

ПОДПИСКА СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ® 2011

Реквизиты поставщика: **ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ» Московский банк Сбербанка России, ОАО**
г. Москва

Р/счет **40702810238320101351** К/Счет: **30101810400000000225**

Банк: **ОАО «Сбербанк России»**

в **Москва** ИНН **7702023918** КПП **770201001** БИК: **044525225**

Поставщик	Общество с ограниченной ответственностью Рекламно-издательская фирма «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»	К реестру №
адрес	127051, г. Москва Малая Сухаревская площадь, дом 6, стр. 1	
телефон	тел./факс (499) 976-22-08 976-20-36	
Получатель	Акцептован	Дата получения
адрес		

Текст

СЧЕТ № **477/подп/2011** Валюта: РУБ

Наряд № _____ дата _____ дата **30.11.2010**

Наименование	Ед. Изм.	Кол-во	Цена	Сумма	Ставка НДС	Сумма с НДС
За подписку на журнал «Строительные материалы» на 2011 год	компл.	1	8'160.00	8'160.00	0	8'160.00
Почтовые услуги	шт.	12	150.00	1'800.00	0	1'800.00

НДС: -

Всего к оплате: **9'960.00**



Девять тысяч девятьсот шестьдесят рублей 00 копеек

Организация не является плательщиком НДС (согласно гл. 26.2 НК РФ, уведомление ИМНС России по ЦАО г. Москвы о применении УСН № 517 от 23.12.2002 г)

Выписал

Кутейникова И.В.

для юридических лиц

для физических лиц

Извещение	Форма № ПД-4						
	ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ» Московский Банк Сбербанка России, ОАО г. Москва						
	(наименование получателя платежа)						
	ИНН 7702023918 / КПП 770201001						
	(ИНН получателя платежа)						
	№	Р/с 40702810238320101351					
		(номер счета получателя платежа)					
	в	ОАО «Сбербанк России», г. Москва					
		(наименование банка и банковские реквизиты)					
		К/с 30101810400000000225					
	БИК	044525225					
Подписка на 2011 г на журнал «Строительные материалы»							
(наименование платежа)							
Дата		Сумма платежа:	9960	руб.	00	коп.	
Кассир	Плательщик (подпись)						
Квитанция	ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ» Московский Банк Сбербанка России, ОАО г. Москва						
	(наименование получателя платежа)						
	ИНН 7702023918 / КПП 770201001						
	(ИНН получателя платежа)						
	№	Р/с 40702810238320101351					
		(номер счета получателя платежа)					
	в	ОАО «Сбербанк России», г. Москва					
		(наименование банка и банковские реквизиты)					
		К/с 30101810400000000225					
		БИК	044525225				
Подписка на 2011 г на журнал «Строительные материалы»							
(наименование платежа)							
Дата		Сумма платежа:	9960	руб.	00	коп.	
Кассир	Плательщик (подпись)						

Уважаемые коллеги!

Данный счет является основанием для оплаты подписки на издания через редакцию (реквизиты компании вписываются самостоятельно). После оплаты Вы будете получать журналы по почте.

При необходимости получения оригиналов документов просим обращаться в редакцию 8 (499) 976-22-08.

Издательство не является плательщиком НДС (согласно главе 26.2 НК РФ, уведомление ИМНС России по ЦАО г. Москвы № 517 от 23 декабря 2002 года).

Оплата данного счета-оферты (ст. 432 ГК РФ) является акцептом (ст. 438 ГК РФ) и свидетельствует о заключении договора купли-продажи в письменной форме (п. 3 ст. 434 ГК РФ).

Вы можете подписаться на журнал «Строительные материалы» через сайт издательства **www.rifsm.ru** в разделе «Подписка».

На сайте www.rifsm.ru вы найдете также информацию о всей литературе, издаваемой РИФ «Стройматериалы» (книги, дайджесты), которая может быть полезна для ведения вашего бизнеса.

Оборотная сторона	
Информация о плательщике	
(Ф.И.О., адрес плательщика)	
(ИНН налогоплательщика)	
№	
(номер лицевого счета (код) плательщика)	
Оборотная сторона	
Информация о плательщике	
(Ф.И.О., адрес плательщика)	
(ИНН налогоплательщика)	
№	
(номер лицевого счета (код) плательщика)	

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

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

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е.И.

Редакционный совет:
РЕСИН В.И.

(председатель)

БАРИНОВА Л.С.

БУТКЕВИЧ Г.Р.

ВАЙСБЕРГ Л.А.

ВЕДЕРНИКОВ Г.В.

ВЕРЕЩАГИН В.И.

ГОНЧАРОВ Ю.А.

ГОРИН В.М.

ГРИДЧИН А.М.

ЖУРАВЛЕВ А.А.

КОВАЛЬ С.В.

КОЗИНА В.Л.

КРАСОВИЦКИЙ Ю.В.

ЛЕСОВИК В.С.

ПИЧУГИН А.П.

РУДЫЧЕВ А.А.

ФЕДОСОВ С.В.

ФИЛИППОВ Е.В.

ХИХЛУХА Л.В.

ЧЕРНЫШОВ Е.М.

ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

Авторы

опубликованных материалов

несут ответственность

за достоверность приведенных

сведений, точность данных

по цитируемой литературе

и за использование в статьях

данных, не подлежащих

открытой публикации

Редакция

может опубликовать статьи

в порядке обсуждения,

не разделяя точку зрения автора

Перепечатка

и воспроизведение статей,

рекламных

и иллюстративных материалов

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

Общие вопросы отрасли

Д.В. ОРЕШКИН

Проблемы строительного материаловедения и производства строительных материалов6

Рассмотрены проблемы строительного материаловедения и нормативной базы, которые должны непрерывно развиваться и дополняться результатами исследований ученых и специалистов-производственников. Предложены пути развития производства строительных материалов.

О.Н. КРАШЕНИННИКОВ, Т.П. БЕЛОГУРОВА, Л.И. МАЛЬЦЕВ, И.В. КРАВЧЕНКО

Возможность использования золоотходов от сжигания водоугольного топлива в бетоне10

Изучен химический и минеральный состав, структурные особенности и основные физико-механические свойства, выполнена радиационно-гигиеническая оценка золоотходов, полученных в результате сжигания водоугольного топлива на основе кузнецкого каменного угля в теплогенерирующей установке ООО «Завод стеновых блоков» (Новосибирск). Результаты проведенных исследований свидетельствуют о перспективности использования этих золоотходов в качестве добавки в бетоны.

Минеральные вяжущие и материалы на их основе

В.И. КАЛАШНИКОВ, К.Н. МАХАМБЕТОВА

Коррозионная стойкость цементно-песчаных растворов в агрессивной среде12

Приведены результаты изучения коррозии пористых цементно-песчаных образцов бетона в агрессивной среде 5% раствора сульфата магния. Для снижения коррозии применяли как отдельно метилцеллюлозу МЦ-С, редиспергируемые латексные порошки PAV-29 и PAV-30, стеарат цинка, так и комплексную добавку, содержащую все перечисленные гидрофобизаторы. Образцы, модифицированные комплексными добавками, имеют высокий коэффициент коррозионной стойкости.

В.С. ИЗОТОВ, Р.А. ИБРАГИМОВ

Влияние некоторых гиперпластификаторов на основные свойства цементных композиций14

Рассмотрены особенности влияния гиперпластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов на свойства цементного камня, раствора и бетона, а также на кинетику тепловыделения и контракцию цементного теста.

С.П. СИВКОВ, С.Ш. ДАУЛЕТБАЕВА

Влияние модифицированных парафиновых дисперсий на свойства цементных растворов и бетонов18

Установлено, что модифицирование парафиновых дисперсий поверхностно-активными веществами на основе акриловых полимеров увеличивает их стабильность в щелочной среде твердеющего цемента и способствует более равномерному распределению парафиновой пленки в структуре затвердевшего цементного камня. Использование модифицированных парафиновых дисперсий в составе цементных растворов и бетонов позволяет значительно повысить морозостойкость и коррозионную стойкость бетона за счет снижения скорости массопереноса в материале.

С.А. ГОЛУНОВ, А.П. ПУСТОВГАР, С.А. ПАШКЕВИЧ, Е.В. ДУДЯКОВ

Оценка эффективности современных композиционных фасадных систем с тонкими штукатурными слоями и утеплителем из минеральной ваты21

Приведены основные характеристики материалов фасадной композиционной системы теплоизоляции с тонким штукатурным слоем. Показано назначение каждого слоя и испытываемые нагрузки. Представлена европейская нормативная база для данных систем. Описаны основные требования, предъявляемые к системам нормативным документом ETAG004 EOTA.

Е.А. ШЛЯХОВА, А.Ф. АКОПЯН

Оценка границ применимости сырья для производства шлакощелочных вяжущих28

На примере исследования гранулированного шлака и несиликатного щелочного компонента, являющегося побочным продуктом химической промышленности, рассмотрено использование математических моделей для оценки границ применимости сырьевых материалов для производства шлакощелочных вяжущих заданной марочной прочности.

Б.М. РУМЯНЦЕВ, А.В. ОРЛОВ

Многофункциональные гипсоцеолитовые материалы с повышенной сорбционной способностью30

Работа отражает исследование и установление зависимостей при разработке материалов с повышенной сорбционной способностью и ионообменными процессами, обеспечивающих длительное функционирование при очистке воздуха. В основу рабочей гипотезы работы положен принцип молекулярных сит, которые избирательно поглощают вредные вещества, имеют сильно развитую поверхность и широко представлены группой природных цеолитов. В качестве перспективного направления развития работы по созданию гипсоцеолитовых материалов выбрано изготовление лицевого элемента подвесных потолков, без которых не строится практически ни одно современное здание.

