; 6 – известь

трудоемко и сложно. В патенте [4] предложено в предварительно приготовленную смесь из глиняного молока, волокнистого и пылевидного наполнителей и ПАВ частями вводить битум, нагретый до 120–150°C, одновременно с остатком воды от приготовления глиняного молока.

Из рассмотренных работ следует, что при получении пасты или мастики необходимо готовить предварительно смесь эмульгатора с водой (шихту эмульгатора) определенной консистенции, достаточно густой.

При введении в воду твердого порошкового эмульгатора и повышении его концентрации вязкость системы будет возрастать [7]. При достижении критической концентрации эмульгатора между частицами устанавливаются контакты, образуется коагуляционная структура, после чего вязкость дисперсии резко возрастает, создаются хорошие условия для контактирования и покрытия капелек битума частицами твердого эмульгатора, что необходимо для получения стабильной и однородной битумной эмульсии (пасты или мастики). Представлялось интересным найти концентрацию твердого эмульгатора в воде, при которой образуется коагуляционная структура из частичек эмульгатора.

Для исследований были приняты следующие порошковые эмульгаторы: глина Надеждинского карьера средней пластичности, минеральный порошок известняковый неактивированный производства СУ 320, п. Канглы, цемент марки ПЦ 500-ДО, асбест 7-го сорта, тальк, известь негашеная Ставропольского ЗАО СМК. Грануло-

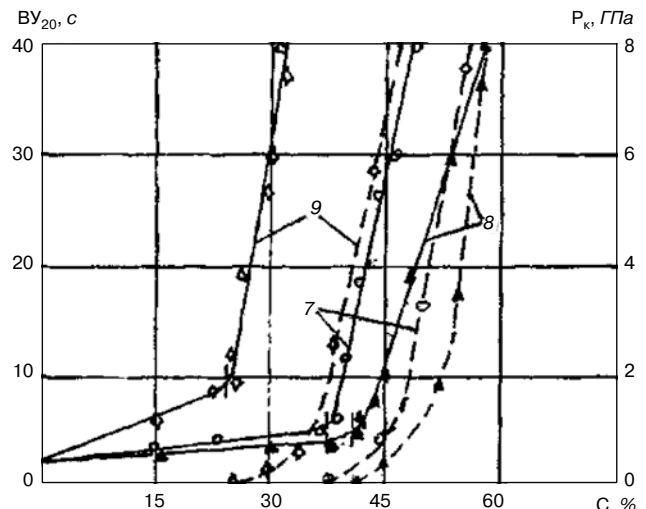


Рис. 2. Зависимость условной вязкости $V_{У20}$ (—) и предельного напряжения сдвига P_k (---) от концентрации смеси порошковых эмульгаторов C в воде: 7 – смесь глины с цементом при соотношении 1:1; 8 – смесь извести, минерального порошка и глины при соотношении 1:4:4; 9 – смесь асбеста и извести при соотношении 1:1

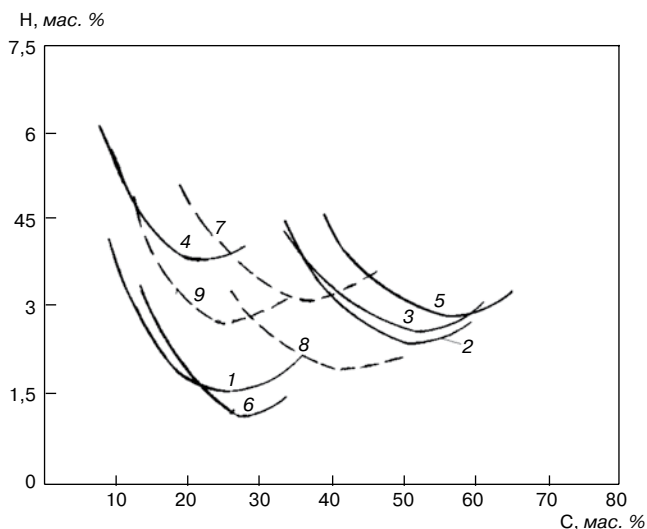


Рис. 3. Зависимость остатка на сите 0,14 мм H паст (—) и мастик (---) от концентрации C порошкового эмульгатора в шихте. Цифрами обозначены номера эмульгаторов в соответствии с таблицей

метрический состав порошковых эмульгаторов, определенный с помощью лазерного анализатора микрочастиц Ласка-1К, представлен в таблице. В качестве вяжущего использовали битум марки БНД 60/90 Саратовского НПЗ.