Высокофункциональный бетон – модный термин или философия бетона нового поколения? (Информация)34

К.С. ИВАНОВ, С.С. РАДАЕВ

Обжиговый теплоизоляционный материал из диатомита и щелочи36

Установлена возможность получения ячеистого теплоизоляционного материала плотностью 290–580 кг/м³, прочностью при сжатии 1,7–7,8 МПа и теплопроводностью 0,08–0,14 Вт/(м·К) из смеси диатомита и 40% раствора NaOH путем обжига при 775°C. Показано, что гидротермальная обработка смеси при 95°C ускоряет процесс выщелачивания аморфного SiO₂, а образующиеся при этом растворимые щелочные силикаты способствуют вспучиванию смеси при обжиге и снижают плотность. Оптимальная продолжительность выщелачивания составляет 30 минут, что соответствует выходу SiO₂, равному 42,5% от массы сухого диатомита и силикатному модулю $m = 3,15$. Роль вспучивающего агента играет кристаллизационная вода, выделяющаяся из сопутствующих глинистых минералов. По структуре и свойствам материал близок к пеностеклу.

От физикохимии и нанотехнологий к механике разрушений (Информация)38

Д.Г. КИСЕЛЕВ, Е.В. КОРОЛЕВ, Н.А. ПРОШИНА, А.И. АЛЬБАКАСОВ

Радиационно-защитные серные строительные материалы на основе силикатов магния40

Исследовано влияние термообработки наполнителя и введения аппретирующих веществ на свойства талькодержащих серных строительных материалов. Показано, что термообработка талька при 800–900°C приводит к повышению прочности серных композитов, а аппретирование наполнителя способствует повышению их водостойкости, снижению водопоглощения и истираемости.

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

Натрийсиликатные вяжущие и материалы на их основе42

Приведены результаты исследования влияния золь гидроксидов металлов в вяжущих композициях на основе безводных силикатов натрия. Рассмотрены различные композиции с минеральными тонкомолотыми наполнителями с использованием местных горных пород – дунитов, базальтов, синныритов и вулканических шлаков, а также зол.

Т.К. УГЛОВА, С.Н. НОВОСЕЛОВА, О.С. ТАТАРИНЦЕВА

Экологически чистые теплоизоляционные материалы на основе жидкого стекла44

Рассмотрены технологические приемы изготовления экологически чистых теплоизоляционных материалов – пеносиликатов на основе жидкого натриевого стекла и минеральных наполнителей: микрокальцита, аэросила, каолина. Показана возможность изготовления пеносиликата с высокими техническими свойствами без стадии грануляции и применения закрытых герметичных форм.

Керамические строительные материалы

А.П. ЗУБЕХИН, Н.Д. ЯЦЕНКО, Е.В. ФИЛАТОВА, В.И. БОЛЯК, К.А. ВЕРЕВКИН

Керамический кирпич на основе различных глин: фазовый состав и свойства47

Установлено влияние химико-минералогического состава глин на технологические, послеобжиговые и декоративные свойства керамического кирпича. Изучены зависимости коэффициента отражения и цвета фаз, кристаллизующихся в кирпиче, от содержания оксида железа.

Навигатор и калькулятор КНАУФ (Информация)	50
Н.Д. ЯЦЕНКО, Э.О. РАТЬКОВА, В.В. СЕМЧЕНКО, Н.А. СТРЕБКОВА	
Уплотнение поверхности кирпича путем катионной обработки	52
Приведены результаты синтеза тонкослойного покрытия из гидролизированных групп Si-OH- и замещения их катионами Li ⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ . При обжиге керамического кирпича полусухого прессования происходит заполнение и уплотнение пор поверхностного слоя. За счет спекания поверхности увеличивается прочность, и особенно морозостойкость кирпича.	
М.Г. ГАБИДУЛЛИН, А.Н. ГАБИДУЛЛИНА	
Основные принципы моделирования поведения пористой керамики при эксплуатации во влажных условиях. Часть II	56
Исследовано изменение теплофизических свойств пористой керамики для двух различных условий (модель II и модель III) увлажнения порового пространства. Для этого по установленным экспериментальным данным рассчитаны значения термического сопротивления моделей и ограждений на их основе. Доказано, что основное влияние на изменение термического сопротивления моделей II и III при их увлажнении оказывает объем открытых пор.	
Применение природного и техногенного сырья в производстве строительных материалов и изделий (Информация)	60
Новости	62

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ® technology

тематический раздел научно-технического журнала «Строительные Материалы» № 11-2010 г.

С.Б. БЕЛАНОВИЧ, Д.П. БУХТА, Н.П. САЖНЕВ	
Домостроительному комплексу «Забудова» 20 лет	67
Приведена и рассмотрена структура современного домостроительного комбината, обеспечивающая производство высококачественных строительных изделий и материалов и их поставку от одного поставщика для строительства «под ключ» жилых домов, объектов культурно-бытового и производственного назначения с высоким уровнем эффективности и комфортности при широком применении автоклавного газобетона.	
А.В. МАТЮХИНА, И.Д. КАЩЕЕВ, В.И. МАТЮХИН, А.А. КИЙК	
Энергоэффективная технология производства формованных минераловатных изделий	73
На основании экспериментальных исследований тепловой работы многокамерной печи полимеризации обоснованы направления совершенствования технологической схемы с целью создания малоотходного и энергоэффективного агрегата. Обоснованы способы регенерации излишков тепла на первоначальных стадиях тепловой обработки минераловатных изделий. Показана необходимость реверса потока теплоносителя в тепловых камерах при обработке высоко влажных материалов и установки продольных уплотнений транспортеров. Предложены изменения конструкции подающего и отводящего объема тепловых камер для снижения неравномерности тепловой обработки изделий путем установки направляющих пластин.	
А.Б. ЛИПИЛИН, М.В. ВЕКСЛЕР, Н.В. КОРЕНЮГИНА	
Оборудование и технология получения тонкодисперсных порошков из древесных отходов	76
Показано, что импеллерные мельницы позволяют получать древесную муку D ₉₀ < 10 мкм с расходом энергии 300 кВт·ч на тонну, это в 3,5–4 раза меньше энергорасхода используемых в настоящее время молотковых мельниц.	
Ю.В. КРАСОВИЦКИЙ, Н.Н. ЛОБАЧЕВА, Е.В. АРХАНГЕЛЬСКАЯ, Н.В. ПИГЛОВСКИЙ, Р.Ф. ГАЛИАХМЕТОВ	
Теплоизоляция пылеуловителей и газоходов в производстве строительных материалов	78
Рассмотрены инженерные требования к теплоизоляции пылеуловителей и газоходов в технологии пылеулавливания. Приведены некоторые теплотехнические свойства этих материалов, нормы теплопотерь, расчетные параметры и номограммы для определения толщины изоляции газоходов и плоских поверхностей. Приведены условия опрессовки пылеуловителей перед нанесением теплоизоляции и сформулированы правила и нормы безопасного выполнения такого вида работ.	

70886 каталог «Пресса России»

79809 каталог агентства «Роспечать»

Не забудьте оформить подписку своевременно!

Д.В. ОРЕШКИН, д-р техн. наук, Московский государственный строительный университет

Проблемы строительного материаловедения и производства строительных материалов

Развитие строительного материаловедения и производства строительных материалов должно осуществляться с учетом целесообразности строительства, безопасности, в том числе экологической, надежности, функциональности, технических требований и разумной экономичности.

После принятия решения о строительстве, определении технических требований происходит выбор конструктивного решения и строительных материалов. Причем с учетом перечисленных требований может быть выбрано несколько видов материалов. Следовательно, необходимо развитие науки и производства различных строительных материалов. Нельзя в российских масштабах отдавать приоритет какому-то единственному стеновому материалу. В советское время лидирующее положение было отдано сборному железобетону. Сейчас похожее положение занимает монолитное домостроение. Но целесообразно ли это в наших климатических условиях? Даже в самых южных регионах зима длится 4–5 месяцев, а есть регионы, где морозы держатся до 10 месяцев. Известны технические проблемы поддержания температуры от 15 до 20°C в твердеющем бетоне при зимнем бетонировании.

Много дискуссий вызывает увлечение строительством высотных зданий в различных регионах. Строительство небоскребов можно объяснить только огромной стоимостью городской земли. Слишком много проблем возникает при строительстве и эксплуатации сверхвысотных зданий. Не решены вопросы надежности, пожарной безопасности и др. В США строительство небоскребов было оправданно наличием скальных оснований с большой несущей способностью. Но самыми главными обстоятельствами были отсутствие исторических традиций на новых землях и старой архитектуры, а также не слишком высокий эстетический уровень потомков переселенцев.

В конце 50-х – начале 60-х гг. XX в. в СССР начало развиваться крупнопанельное домостроение. Это развитие продолжалось вплоть до конца 80-х гг. В основу его была положена концепция минимальной стоимости жилья при быстрых сроках строительства. Строительство пятиэтажных домов было аргументировано тем, что для них не нужны были лифты, насосы для подачи воды и т. п. Для их строительства требовался минимум технических средств.

После принятия в 2003 г. Федерального закона «О техническом регулировании» перед Россией в очередной раз встала проблема технической независимости. Основой нормативной базы должны стать технические регламенты и разработанные для их развития различного рода стандарты. Опять мы пытаемся сначала разрушить, а затем создать что-то новое. При этом, видимо, не стоит отбрасывать нормативную базу, которая разрабатывалась многие десятилетия. Правда, сейчас происходит попытка модернизировать старые стандарты под требования Евросоюза и США для вступления в ВТО. Следовательно, важнейшей задачей является создание современных норм, которые включали бы в себя все позитивное, стимулирующие к

дальнейшему развитию науки и производства в области строительства. Нормативная база должна позволять выпуск только качественных материалов, изделий и конструкций. Более того, нормативный документ по конкретному вопросу должен быть единственным в той области строительства или материалов. Иллюстрацией того, чего не должно быть, служит наличие нескольких нормативных документов по строительной теплотехнике. Это вносит сумятицу при проектировании зданий. С одной стороны, для разработки такой базы нужны компетентные специалисты, которые пока еще есть. С другой – большой проблемой материаловедения в области промышленного, гражданского и специального строительства является человеческий фактор, консерватизм авторитетных ученых. Как показывает опыт, для преодоления данной проблемы требуется время.