С помощью вискозиметра КП-975 Д определяли условную вязкость ВУ20 дисперсии твердого эмульгатора в воде при 20°C, характеризующую временем истечения 50 мл через отверстие диаметром 4 мм в зависимости от концентрации эмульгатора, и предельное напряжение сдвига P_K , с помощью конического пластометра Ребиндера.

Существуют концентрации твердых эмульгаторов в воде, при которых вязкость дисперсии резко возрастает или появляется предельное напряжение сдвига (рис. 1, 2). Такая концентрация для различных эмульгаторов не одинакова и возрастает в последовательности: асбест → глина → известь → минеральный порошок → цемент → тальк.

Приготовление битумных паст на одном из порошковых эмульгаторов или битумных мастик с использованием смеси порошковых эмульгаторов осуществляли в лабораторном смесителе-диспергаторе при 400 об/мин вертикального вала. Готовили дисперсию в воде (шихта) при оптимальных, а также ниже и выше оптимальных концентрациях. В водную дисперсию порошкового эмульгатора, нагретую до 55°C, при работающем смесителе-диспергаторе постепенно подавали расплав битума с температурой 140±3°C. Одновременно с подачей битума в смеситель постоянно доливали воду с температурой 55°C. Воду, подаваемую в смеситель одновременно с битумом, вводили в таком количестве, при котором достигается значение осадки конуса ЦНИИЛ готовой пасты или мастики, равное 8 см, что определяли несколькими предварительными замесами. После приготовления в пасту или мастику добавляли при перемешивании воду в количестве, необходимом для обеспечения требуемой подвижности.

Определяли неоднородность битумных дисперсий на порошковых эмульгаторах по остатку на сите 0,14 мм, а также водопоглощение пленки паст и мастик после выдерживания на воздухе в течение 14 сут, а затем 4 сут в воде в зависимости от концентрации порошкового эмульгатора в шихте. Как следует из рис. 3, неоднородность паст и мастик, определенная по остатку на сите 0,14 мм, в зависимости от концентрации в шихте порошкового эмульгатора имеет минимальные значения при оптимальных концентрациях порошкового эмульгатора (см. рис. 1, 2). Аналогичная закономерность наблюдается и при зависимости водонасыщения образцов паст и мастик от концентрации порошкового эмульга-

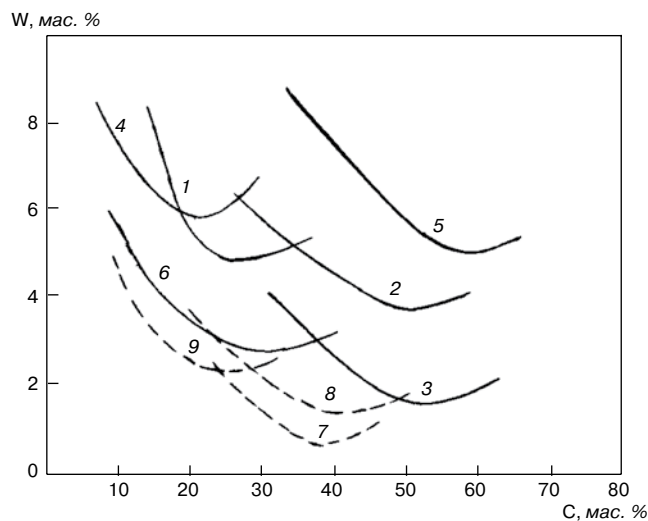


Рис. 4. Зависимость водопоглощения W образцов из паст (—) и мастик (---) от концентрации C порошкового эмульгатора в шихте. Цифрами обозначены номера эмульгаторов в соответствии с таблицей

тора в шихте: при оптимальных концентрациях эмульгатора в шихте водопоглощение образцов паст и мастик имеет минимальные значения (рис. 4).