Нормативные документы должны поставить законодательный заслон устаревшим материалам, бракоделам, людям, безответственно относящимся к соблюдению технологий. Должны быть определены те показатели качества, которые способствуют развитию науки и производства, а не тормозят прогресс. Надо создать условия, которые бы заставили научных работников разрабатывать, а предпринимателей – оплачивать разработку и освоение выпуска современных и прогрессивных материалов.

Примером современного подхода является предложение Президента России Д.А. Медведева о запрете выпуска ламп накаливания. Директивным путем в Москве и Петербурге запретили применять рубероид по примеру Европы и США.

В настоящее время большой народнохозяйственной проблемой в специальном строительстве является получение и производство облегченного и сверхлегкого тампонажного раствора. Оказалось, что очень трудно при соблюдении требований к раствору по растекаемости, однородности во времени, стабильности и прочности камня при изгибе, равной 1 МПа в возрасте 2 сут, приготовить цементный раствор со средней плотностью менее 1,2 г/см³. Поэтому надо запретить приготовление и применение облегченных тампонажных растворов со средней плотностью от 1,2 до 1,6 г/см³ из нестабильных по свойствам облегчающих наполнителей, а также аэрированных растворов, полученных при атмосферном давлении. Проблема качественного и надежного цементирования нефтяных и газовых скважин в условиях аномально низких пластовых давлений (АНПД) была бы решена. А в условиях АНПД и многолетних мерзлых пород (ММП) средняя плотность тампонажного раствора должна быть меньше 0,8 г/см³ с соблюдением прочностных требований. Это полностью исключит аварии при цементировании, сократит до минимума начало эксплуатации и окупаемости скважин, повысит дебит скважин. Такие свойства могут быть достигнуты при применении полых стеклянных микросфер (ПСМС).

Более того, надо запретить цементировать призабойную зону скважин глубиной до 3000 м обычными цементными растворами, а также со вспученными пер-

литовым и вермикулитовым песками из-за катастрофического разрушения после перфорации этой зоны. Эту зону надо цементировать только тампонажным раствором с полыми стеклянными микросферами со средней плотностью 0,9–1,2 г/см³. После пулевой перфорации образцов-призм размерами 4×4×16 см их испытывали на растяжение при изгибе с получением полностью равновесных диаграмм деформирования. Прострел производился из автомата АК–74 (калибр пули 5,45 мм) одиночными выстрелами с расстояния 30 см. Тампонажный камень на чистом ПЦТ при В/Ц=0,5 и плотностью 1,83 г/см³ разлетался вдребезги. Тампонажные камни на вспученном перлитовом и вермикулитовом песке с плотностью 1,32 г/см³ имели значительные трещины и сколы, сразу после приложения минимальной нагрузки разрушились. Тампонажные камни с аппретированными полыми стеклянными микросферами (АПСМС) имели идеальные отверстия без трещин. Общий вид диаграммы представлен на рис. 1, а фотография микроструктуры – на рис. 2. На диаграмме видны два максимума, соответствующих двум состояниям структуры. Первый максимум соответствует пределу прочности камня на растяжение при изгибе. Площадь фигуры G_1 – удельные энергозатраты на старт локальной трещины. Эта величина характеризует трещиностойкость камня [2].

После старта трещины материал начинает сопротивляться росту локальной трещины. Однако при достижении уплотненного кольца вокруг перфорационного канала энергозатраты на рост трещины возрастают. При этом кривая снова начинает идти вверх, образуя новый максимум. После его достижения продолжается пологое снижение кривой вплоть до разрушения образца. Трещиностойкость тампонажных камней с ПСМС после перфорации увеличилась почти в 1,5 раза, сопротивление росту локальной трещины и величина удельных

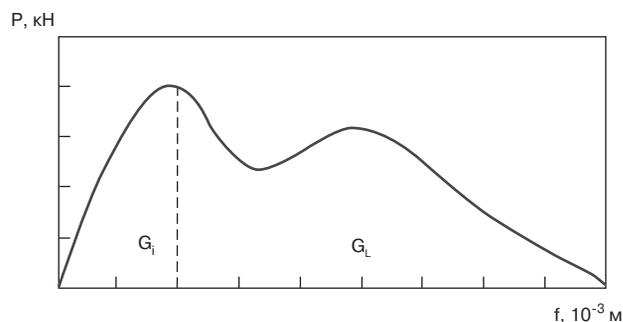


Рис. 1. ПРДД тампонажного камня с АПСМС после перфорации

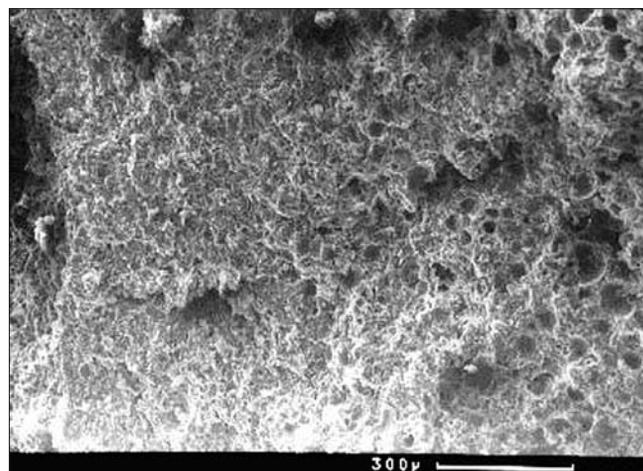


Рис. 2. Микроструктура после перфорации для тампонажного камня с 30% АПСМС

энергозатрат на деформирование и полное разрушение – практически в 2 раза [2]. Это происходит за счет существенного уплотнения структуры камня после прохождения пули (рис. 2). Прочность камня при изгибе и сжатии при этом увеличиваются.

Стенки нефтяной или газовой скважины следует цементировать сверхлегкими цементными тампонажными растворами с полыми стеклянными микросферами. Улучшение прочностных и деформативных характеристик значительно повышает технико-эксплуатационную надежность системы обсадная труба – цементное кольцо – горная порода.

Крупные месторождения находятся в труднодоступных местах, чаще всего в зоне ММП. Проблема сохранения ММП и надежность скважин при эксплуатации имеет народнохозяйственное значение. На территории РФ более 50% грунтов относятся к ММП. Лыдность в них достигает 80%. Поэтому оттаивание таких пород может привести к обрушению конструкций нефтяных или газовых скважин за счет растепления [1].

Решение проблемы устойчивого роста добычи нефти и газа в большей мере зависит от качества тампонажного материала, то есть в том числе является материальноведческой [1]. От этой решающей операции зависит эффективность и надежность скважин при эксплуатации. Основной задачей тампонажного материала, как известно, является обеспечение герметичности затрубного и межтрубного пространства и исключения межколлонных проявлений и перетоков из пласта в пласт, снижающих продуктивное давление нефтегазоносных горизонтов и приводящих территории к экологическим катастрофам [1, 2, 3].

К тампонажному материалу одновременно предъявляются требования по растекаемости, однородности и плотности раствора, прочности на растяжение при изгибе (в России) и сжатии (в США и Европе) для камня. Существуют скважины, которые не удается зацементировать растворами на традиционных пористых наполнителях (вспученные перлитовый – ВПП и вермикулитовый – ВВП пески, фильтроперлит), поскольку под большим давлением в скважине происходит их разрушение. Раствор становится непрокачиваемым за счет резкого возрастания его средней плотности. Кроме того, они обладают огромной водопотребностью. Аэрированные цементные системы, полученные при атмосферном давлении, нестабильны, и их нельзя применять при глубинах более 450–500 м из-за резкого возрастания плотности под действием гидростатического давления.

При цементировании раствор проходит различные по несущей способности пласты, которые могут поглощать тампонажный раствор. Для многих нефтегазодобывающих регионов России и мира характерны АНПД, то есть низкая несущая способность пластов. Грязевые, минерализованные водяные пласты, пльвуны, к примеру, имеют среднюю плотность немногим более 1 г/см³. Поэтому средняя плотность тампонажного раствора для них должна быть меньше 1 г/см³. С одной стороны, необходимо использовать наполнители, которые бы выдерживали высокое гидростатическое давление, имели бы необходимые растекаемость и прочность. С другой стороны, наполнители должны иметь низкую теплопроводность, чтобы защищать ММП от растепления [1].

Использование тампонажных растворов с полыми стеклянными микросферами решило бы двойную задачу: обеспечило герметичность затрубного и межтрубного пространства при имеющейся любой несущей способности горных пород и защищало бы ММП от растепления [1].

Радикальным решением проблемы, позволяющим значительно сократить затраты на цементирование скважин, является использование облегченного и сверхлег-

кого тампонажного раствора с ПСМС [1, 3]. Такие растворы обладают низкой и стабильной (независимо от давления) средней плотностью, высокой однородностью, а также прочностью на растяжение при изгибе не менее 1 МПа и теплозащитными свойствами в затвердевшем состоянии. Благодаря применению ПСМС растворы становятся практически несжимаемыми, несмотря на малую плотность. Это позволяет закачивать их на любую глубину за один прием. Повышенная прочность и трещиностойкость камня исключает повторные изоляционные работы при перфорации колонны, а достаточно прочное сцепление обеспечит герметичность затрубного пространства. Тампонажные растворы, обладающие указанными свойствами, можно получить только из стабильных компонентов. Такой стабильностью обладают полые стеклянные микросферы и тампонажный портландцемент, серийно выпускаемые промышленностью России и других стран мира [1].

Следование политической конъюнктуре в науке почти всегда приводило к появлению людей, которые умело могли оперировать модными словами и притягивать их для объяснения результатов своих исследований. Чаще всего термины притягивались из точных наук, причем бездоказательно. В данный момент к ним относятся слова: инновация, инновационный, нанотехнология, нанотехнологический. Последние особенно стали модными для цементных систем.

Известно, что в таких системах частицы самого цементного порошка, наполнителей, заполнителей и новообразований имеют размеры в микронах и больше. Но нанотехнологические процессы могут проявляться в поверхностных явлениях. Это может происходить при действии супер- и гиперпластификаторов в цементной системе, что направлено на существенное снижение количества воды затворения и улучшение за счет этого структуры и свойств материала. Поверхностные явления на наноуровне могут значительно повышать прочностные и деформативные показатели контактной зоны благодаря формированию более дисперсных новообразований с другими структурой и фазовым составом. Сейчас проф. Г.П. Сахаровым ведутся успешные и перспективные исследования по экструдированным бетонам. Интересные эффекты обнаружены после пропуска бетонной смеси через экструдер при ее укладке [4].

Сводить к нанотехнологиям только использование наполнителей с наноразмерными частицами, видимо, не совсем правильно. Поскольку известно, что более мелкие частицы обладают более значительными поверхностными силами и соответственно большей водопотребностью при одинаковой подвижности смеси. Увеличение же количества воды затворения при таких условиях снижает все прочностные показатели, увеличивает усадку, ползучесть, ухудшает другие деформативные свойства.

Таким образом, изучение поверхностных явлений на наноуровне, их влияния на структуру и свойства цементных и других материалов, активизация таких процессов являются одной из главных задач строительного материаловедения. Эти процессы можно использовать при модификации битумных материалов за счет применения атактических полимеров, при разработке новых лакокрасочных покрытий, создании пенетрирующих гидроизоляционных материалов на минеральной основе и др.

Важной проблемой строительного материаловедения является создание новых материалов путем моделирования их структуры, которые обладают требуемыми по условиям эксплуатации свойствами. То есть от требований к материалу зависит его разработка. Только стабильные компоненты состава позволяют планиро-

вать получаемые структуру и свойства. Особенно это важно в системах, где есть вяжущее вещество и наполнители. Так, например, К.В. Беляев со своими аспирантами в МГСУ проводит исследования по моделированию структуры цементных растворов с полыми стеклянными микросферами с необходимыми средней плотностью, прочностью и др. свойствами. Он расчетным путем получил требуемую толщину прослоек цементной матрицы между частицами наполнителя. Однако частицы цемента гораздо крупнее. Следовательно, под такой материал требуется разработка более мелкодисперсного цемента, чем есть в настоящее время, даже мельче микродура.

Пути развития науки и производства строительных материалов должны идти с учетом безопасности, надежности, технической, экологической и экономической сторон проблемы по двум направлениям.

Первый путь – исследования и производство высококачественных новых и модернизация уже хорошо зарекомендовавших себя материалов. Решение такой задачи видится в использовании при их производстве высококачественных, кондиционных, стабильных компонентов, в том числе и сырьевых. Такие материалы можно использовать для строительства ответственных, уникальных, повышенной опасности сооружений в жилищном, промышленном и специальном строительстве.

Второй путь – исследование и производство рядовых материалов с использованием техногенных отходов. Решение этой задачи позволит улучшить экологическую обстановку в России и мире.

Таким образом, проблемы нормативной базы, строительного материаловедения и производства строительных материалов взаимосвязаны. Успех здесь может быть достигнут только в комплексном их решении.

Ключевые слова: *строительное материаловедение, нормативная база, производство строительных материалов.*

Список литературы

1. Орешкин Д.В., Фролов А.А., Ипполитов В.В. Проблемы теплоизоляционных тампонажных материалов для условий многолетних мерзлых пород. М.: Недра, 2004. 232 с.
2. Орешкин Д.В., Первушин Г.Н. Параметры деформирования и разрушения тампонажного камня с микросферами после пулевой перфорации // Вестник гражданских инженеров. СПГАСУ. 2009. № 4. С. 164–166.
3. Первушин Г.Н., Орешкин Д.В. Проблемы трещиностойкости облегченных цементных материалов. Ижевск: ИжГТУ, 2003. 212 с.
4. Сахаров Г.П., Чан Минь Дык. Повышение свойств мелкозернистого бетона экструдированием смесей // Бетон и железобетон. 2009. № 1. С. 6–8.

**ПОДПИСКА
НА ЭЛЕКТРОННУЮ ВЕРСИЮ
журнала «Строительные материалы»®**



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



Новое учебное пособие для строительных вузов

С.И. Павленко, М.В. Луханин, Л.П. Мышляев, Е.Г. Аввакумов, Е.В. Корнеева

Малоцементные и бесцементные вяжущие и мелкозернистые бетоны различного назначения из вторичных минеральных ресурсов

Новосибирск: Из-во СО РАН, 2010. 322 с.

Принятие концепции устойчивого развития в рамках «Повестка дня на XXI век» в Рио-де-Жанейро на Всемирном саммите ООН по окружающей среде в 1992 г., ориентированной на ресурсо- и энергосбережение и повышение экологической безопасности земной цивилизации, привело к пересмотру дальнейшей стратегии развития энерго- и материалоемких отраслей промышленности, требований к некоторым широко применяемым материалам и технологиям. Одно из направлений обеспечения устойчивого развития – сохранение природных ресурсов за счет увеличения объемов использования отходов.

Производство портландцемента – в настоящее время основного вида минерального вяжущего для изготовления широкой номенклатуры строительных материалов, изделий и конструкций, связано с преимущественным потреблением природных сырьевых ресурсов, высокими энергопотреблением и объемами выбросов газов и пыли в окружающую среду. В связи с этим актуальным является продвижение инновационных разработок и развитие производства малоклинкерных и бесклинкерных минеральных вяжущих.

Рецензируемое учебное пособие посвящено отдельным направлениям решения проблем сбережения природного минерального сырья, энергоресурсов и экологии за счет использования зол, сталелитейных и топливных шлаков, отработанной формовочной смеси, «горелой» земли и некоторых других отходов промышленности.

Представленное на рецензию учебное пособие посвящено актуальной проблеме эффективного использования вторичных минеральных ресурсов в смешанных вяжущих и мелкозернистых бетонах на их основе. В качестве отходов исследованы сталелитейные шлаки, горелые породы шахтных отвалов, шламов от нейтрализации электролитов кислотных аккумуляторов, золы ТЭЦ, отработанные формовочные смеси литейного производства, гранулированные шлаки. На их основе созданы композиционные вяжущие и закладочные смеси с высокими показателями свойств.

Разработаны составы мелкозернистых бетонов на основе бесцементного композиционного вяжущего и представлены результаты экспериментальных исследований ползучести, морозостойкости, водонепроницаемости и водопоглощения.

Закладочные смеси на основе 100% использования отходов промышленности позволяют решать ряд технологических задач и комплекс экологических проблем, так как используемые отходы являются крупнотоннажными, например, в Прокопьевском-Киселевском районе Кузбасса накоплено более 300 млн т.

Целесообразность и актуальность изданного авторским коллективом учебного пособия очевидна. Даже название содержит элементы – слова, свидетельствующие о высокой актуальности и современном уровне направления. Ведь мировые тенденции технологий бетона нацелены на значительное снижение доли клинкерного цемента и на увеличение содержания эффективных вторичных техногенных компонентов. В России и странах СНГ учебники и пособия эти аспекты затрагивают недостаточно.

Авторы пособия и их труды в этом плане хорошо известны. Научно-техническая литература авторских коллективов под руководством профессора С.И. Павленко активно используется во многих вузах. Но целенаправленное учебное пособие, безусловно, отражает новый уровень применения.

Содержание пособия разбито на две части из 10 глав. В них последовательно изложено состояние проблемы использования вторичных продуктов в качестве активного компонента вяжущих и мелкозернистых бетонов, включая специфический материал – закладочные смеси. Полезно для учащихся глубокое ознакомление с химическим и физико-химическим обоснованием получения широкой гаммы стройматериалов на базе зол ТЭС, гранулированных шлаков, горных пород, отработанных формовочных смесей и др. Не менее важно научить студентов математическому моделированию и оптимизации составов, свойств и технологических процессов.

Особо выделим полезность обращения к методам механохимической активизации компонентов в мельницах-активаторах. Авторы разъясняют природу и эффект активизации, пробуждение реакционной способности, казалось бы, инертных вторичных минеральных ресурсов.

В работе убедительно показана возможность получения на основе перечисленных отходов промышленности бесцементных вяжущих, мелкозернистых бетонов и закладочных смесей.

Рецензируемое пособие является актуальным для студентов, аспирантов, преподавателей, научных работников и инженерного состава производственных и проектных организаций, выполняющих научные исследования и внедрение в производство разработок ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий их производства.

Особую ценность пособия представляет отражение опыта авторов по защите приоритета результатов исследований и разработок на международных научных конференциях, симпозиумах и конгрессах в том числе в зарубежных странах, что может служить примером для читателей.

Рахимов Р.З.,

д-р техн. наук, Заслуженный деятель науки РФ, член-корр. РААСН, заведующий кафедрой «Строительные материалы» Казанского ГАСУ

Рахимова Н.Р.,

канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительные материалы» Казанского ГАСУ

Положительным является то, что учебное пособие включает много современных методов и методик исследования строительных материалов, контрольные вопросы, тематику лабораторных работ, а также темы для курсовых и дипломных работ.

Данное учебное пособие может быть использовано при подготовке специалистов в области производства смешанных вяжущих и бетонов на их основе, а также инженерно-техническими работниками в области строительства, строительной индустрии, предприятий энергетики и металлургии. Пособие рекомендовано УМО вузов России по образованию в области строительства для студентов вузов по специальности «Производство строительных материалов, изделий и конструкций».

Алимов Л.А.,

д-р техн. наук, профессор кафедры вяжущих и бетонов МГСУ

Воронин В.В.,

д-р техн. наук, профессор кафедры вяжущих и бетонов МГСУ

Результативность всех предложений доказывается данными физико-механических испытаний свойств вяжущих и бетонов, в том числе прочности, усадки, ползучести, морозостойкости и пр. Все варианты оформлены в виде законченных технологических схем. Завершает издание необходимая часть – технологический регламент. Таким образом, полученные знания включаются в единый цикл технологии материалов и изделий. Все представленные материалы конкретны, высокопрофессиональны и убедительны.