При получении битумных или полимербитумных паст и мастик в качестве порошкового эмульгатора можно использовать: минеральный порошок, тальк, мел, глину, фосфогипс, сажу, являющиеся наполнителями в композиции; цемент, известь, являющиеся вяжущими, повышающими прочность и водостойкость композиции; целлюлозу, асбест-волоконистые добавки, повышающие прочность и трещиностойкость композиции; пигмент — красители и др., каждый в отдельности или в смеси. При выборе любого эмульгатора или их смесей для получения паст и мастик различного назначения с помощью описанного способа возможно определить оптимальную концентрацию эмульгатора любого типа, что в свою очередь позволяет создать разнообразные композиции с достаточно высокой дисперсностью, однородностью и стабильностью и соответственно обеспечить высокое качество получаемых из них покрытий.

Ключевые слова: битумные пасты и мастики, порошковые эмульгаторы, оптимальная концентрация, качество.

Список литературы

1. Попченко С.Н. Гидроизоляция сооружений и зданий. Л.: Стройиздат, 1981. 304 с.
2. ТУ РСТ УССР 5027–84. Битумные эмульсионные пасты и мастики на твердых эмульгаторах. Киев: НИИСП, 1984. 16 с.
3. Типовая технологическая карта на приготовление битумных эмульсионных паст и мастик. Киев: НИИСП Госстроя УССР, 1986. 23 с.
4. Патент № 2011646 РФ. МПК С04В26/26. Водоземляная мастика / А.Н. Паукку, С.В. Проскуряков, Д.В. Русаков и др. № 5003883/33. Заявл. 30.07.1991. Оpubл. 30.04.1994. Бюл. № 8.
5. Патент № 2015844 РФ. МПК С04В26/26, С08L95/00. Способ получения асбесто-битумной эмульсии / В.П. Юдин, С.Г. Тихомиров-№2000106258/03. Заявл. 15.03.2000. Оpubл. 27.10.2000.
6. Гармаш А.Н., Слипченко И.П., Сокол М.Ф. Крыши и кровли зданий и сооружений. Киев: Будівельник, 1988. 244 с.
7. Tirtishov Yu., Pecheny B., Danilyan E., Eschenko A. About structural transition in bitumen, tars and oil. // XXXIII conuession permanente del asfalto. Triquesima tercera reunion del asfalto. 22 al 26 de noviembre de 2004. Cuidad de Mendoza, Republica Argentina. Pp. 149–157.



8-я КАЗАХСТАНСКАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА
Казахстанские Строй Материалы

13-15 марта 2013

КЦДС "АТАКЕНТ", АЛМАТЫ, КАЗАХСТАН

- СТРОИТЕЛЬСТВО
- ИНТЕРЬЕР
- ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ
- КЕРАМИКА И КАМЕНЬ
- ОКНА, ДВЕРИ И ФАСАДЫ



Для дополнительной информации посетите
 официальный сайт выставки: www.kcmexpo.kz



Itesa - Алматы, Казахстан, 050057, ул.Тимирязева, 42
 Тел.: +7 727 2583434; Факс: +7 727 2583444; E-mail: build@iteca.kz

ПРОМСТРОЙИНДУСТРИЯ АСТАНА

14-я Казахстанская международная строительная выставка



27-29 марта 2013

Казахстан, Астана, ВЦ "Көрме"

МВК "Атакент-Экспо"
 Республика Казахстан
 050057 г. Алматы, ул. Тимирязева, 42
 Тел.: +7 (727) 275 09 11, 275 13 57, 274 79 26
 Факс: +7 (727) 275 08 38
 e-mail: atakentexpo.kz@mail.ru, atakent2012@bk.ru
www.atakentexpo.kz

Филиал МВК "Атакент-Экспо"
 Республика Казахстан
 010000 Астана, пр. Кабанбай батыра, 7/3, оф. 043
 Тел./факс: +7 (7172) 50 73 29, 50 73 30
 e-mail: atakent@mail.ru

Официальная поддержка:



Организаторы:



ТехноНИКОЛЬ развивает новое направление инновационных продуктов

Российский рынок антикоррозионных лакокрасочных материалов в настоящее время находится на стадии динамических изменений. Рост производства металлоконструкций, железобетонных конструкций, необходимость ежегодного капитального ремонта большого количества промышленных, гидротехнических, энергетических, транспортных и гражданских объектов обуславливает стабильную динамику роста спроса и заинтересованность потребителей в качественных антикоррозионных лакокрасочных материалах, в том числе на основе полимеров.