Нам неоднократно приходилось рецензировать монографии, в том числе учебные пособия, авторского коллектива под руководством С.И. Павленко. Все они носят специфический научно-образовательный и прикладной характер. В этом, наш взгляд, особая их значимость.

Недостатки, отмечаемые нами при рецензировании, относятся к своеобразному стилю изложения. Не все приложения (стр. 192–216) имеют образовательную значимость. Это, скорее, подтверждение признания разработок научно-технической общественностью. Несколько велик объем библиографического списка. Не все источники доступны для студентов.

Данные замечания не носят принципиального характера. Считаю, что учебное пособие «Малоцементные и бесцементные вяжущие и мелкозернистые бетоны различного назначения из вторичных минеральных ресурсов» может широко использоваться в учебном процессе вузов, где обучаются студенты строительных специальностей.

Ушеров-Маршак А.В.,

д-р техн. наук, Заслуженный деятель науки и техники Украины, профессор ХГТУСА

О.Н. КРАШЕНИННИКОВ, д-р техн. наук, Т.П. БЕЛОГУРОВА, канд. техн. наук, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН (Апатиты Мурманской обл.); Л.И. МАЛЬЦЕВ, д-р техн. наук, Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН (Новосибирск); И.В. КРАВЧЕНКО, директор ООО «Завод стеновых блоков» (Новосибирск)

Возможность использования золоотходов от сжигания водоугольного топлива в бетоне

Стратегические установки России по производству тепловой и электрической энергии связаны с ускоренным развитием угольной промышленности. Это продиктовано наличием огромных запасов угля в стране по сравнению с запасами газа и нефти. Одним из путей использования угля может быть его сжигание в виде водоугольного топлива (ВУТ) вместо традиционных способов (факельного, слоевого или др.) сжигания угля в котельных топках [1, 2].

Среди достоинств ВУТ – возможность частичной или полной замены дорогостоящего мазута; увеличение степени выгорания горючей массы до 95–99% и КПД котлов до 80–85%; возможность транспортировать его по трубопроводам, в том числе на дальние расстояния; упрощение процедуры автоматизации управления процессами сжигания угля в котлах и снижение взрывопожароопасности; решение ряда экологических проблем, в частности снижения вредных выбросов оксидов азота и углерода.

Исследования в области разработки ВУТ и промышленного освоения технологии его использования ведутся в Китае, Японии, США, России и других странах.

В последние годы Институтом теплофизики Сибирского отделения РАН, ООО «Корпорация ПРОТЭН» и ООО «Завод стеновых блоков» Новосибирска совместно проработаны и в опытно-промышленном варианте реализованы основные компоненты модульной технологии подготовки, хранения и сжигания ВУТ применительно к использованию в малой промэнергетике [3].

Технология приготовления ВУТ включает мокрый помол кускового угля в шаровой барабанной мельнице (ШБМ) и последующую кавитационную обработку в роторном генераторе. ШБМ позволяет получить водоугольную суспензию с размером частиц угля до 200 мкм. Кавитационная обработка полученной в ШБМ суспензии уменьшает максимальный размер частиц до 100 мкм, но особенно ценно то, что в ней происходит дополнительное из-

мельчение угля в области малых размеров частиц. Так, содержание частиц размером до 10 мкм в объеме суспензии увеличивается на 10–30%. Дополнительное измельчение угля приводит к увеличению суммарной поверхности горючего материала, что способствует его более интенсивному горению, а кроме того, суспензия приобретает коллоидные свойства и мало расслаивается при хранении даже без стабилизирующих добавок. Сжигание ВУТ осуществляется в специальных муфельных печах путем факельного распыления топлива пневматическими форсунками [3].

На Заводе стеновых блоков *создана теплогенерирующая установка на базе котла КЕ10-13, ориентированная на сжигание ВУТ*. Испытания на разных видах углей (кузнечный марок Д и Г; антрацит; отходы обогащательных фабрик) показали высокую эффективность и надежность технологии. Важной ее особенностью является то, что в виде ВУТ можно сжигать отходы обогащательных фабрик, имеющих высокую дисперсность, зольность и влажность. Существующие технологии сжигания угля непригодны для такого вида топлива, и отходы выбрасываются, загрязняя окружающее пространство. В топочных устройствах на ВУТ сгорание топлива производится при пониженной температуре, и шлакования золы можно избежать. При этом, особенно при сжигании отходов обогащения, образуется много золоотходов. Утилизация этих дисперсных техногенных продуктов является актуальным направлением при решении проблемы комплексного освоения технологии ВУТ.

Пробы для изучения свойств золоотходов от сжигания были взяты в нижней части котла между трубками конвективного пучка, где оседают наиболее тяжелые частицы. Большая часть золоотходов улетает вместе с уходящими газами.

Наименование показателя	Фактическое значение	Требования ГОСТ 25818–91
Содержание СаО, %	6,93	не более 10
Содержание MgO, %	2,28	не более 5
Содержание сернистых и серноокислых соединений в пересчете на SO ₃ , %	0,24	не более 3 – вид I, III, IV; не более 5 – вид II
Содержание щелочных оксидов в пересчете на Na ₂ O, %	2,74	не более 3
Потеря массы при прокаливании (ППП), %	9,5	не более 5–15 – вид IV–II; не более 10 – вид I
Удельная поверхность, м ² /кг: на приборе ПСХ-8А на приборе ПСХ-2	480 450	не менее 150–300 – вид I–IV
Остаток на сите 008, %	12	не более 15–30 – вид IV–I
Насыпная плотность, кг/м ³	530	
Истинная плотность, кг/м ³	2220	
Влажность, %	0,12	
Примеси	нет	
Эффективная удельная активность естественных радионуклидов, Бк/кг	200	

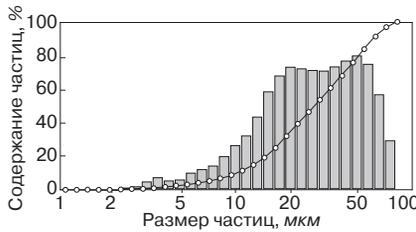


Рис. 1. Распределение частиц золоотхода по размерам

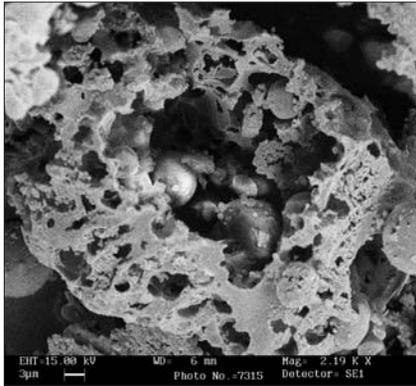


Рис. 2. Микрофотография частицы золоотхода

Исследование усредненной технологической пробы золоотходов проводилось в лаборатории бетонов Института химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева КНЦ РАН с целью оценки эффективности их использования как микронаполнителя бетонов.

Фракционный состав золоотходов, мас. %: 0,63–1,25 мм — 0,47; 0,315–0,63 мм — 1,9; 0,14–0,315 мм — 6,19; менее 0,14 — 91,44. Золоотходы преимущественно представлены зольной частью: содержание частиц менее 0,315 мм составляет около 98%.

Химический состав золоотходов, мас. %: SiO₂ — 44,63; CaO — 6,93; MgO — 2,28; Al₂O₃ — 14,44; Fe₂O₃ — 6,78; FeO — 1,15; TiO₂ — 0,71; Na₂O — 1,58; K₂O — 1,76; P₂O₅ — 0,64; SO₃ — 0,24; C — 8,18; ППП — 9,5.

Основные свойства технологической пробы золоотходов определялись с учетом требований ГОСТ 25818–91 «Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия» и представлены в таблице. Очевидно, что золоотходы соответствуют требованиям для всех четырех видов бетонных и железобетонных конструкций, в том числе работающих в особо тяжелых условиях. Поскольку эффективная удельная активность естественных радионуклидов, равная 200 Бк/кг, не превышает допустимой величины (370 Бк/кг), отход

может использоваться в строительных целях без ограничений.

Дифференциально-термическим анализом выявлен типичный экзотермический эффект при температуре около 500°С, обусловленный наличием в золоотходе коксовых и полукоковых остатков, образующихся из несгоревших частиц угля [4]. На рентгенограммах этого материала идентифицированы дифракционные отражения, соответствующие кварцу, магнетиту, гематиту, муллиту, карбонату кальция, а также силикатам, алюминатам и алюмоферритам кальция.

С помощью лазерного дифракционного анализатора SALD-201V фирмы SHIMADZU изучено распределение частиц золоотхода по размерам (рис. 1): максимальный размер частиц не превышает 90 мкм; при этом около 80% частиц имеет размер менее 45 мкм.

Пористую структуру изучаемого золоотхода иллюстрирует микрофотография, полученная с помощью растрового электронного микроскопа SEM LEO-420. На рис. 2 видно, что частицам золоотхода от сжигания ВУТ свойственна «дырчатая» структура с размером пор в основном до 30 мкм, что объясняет низкую насыпную плотность и высокую удельную поверхность по сравнению с золами, полученными при сжигании угля по традиционной технологии.

Следует отметить, что в изученной пробе золоотходов содержится сравнительно большое количество угольных частиц (C = 8,18%), что свидетельствует о недостаточно полном сгорании угля и подтверждается повышенной величиной потерь при прокаливании (ППП = 9,5%). Это оказывает влияние на насыпную плотность. При более полном сгорании угля насыпная плотность может быть существенно снижена. Так, по результатам испытаний золоотходов, полученных обжигом ВУТ на основе каменного угля шахты Тырганская (г. Прокопьевск, Кемеровская обл.), насыпная плотность снижалась до 220 кг/м³, а удельная поверхность (по ПСХ-8А) составляла 1320 м²/кг [5].

Дальнейшая доводка технологии сжигания ВУТ должна снизить величину несгоревшего угля в золоотходе. Количество угля, обнаруженного в золоотходе и отнесенного к общему количеству угля, составляет незначительную долю и не говорит в целом о большом недожоге угля в виде ВУТ.

Активность золоотхода в качестве микронаполнителя к цементу определялась в соответствии с ГОСТ 25094–94 «Добавки активные

минеральные для цементов» на двух смесях: клинкер+песок и клинкер+зола. Прочность при сжатии образцов контрольного и золосодержащего составов соответственно 4,08 и 10,04 МПа. Рассчитанный по пределу прочности при сжатии критерий Стьюдента (*t*-критерий) составляет 37,81. Это свидетельствует о высокой активности золоотходов от сжигания ВУТ как минеральной добавки для получения бетонов.

В целом результаты проведенных исследований золоотходов от сжигания ВУТ на котельном оборудовании Завода стеновых блоков в Новосибирске свидетельствуют о целесообразности продолжения работ по изучению влияния этого техногенного продукта на свойства бетонов различного функционального назначения и практической реализации разработки. Вместе с тем оптимизация режима сжигания ВУТ на этом оборудовании позволит улучшить технологические показатели и в том числе уменьшить недожог угля.

Список литературы

1. Зайденварг В.Е., Трубецкой К.Н., Мурко В.И., Нехороший И.Х. Производство и использование водоугольного топлива // М.: Издательство Академии горных наук, 2001. 176 с.
2. Трубецкой К.Н., Зайденварг В.Е., Кондратьев А.С. и др. Водоугольное топливо — результаты разработки и перспективы применения в России // Теплоэнергетика. 2008. № 5. С. 49–52.
3. Алексеенко С.В., Мальцев Л.И., Кравченко И.В. и др. Опыт реализации технологии подготовки и сжигания водоугольного топлива в малой теплоэнергетике // В кн. Исследования и разработки Сибирского отделения Российской академии наук в области энергоэффективных технологий. Интеграционные проекты. Вып. 20. Новосибирск. Издательство СО РАН, 2009. С. 279–288.
4. Иванов И.А. Легкие бетоны на основе зол электростанций. М.: Стройиздат, 1986. 133 с.
5. Крашенинников О.Н., Белогурова Т.П., Миханюшина И.А. Изучение золы от сжигания водоугольного топлива как минеральной добавки в бетоны // В кн. Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных и технических материалов. Архангельск: Издательство ГОУ ВПО АГТУ, 2010. С.124–126.

В.И. КАЛАШНИКОВ, д-р техн. наук, К.Н. МАХАМБЕТОВА, канд. техн. наук (techbeton@pguas.ru), Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Коррозионная стойкость цементно-песчаных растворов в агрессивной среде

Чаще всего разрушение штукатурных покрытий происходит из-за воздействия кристаллизационного давления солей в порах материала и образования кристаллогидратов солей или перехода последних в кристаллогидраты с большим содержанием гидратной воды. Это приводит к увеличению объема твердой фазы в порах. Для предотвращения этого явления важно использование гидрофобизирующих добавок, а также комплексных добавок различного действия.

Согласно теории коррозии бетонов и практики получения коррозионно-стойких материалов все коррозионные процессы, их интенсивность определяются, во-первых, возможностью протекания обменных реакций с образованием продуктов коррозии, а во-вторых – скоростью диффузии агрессивных растворов в поры материала [1–3]. Таким образом, если реакция возможна, то высокая плотность и низкая пористость материала в первую очередь определяют развитие коррозии не только с поверхности, но и внутри материала.

Задача состоит в том, чтобы исключить большую внутреннюю поверхность пористых материалов из участия в коррозии путем гидрофобизации пор. Изучение коррозии проводили заведомо на очень пористых цементно-песчаных образцах 6 составов (табл. 1) с соотношением цемент:песок 1:3 при В/Ц=0,7. Состав 1 контрольный; состав 2 – модифицированный метилцеллюлозой МЦ-С в количестве 0,1% массы вяжущего; составы 3 и 4 – соответственно модифицированные редиспергируемыми латексными порошками PAV-29 и PAV-30 с гидрофобным действием; состав 5 – гидрофобизированный

стеаратом цинка в количестве 2% массы вяжущего; состав 6 – комплексный с добавлением всех вышеперечисленных модификаторов при тех же дозировках. Агрессивная среда – 5% раствор сульфата магния.

Из указанных составов были изготовлены образцы-кубы с ребром 2 см, а также балочки размером 2×2×10 см. Малые размеры образцов были приняты с целью ускорения протекания коррозии. Все образцы твердели в нормально-влажностных условиях в течение 28 сут, по истечении которых была определена прочность при сжатии. В дальнейшем одни образцы-кубы находились в воде, другие – в 5% растворе сульфата магния. Во время нахождения образцов в агрессивном растворе производили наблюдения за изменением массы образцов и их поверхностью. После испытания образцов через 300 сут был подсчитан коэффициент коррозионной стойкости каждого состава.

Как следует из таблицы, при экспонировании образцов в растворе сульфата магния в начальные сроки происходит увеличение массы за счет массопоглощения сульфата магния. Контрольный состав имеет массопоглощение уже через 205 сут выше, чем модифицированные составы. Массопоглощение образцов цементно-песчаного раствора, модифицированных комплексными добавками (состав 6), в растворе сульфата магния самое низкое, в 1,4 раза ниже значений контрольного состава. Образцы, модифицированные комплексными добавками, имеют высокий коэффициент коррозионной стойкости – 0,95, в то время как контрольный состав разрушился через 205 сут. Составы, модифицированные индивидуальными добавками и их комплексом, практически не подвержены

Состав	Наименование добавки, дозировка, %	Изменение массы, %, через, сут					Прочность при сжатии после 28 сут твердения в нормальных условиях	Прочность при сжатии после выдерживания в течение 300 сут в воде, МПа	Прочность при сжатии после 300 сут выдерживания в 5% растворе сульфата магния, МПа	Прирост прочности в воде	Коэффициент коррозионной стойкости через 300 сут R_{Mg}^{300}/R^B_{300}
		1	14	28	100	300					
1	Контрольный	4,2	9,5	10,2	10,6	10,7*	25,6	31,57	Разрушились через 205 сут	1,23	–
2	Метилцеллюлоза МЦ-С 0,1%	3,7	8,4	9,6	9,7	9,7*	18,6	21,3	Разрушились через 260 сут	1,14	–
3	PAV-29 1%	3,5	7,8	7,9	8,4	8,5	23,6	32,02	30,1	1,35	0,94
4	PAV-30 1%	3,8	8,8	9,1	9,2	9,2	22,2	28,94	27,2	1,3	0,94
5	Стеарат цинка 2%	2,1	6,7	7,3	7,9	8,1	28,4	32,37	31,4	1,14	0,97
6	Комплексный: МЦ-С (0,1%) + PAV-29(1%) + PAV-30(1%) + стеарат цинка 2%	1,6	7,1	7,4	7,5	7,5	24,8	28,34	26,9	1,14	0,95

Примечание. * Массопоглощение составов 1 и 2 через 205 и 260 сут соответственно.

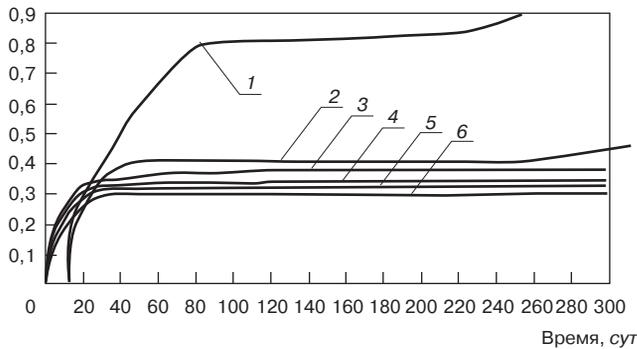


Рис. 1. Деформации набухания цементно-песчаного раствора с различными модифицирующими добавками в 5% растворе сульфата магния: 1 – контрольный состав; 2 – с МЦ-С; 3 – с PAV-29; 4 – с PAV-30; 5 – со стеаратом цинка; 6 – комплексный состав

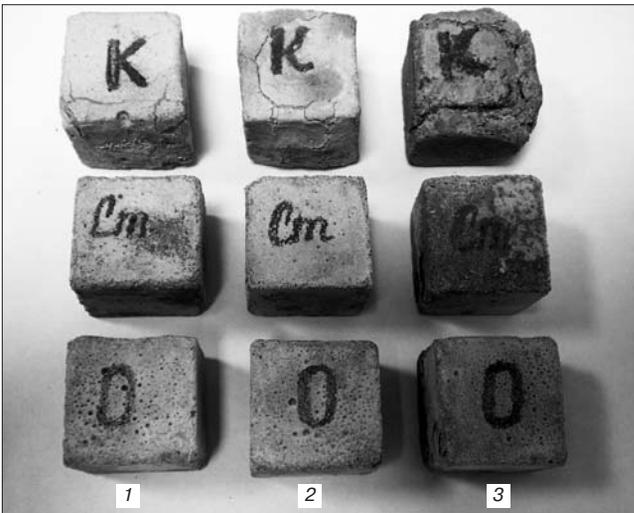


Рис. 2. Вид цементно-песчаных образцов после выдерживания в 5% растворе сульфата магния: 1-й столбец – через 6 мес; 2-й столбец – через 9 мес; 3-й столбец – через 1 год. Обозначения: К – контрольный состав; Ст – состав, гидрофобизированный стеаратом цинка; О – состав с комплексной добавкой

воздействию коррозии из-за отсутствия диффузии агрессивной жидкости в капилляры бетона.

Уменьшение прочности при сжатии от воздействия раствора сульфата магния не столь значительно у образцов со стеаратом цинка. Комплексная добавка также тормозит коррозию от воздействия сульфата магния. Меньшее сопротивление коррозии оказывают образцы, модифицированные метилцеллюлозой. Коэффициенты коррозионной стойкости растворов с другими модифицирующими добавками достаточно высокие и находятся в пределах 0,94–0,97.