Следуя современным тенденциям развития строительной отрасли и отвечая на запросы клиентов, Корпорация ТехноНИКОЛЬ приняла решение о развитии нового направления – «Индустриальные покрытия» в структуре бизнес-единицы «Мастики». Новое направление будет специализироваться на разработке и производстве самых передовых материалов в области антикоррозионной защиты. Особый акцент

сделан на производстве полимерных и композиционных материалов на основе полиуретанов и полиэфиров.

В настоящее время российский рынок ЛКМ оценивается как один из наиболее перспективных и динамично развивающихся. Его объем составляет около 1–1,2 млн т, из них 50% – промышленные покрытия. Ежегодное потребление полиуретановых композиций составляет около 25 тыс. т. При этом прирост рынка ПУ материалов около 30–40%. Столь высокий рост популярности обусловлен уникальными свойствами полиуретановых лакокрасочных систем, в том числе экономичностью, простотой и удобством использования, быстротой сушки, быстрым набором твердости при сохранении эластичности и стойкости к удару. Помимо этого полиуретановые лакокрасочные материалы отличаются высокой водостойкостью, сравнительно хорошей химстойкостью, высокой абразивоустойчивостью, а также противокоррозионными и прекрасными декоративными свойствами.

По материалам Корпорации ТехноНИКОЛЬ

Натуральные показатели продаж Группы ЛСР за 2012 г.

В 2012 г. компания реализовала 479 тыс. м³ железобетонных изделий, что на 5% выше показателей 2011 г. Объем реализации гранитного щебня составил 6,4 млн м³ (+18%); песка – 10,9 млн м³, что сопоставимо с результатами 2011 г.

Товарного бетона было продано 1,4 млн м³, что на 5% больше показателей 2011 г.; из них в Санкт-Петербурге – 928 тыс. м³, в Москве – 507 тыс. м³.

Объем отгруженного цемента в 2012 г. составил 1,2 млн т. Основные поставки приходятся на производителей строительных материалов, в первую очередь товарного бетона.

Незначительное сокращение объемов выпуска кирпича (183 млн шт.) в Санкт-Петербурге вызвано временным снижением производственных мощностей в связи с закрытием уста-

ревших производств и реализацией проекта по строительству нового кирпичного завода в Кировском районе Ленинградской области, производственный запуск которого был осуществлен в декабре 2012 г.

В конце июня 2012 г. осуществлен производственный запуск кирпичного завода «ЛСР. Стеновые» в г. Павловский Посад Московской области. В 2012 г. завод отгрузил около 20 млн шт. кирпича.

Объем реализации газобетона составил 1,1 млн м³. Из них 395 тыс. м³ было реализовано в Санкт-Петербурге и 681 тыс. м³ – в Украине. Рост показателя объема продаж по указанным регионам по сравнению с аналогичным периодом прошлого года составил 19%.

По материалам компании Группа ЛСР

В Ульяновской области создадут государственный и частный индустриальные парки

На территории Инзенского района в настоящее время уже есть основа для развития кластера переработки нерудных материалов. Это предприятия группы компаний Diamix, ООО «Скамол Рус», ООО «Инзенский завод фильтровальных материалов», ООО «ПСМ».

Планируется, что государственный индустриальный парк станет аналогом успешного проекта по созданию промышленной зоны Заволжье. Его территория будет определена после ревизии земельных участков и определения их юридической принадлежности. Здесь за счет средств областного и федерального бюджетов будут формироваться основные элементы ин-

фраструктуры. На создание новой, уже строящейся автомобильной дороги было выделено 186 млн р., из которых около 12 млн р. освоены в 2012 г. Кроме того, получив статус особо значимого или приоритетного проекта, инвестор сможет воспользоваться всеми льготами, предоставляемыми резидентам промышленной зоны.