Следует отметить, что все составы при нахождении в воде в течение длительного времени (10 месяцев) показали прирост прочности при сжатии.

Параллельно были проведены эксперименты по изучению деформации набухания образцов, изготовленных из составов, представленных в таблице (рис. 1). Набуханию подвергали образцы-балочки размером 20×20×100 мм с забетонированными в торцы нержавеющими реперами для контроля деформаций набухания.

Как следует из рис. 1, самая высокая деформация набухания в растворе сульфата магния отмечена у контрольного состава. Самые низкие деформации набухания в агрессивной жидкости наблюдались у составов с гидрофобизаторами и комплексными добавками (0,3 мм/м). Набухание этих образцов в воде находилось в пределах 0,25–0,28 мм/м.

Таким образом, набухание образцов в агрессивной жидкости сопоставимо с набуханием их в воде. Это свидетельствует о том, что объем образующихся продуктов

реакции $Mg(OH)_2$ и $CaSO_4$ в порах модифицированных растворов незначителен.

На поверхности образцов контрольного состава (рис. 2) видно, что коррозионные процессы начинают развиваться к 6 месяцам. Оценка поверхности образцов контрольного состава, находящегося в течение 1 года в растворе сульфата магния, выявила развитие больших трещин на поверхности, приводящих к саморазрушению (рис. 2, состав К, 3-й столбец).

На поверхности гидрофобизированных стеаратом цинка и комплексным составом после длительного выдерживания в растворе сульфата магния отсутствуют видимые коррозионные разрушения. Поверхность этих образцов ровная и гладкая.

Таким образом, используя лишь одну гидрофобную добавку стеарата цинка, можно добиться коррозионно-стойких штукатурных покрытий в условиях высокоагрессивной магниевой коррозии. Это дает возможность существенно расширить область применения штукатурных покрытий, эксплуатируемых в других солевых агрессивных средах.

Ключевые слова: агрессивная среда, коррозия бетона, гидрофобизация.

Список литературы

1. Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузев Е.А. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. М.: Стройиздат, 1980. 536 с.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: Технопроект, 1998. 768 с.
3. Алексеев С.Н., Иванов Ф.М., Модры С., Шисль П. Долговечность железобетона в агрессивных средах. М.: Стройиздат, 1990. 320 с.

В.С. ИЗОТОВ, д-р техн. наук, Р.А. ИБРАГИМОВ, инженер (Rusmag007@yandex.ru), Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Влияние некоторых гиперпластификаторов на основные свойства цементных композиций

Первым шагом к получению современных высококачественных бетонных смесей и бетонов, характеризующихся высокой подвижностью и прочностью при относительно небольшом расходе цемента, стало появление добавок-суперпластификаторов на нафталин- и меламинформальдегидной основе, позволяющих достичь значительного водоредуцирования при обеспечении достаточной подвижности. Разработка принципиально новых водоредуцирующих добавок на поликарбоксилатной основе значительно увеличила спектр цементных композитов, сделала возможным получение литых и самоуплотняющихся бетонных смесей с минимальным водоцементным отношением ($<0,2$) и высокой прочностью (более 100 МПа). Однако при понижении водоцементного отношения в бетонах возникают особые условия гидратации цемента вследствие дефицита жидкой фазы, что может привести к уменьшению степени гидратации и формированию неоднородной структуры. Кроме того, недостаточно исследованными остаются вопросы, связанные с влиянием поликарбоксилатных пластификаторов на формирование структуры, фазовый состав и морфологию гидратных фаз и, как следствие, на долговечность получаемых материалов [1, 2].

Настоящая работа посвящена изучению особенностей влияния гиперпластификаторов на основе эфиров поликарбоксилатов на свойства цементного камня, раствора и бетона, а также на кинетику тепловыделения и контракцию цементного теста.

Проведены сравнительные испытания следующих широко распространенных пластифицирующих добавок: Мобет марки 2 (далее Мобет-2) (ООО «Бийскхимстройматериалы»); Sika® ViskoCrete®-20 HE и Sika® ViskoCrete®-5Neu (далее Sika 20HE и Sika 5Neu) (компания Sika®), Одолит-Т, Одолит-К, Одолит-KW (ООО «Сервис-Групп»), Remicrete SP10 (компания Schomburg). Произведена оценка их эффективности по сравнению с добавкой отечественного суперпластификатора С-3 (Владимирский завод ЖБК).

Для установления общих закономерностей влияния гиперпластификаторов на свойства цементных композиций в работе использовали портландцемент ПЦ400 Д20 Вольского завода и портландцемент ПЦ400 Д20 Ульяновского завода, состав которых приведен в табл. 1.

Результаты исследований влияния добавок на нормальную плотность цементного теста и сроки схватывания по ГОСТ 310.4–81 (2003) (Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии) показали, что наибольшим водоредуцирующим действием из перечисленных выше добавок обладают добавки Мобет-2, Одолит-К и Одолит-KW в оптимальных дозировках 1–1,4% от массы цемента, при введении которых нормальная плотность цементного теста снижается на 26–27%. Наименьшим водоредуцирующим свойством обладает добавка С-3.

Все добавки замедляют процесс начала и конца схватывания цементного теста. Начало схватывания с добавками гиперпластификаторов через 53–171 мин, а конец схватывания на 37–138 мин позднее по сравнению с контрольным составом, в зависимости от вида и дозировки добавки.

Для определения влияния добавок гиперпластификаторов на водопотребность растворной смеси и физико-механические свойства растворов проведены испытания цементно-песчаного раствора по ГОСТ 310.4–81(2003).

Применялся песок обогащенный с модулем крупности $M_{кр} = 2$. Приготавливались растворные смеси равной консистенции состава 1:3 при распыле конуса 110 мм.

Добавки вводились в растворную смесь с водой затворения. Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Из данных, приведенных в табл. 2, видно, что при введении исследуемых добавок снижается водоцементное отношение растворной смеси на 20–25,7%. При этом наибольшее снижение водоцементного отношения достигается при введении добавок Одолит-К и Одолит-KW в количестве 1,2% от массы цемента (на 25,7%) на Вольском портландцементе, в то время как при введении добавки С-3 водопотребность снижается только на 17%.

Снижение водопотребности растворной смеси приводит к повышению прочности раствора. При этом прочность при изгибе раствора нормального твердения в возрасте 7 сут с добавками значительно выше, чем без них. Например, прочность при изгибе с добавками Одолит-К и Одолит-KW увеличивается на 44–61%; с добавкой С-3 – на 39%; с добавкой Sika 20HE – на 15–42%; с добавкой Sika 5Neu – на 19–43%; с добавками Мобет-2, Одолит-Т и SP10 – на 50–60%, 42% и 60% соответственно.

Таблица 1

Цемент	Процентное содержание главных окислов				Содержание основных минералов				Содержание добавок, %	
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	Опока	SO ₃
Вольский завод	22,55	4,75	4,7	65,04	57	21	4,6	14	8	2,2
Ульяновский завод	22,1	5	9	64	54	20	11	12	9,2	2,8

Таблица 2

Содержание добавок, %							Средняя плотность раствора, кг/м ³	В/Ц	Прочность цементно-песчаного раствора (МПа) в возрасте, сут			
Одолит-К, Одолит-KW	С-3	Sika 20HE	Sika 5Neu	Мобет-2	Одолит-Т	SP10			7		28	
									при изгибе	при сжатии	при изгибе	при сжатии
-	-	-	-	-	-	-	<u>2330</u> 2330	<u>0,42</u> 0,425	<u>4,05</u> 3,98	<u>23,56</u> 23,26	<u>4,96</u> 4,98	<u>29,54</u> 28,94
-	-	0,8	-	-	-	-	<u>2340</u> 2340	<u>0,332</u> 0,344	<u>4,65</u> 4,58	<u>29,04</u> 28,76	<u>5,16</u> 5,01	<u>39,42</u> 39,04
-	-	1	-	-	-	-	<u>2370</u> 2370	<u>0,318</u> 0,323	<u>5,74</u> 5,52	<u>36,3</u> 35,9	<u>6,21</u> 6,09	<u>47,2</u> 46,8
0,8	-	-	-	-	-	-	<u>2370</u> 2370	<u>0,334</u> 0,344	<u>5,82</u> 5,64	<u>39,42</u> 38,85	<u>5,84</u> 5,79	<u>43,2</u> 43,4
1	-	-	-	-	-	-	<u>2370</u> 2370	<u>0,32</u> 0,318	<u>6,54</u> 6,48	<u>51,8</u> 51,3	<u>7,05</u> 6,93	<u>54,2</u> 54,1
1,2	-	-	-	-	-	-	<u>2370</u> 2370	<u>0,312</u> 0,323	<u>6,11</u> 6,05	<u>46,6</u> 46,2	<u>6,39</u> 6,28	<u>49,7</u> 49,4
-	0,8	-	-	-	-	-	<u>2370</u> 2370	<u>0,35</u> 0,353	<u>5,62</u> 5,48	<u>34,7</u> 34,3	<u>5,6</u> 5,4	<u>38,3</u> 38,1
-	-	-	1	-	-	-	<u>2370</u> 2370	<u>0,316</u> 0,319	<u>5,81</u> 5,74	<u>37,2</u> 36,9	<u>6,32</u> 6,28	<u>48,1</u> 48,2
-	-	-	1,2	-	-	-	<u>2370</u> 2370	<u>0,313</u> 0,315	<u>4,84</u> 4,75	<u>29,46</u> 29,34	<u>5,25</u> 5,21	<u>39,9</u> 37,6
-	-	-	-	1,2	-	-	<u>2370</u> 2370	<u>0,32</u> 0,326	<u>6,48</u> 6,32	<u>50,2</u> 47,7	<u>6,95</u> 6,84	<u>54,1</u> 53,8
-	-	-	-	1,4	-	-	<u>2370</u> 2370	<u>0,312</u> 0,318	<u>6,08</u> 6,02	<u>46,3</u> 45,8	<u>6,22</u> 6,18	<u>49,4</u> 49,1
-	-	-	-	-	1,3	-	<u>2370</u> 2370	<u>0,34</u> 0,342	<u>5,78</u> 5,66	<u>35,4</u> 34,9	<u>6,4</u> 5,8	<u>38,8</u> 38,3
-	-	-	-	-	-	1	<u>2370</u> 2370	<u>0,316</u> 0,32	<u>6,52</u> 6,38	<u>50,8</u> 48,9	<u>6,9</u> 6,88	<u>54,2</u> 53,9

Примечание. Над чертой приведены показатели для портландцемента Вольского завода; под чертой – портландцемента Ульяновского завода.