Также группой компаний Diamix фактически сформирован частный индустриальный парк с готовой инфраструктурой и инвестиционными предложениями по созданию на его территории новых производств. Создаваемые индустриальные парки будут формироваться независимо друг от друга, что позволит предоставить инвестору больший выбор для размещения производства в зависимости от потребностей и возможностей.

По материалам ИА «REGNUM-ВолгаИнформ»

ГК ЕТС открыла новое направление деятельности

Группа компаний «Единая Торговая Система» в конце 2012 г. объявила о начале производства модифицирующих добавок различного назначения, в том числе и для промышленности строительных материалов. Таким образом, одна из ведущих компаний – поставщиков химического сырья получила новый статус.

ГК ЕТС разработала для ССС редиispersируемые полимерные порошки UTS-Scandinavia™ на основе сополимера винилацетата и этилена, реологические добавки – модифи-

цированные эфиры целлюлозы CELLULOSE™ и эфиры крахмала REOMOD™, суперпластификаторы сложных составов. В настоящее время производство добавок ведется на предприятиях, расположенных в Китае и некоторых европейских странах под контролем специалистов ГК ЕТС. Для получения этих продуктов используются импортные основы премиксов.

Следует отметить, что составы добавок, так же как и технологии их производства, разработаны и профинансированы российским подразделением ГК ЕТС.

Собственная информация

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Самарский гипсовый комбинат увеличил производство ПГП

Самарский гипсовый комбинат завершил очередной этап модернизации, запустив вторую линию по производству пазогребневых плит фирмы «Гренцебах БСХ ГмбХ» (Германия). Новая линия увеличила мощность производства вдвое — до 240 тыс. м² в год.

На этом модернизация производства не заканчивается. Летом 2013 г. будет введена новая современная линия, которая

увеличит мощность предприятия в три раза. Совокупный объем производства плит составит 655 тыс. м².

Новое европейское оборудование обеспечит лучшее качество вертикальных поверхностей продукции, возможность производства плит в пустотелом варианте, что позволит упростить доставку плиты, снизить нагрузку на основание и перекрытия и облегчить прокладку внутренних коммуникаций.

По материалам ЗАО «Самарский гипсовый комбинат»

«ЕВРОЦЕМЕНТ груп» запустил новый цементный завод

Новое высокотехнологичное предприятие по производству цемента сухим способом в Воронежской области рассчитано на выпуск 3 млн т цемента в год. Общий объем инвестиций в строительство завода составил 17 млрд р.

Подгоренский цементный завод, не имеющий аналогов в России и странах СНГ, был построен за три года. На предприятии

применены современные технологии цементной промышленности, позволяющие повысить производительность труда в 3,5 раза и снизить нормы потребления топлива в 1,6 раза по сравнению с заводом, работающим по традиционному способу производства цемента. В то же время предприятие соответствует самым высоким экологическим стандартам: производственные выбросы снижены в 2,5 раза по сравнению с нормативными показателями.

По материалам «ЕВРОЦЕМЕНТ груп»

Комбинат стройматериалов начнут строить под Пензой

ОАО «ЭкоИнвест» начнет строительство комбината минеральных вяжущих и строительных материалов мощностью 1,2 млн т в год в пос. Ночка Никольского района. Общий объем инвестиций составляет более 11 млрд р. Планируется, что завод заработает на полную мощность в октябре 2015 г.

Поставку технологического оборудования для новой линии по производству цемента, проведение испытаний и пусконаладочных работ, подготовку персонала будет осуществлять

компания FL Smidth (Дания) по соглашению с «ЭкоИнвест». Реализация данного проекта позволит обеспечить цементом и строительными материалами не только Пензенскую область, но и прилегающие регионы.

Будут соблюдены все международные требования по экологическим показателям. Пылевыведение, когда запустят линию, не превысит 30 мг на 1 м³.

Планируется, что благодаря проекту будет создано более 450 дополнительных рабочих мест.

По материалам информационного агентства INFOLine

К 2017 г. производство кирпича превысит отметку в 19 млн шт.

В основу базового реалистичного сценария заложена модель развития отрасли, опирающаяся на следующие факторы: государственная политика в сфере строительства окажется достаточно эффективной для того, чтобы падение объемов жилищного строительства сменилось слабым положительным ростом, а следовательно, начнется также и рост спроса на строительные материалы; инвестиционные вложения в строительную отрасль будут постепенно расти относительно того уровня, на котором они были в 2009 г., что также вызовет рост спроса на керамический и силикатный кирпич; произойдет умеренное оживление спроса на новое жилье (вследствие развития программ ипотеки, а также расходования дополнительных сбережений, сделанных за последнее время),

что также будет способствовать росту спроса на строительные материалы; в мировой экономике в ближайшие пять лет не случится второй волны мирового финансово-экономического кризиса.

Согласно предварительным оценкам в 2012 г. объем производства керамического и силикатного кирпича составил около 11 млн шт. усл. кирпича, что выше показателей докризисного уровня 2008 г. Таким образом, можно считать, что рынок керамического и силикатного кирпича полностью восстановлен уже в 2012 г., а с 2013 г. начнется его реальный рост.

Что касается более долгосрочного прогноза, то согласно реалистичному сценарию развития отрасли к концу 2016 г. объем производства керамического и силикатного кирпича составит 19 млн шт. усл. кирпича, что больше уровня 2011 г. на 98%.

По материалам «РБК. Исследования рынков»

Предприятия – производители железобетонных изделий и конструкций ЦФО увеличили выпуск продукции

Объем производства железобетонных изделий и конструкций предприятиями Центрального федерального округа (ЦФО) в 2012 г. увеличился на 13% и составил около 8,3 млн м³, что превышает показатель 2011 г. почти на 1 млн м³. Несмотря на существенное улучшение конъюнктуры рынка в 2012 г., показатели не достигли объемов выпуска 2008 г.

На долю предприятий Москвы и Московской области в 2011 г. пришлось 50% выпуска ЖБИ в ЦФО. Лидирующие позиции в Москве с долей рынка более 36% занимает ОАО «ДСК-1», в Московской области около 29% всего выпуска железобетон-

ных изделий и конструкций обеспечивает ЗАО «ДЗ ЖБИ». В пятерку крупнейших предприятий ЖБИ в ЦФО входят также: ОАО «ДСК-2», ОАО «ДСК-3» (Москва) и ЗАО «Стройиндустрия» (Московская область).

В поставках цемента на заводы ЖБИ лидируют предприятия цементной корпорации «ЕВРОЦЕМЕНТ груп» и «Мордовцемент». Крупнейшими поставщиками нерудных строительных материалов производителям ЖБИ в ЦФО являются «Павловскгранит» и Вяземский щебеночный завод, на долю которых приходится до 20% железнодорожных поставок. Основным поставщиком импортного щебня на предприятия ЖБИ Центрального федерального округа является Украина.

По материалам инвестиционной компании «СМПРо»

techtex

RUSSIA symposium

Международный симпозиум по техническому текстилю, нетканым материалам и защитной одежде

«Строительные и защитные материалы на волокнистой основе: новые технологии, опыт применения в России»

18-19 апреля 2013 года, г. Москва
«Ренессанс Москва Монарх Центр»



Разделы симпозиума в 2013 году:

- Защитный текстиль
- Строительный текстиль
- Промышленный текстиль



Agrotech



Buildtech



Clothtech



Geotech



Homotech



Indutech



Medtech



Mobiltech



Oekotech



Packtech



Protech



Sporttech



Контакты:

Тел.: +7 (495) 649 87 75
techtex@messefrankfurt.ru
www.techtex.ru
www.messefrankfurt.ru

XVIII МЕЖДУНАРОДНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

ВОЛГАСТРОЙЭКСПО



23-26

АПРЕЛЯ

2013

КАЗАНЬ



Россия, 420059, г. Казань, Оренбургский тракт, 8,
Выставочный центр "Казанская ярмарка"
тел./ факс: (843) 570-51-07, 570-51-11, e-mail: d4@expokazan.ru,
www.volgastroeyexpo.ru, www.expokazan.ru
Информационная продукция для детей, достигших возраста шестнадцати лет (+16)