Прочность при сжатии в возрасте 7 сут с добавками Одолит-К и Одолит-KW увеличивается на 67–120%; с добавкой С-3 – на 47%; с добавкой Sika 20HE – на 23–54%; с добавкой Sika 5Neu – на 25–58%; с добавками Мобет-2, Одолит-Т и SP10 – на 110%, 51% и 115% соответственно.

Прочность при изгибе и сжатии раствора нормального твердения в возрасте 28 сут, так же как и в возрасте 7 сут, значительно выше с добавками, чем без них. При этом прочность при изгибе с добавками Одолит-К и Одолит-KW увеличивается на 18–42%; с добавкой С-3 – на 13%; с добавкой Sika 20HE – на 4–25%; с добавкой Sika 5Neu – на 6–27%; с добавками Мобет-2, Одолит-Т и SP10 – на 40%, 29% и 39% соответственно. Прочность при сжатии раствора с добавками Одолит-К и Одолит-KW увеличивается на 46–83%; с добавкой С-3 – на 30%; с добавкой Sika 20HE – на 33–60%; с добавкой Sika 5Neu – на 35–63%; с добавками Мобет-2, Одолит-Т и SP10 – на 81%, 32% и 83% соответственно.

Наилучшие показатели как по водоредуцирующему эффекту, так и по повышению прочности раствора нормального твердения достигаются при введении добавок Одолит-К и Одолит-KW в количестве 1% от массы цемента.

Изучено влияние добавок на физико-механические свойства тяжелого бетона нормального твердения в возрасте 1, 3, 7 и 28 сут. Для эксперимента принят производственный состав бетонной смеси марки М350

с осадкой конуса 8–9 см ($\Pi=450$ кг/м³, $\Pi=595$ кг/м³, $\Pi=1140$ кг/м³). Заполнителями служили обогащенный песок Камского месторождения с модулем крупности 2,7, щебень из гравия Камского месторождения фракции 5–20 мм. Вода добавлялась в бетонную смесь до достижения равной подвижности по ГОСТ 7473–94 «Смеси бетонные. Технические условия».

Содержание добавок в бетонных смесях составило: Одолит-KW – 1%; Одолит-К – 1%; Одолит-Т – 1,3%; С-3–0,8%; Мобет-2 – 1,2%; Sika 20HE, Sika 5Neu, SP 10 – по 1% от массы цемента. Добавки вводились в бетонную смесь с водой затворения. Водоцементное отношение состава без добавок составило 0,46; с добавками Одолит-KW и Одолит-К – 0,33; с добавкой Одолит-Т – 0,35; с добавками Sika 20HE, Sika 5Neu, SP 10, Мобет-2 – 0,34; с добавкой С-3 – 0,39. Контрольные образцы-кубы с размерами 10×10×10 см сразу после изготовления помещались в камеру нормального хранения и испытывались через 1, 3, 7, 28 сут. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что все изучаемые добавки повышают прочность бетона во все сроки твердения. Однако наибольший прирост прочности в первые трое суток обеспечивается при введении добавок Одолит-KW и Одолит-К (на 56%). В указанные сроки при введении добавки С-3 прочность бетона повышается на 28%; с добавкой SP10 – на 55%; с добавками Sika 20HE и Sika 5Neu – на 42% и 44% соответственно; с добавкой Одолит-Т – на 40%; а с добавкой Мобет-2 – на 55%.

Таблица 3

Содержание добавок, %							Средняя плотность бетонной смеси, кг/м ³	Прочность при сжатии (МПа) бетона в возрасте, сут:			
Одолит-Т	С-3	Sika 20HE	Sika 5Neu	Одолит-KW, Одолит-К	SP 10	Мобет-2		1	3	7	28
-	-	-	-	-	-	-	2370	7,52 6,65	18,05 18,5	29,38 24,7	36,8 33,45
1,3	-	-	-	-	-	-	2475	10,83 9,64	25,27 26,09	40,25 35,3	48,57 44,86
-	0,8	-	-	-	-	-	2460	9,78 8,65	23,15 23,68	37,4 31,62	46,4 42,82
-	-	1	-	-	-	-	2475	10,9 9,64	25,7 26,09	41,1 34,83	50,2 46,7
-	-	-	1	-	-	-	2475	11,1 9,9	26 26,45	41,7 35,32	50,9 46,83
-	-	-	-	1	-	-	2475	12,44 11,04	28,25 28,67	44,51 37,8	54,93 51,4
-	-	-	-	-	1	-	2475	12,09 10,7	28,08 28,36	42,16 35,57	52,3 47,59
-	-	-	-	-	-	1,2	2475	12,41 10,78	28,16 28,45	44,36 36,6	54,8 50,3

Примечание. Над чертой приведены показатели для портландцемента Вольского завода; под чертой – портландцемента Ульяновского завода.

В возрасте 28 сут нормального твердения прочность бетона при сжатии с добавками повышается с 36,8 до 54,8 МПа, т. е. на 49%. При этом наибольшее повышение прочности достигается при введении добавок Одолит-KW и Одолит-К в количестве 1% от массы цемента (на 49%). При введении добавки С-3 прочность при сжатии повышается только на 26%; с добавкой SP10 – на 42%; с добавками Sika 20HE и Sika 5Neu – на 36% и 38% соответственно; с добавкой Одолит-Т – на 32%; с добавкой Мобет-2 – на 47%.

Водонепроницаемость бетонных образцов-цилиндров 15×15 см определяли по ГОСТ 12730.5–84 (Бетоны. Методы определения водонепроницаемости); морозостойкость определяли по ГОСТ 10060.3–95 (Бетоны. Дилатометрический метод ускоренного определения морозостойкости). Результаты испытаний бетонных образцов, изготовленных на вольском портландцементе, приведены в табл. 4.

Проведены экспериментальные исследования кинетики тепловыделения при гидратации цемента и контракции цементного теста в присутствии гиперпластификаторов. Для проведения данных исследований по результатам физико-механических свойств бетона были выбраны добавки Одолит-Т, Одолит-К, Одолит-KW и SP10 как наиболее эффективные.

Исследования тепловыделения при гидратации цемента проводились термосным методом с использованием измерительного комплекса «ТЕРМОХРОН DS1921». Выявлено, что добавки Одолит-Т, Одолит-К, Одолит-KW влияют на процессы гидратации в меньшей степени по сравнению с добавкой SP10 как на вольском, так и на ульяновском портландцементе. Все добавки вводились в количестве 1% от массы цемента (рис. 1, а, б).

Контракцию цементного теста с добавками определяли на контракциометрическом тестере активности цемента «Цемент-прогноз». Результаты испытаний приведены на рис. 2, а, б.

Как видно из рис. 2, а, б, процесс контракции цемента с добавками замедляется, вследствие чего удлиняется индукционный период гидратации цемента. Наиболее заметное замедление гидратации цемента наблюдается с добавкой Одолит-KW на ульяновском портландцементе и с добавкой SP10 на вольском портландцементе.

Выводы.

1. Введение в бетонную смесь изучаемых добавок позволяет обеспечить существенное повышение плотности, прочности, водонепроницаемости и морозостойкости бетона.

2. Все изучаемые добавки обладают высокой водоредуцирующей способностью. Так, добавки Мобет-2, Одолит-К и Одолит-KW снижают водоцементное отношение до 29%; добавки Sika 20HE, Sika 5Neu и Одо-

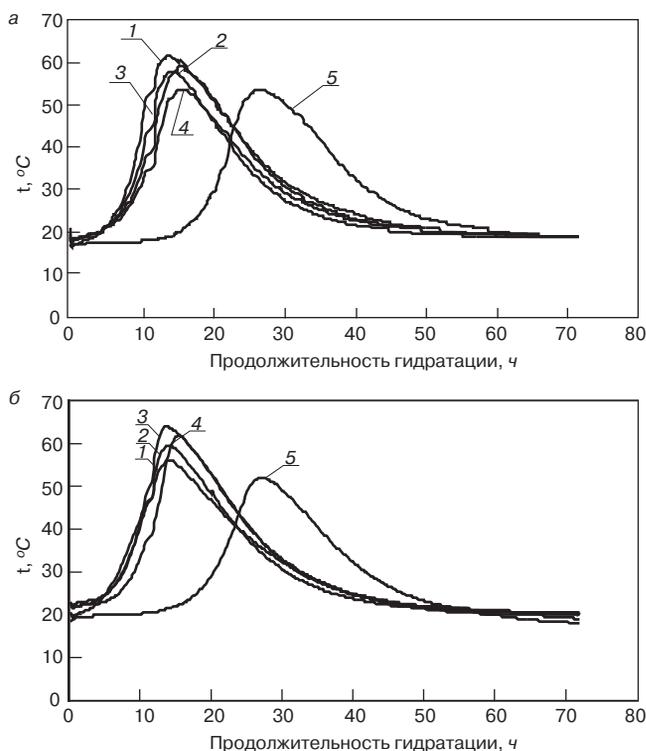


Рис. 1. Тепловыделение при гидратации: а – вольского портландцемента; б – ульяновского портландцемента с гиперпластификаторами: 1 – без добавки; 2 – Одолит-К; 3 – Одолит-Т; 4 – Одолит-KW; 5 – SP10

Таблица 4

Содержание добавок, %						Марка бетона по водонепроницаемости	Марка бетона по морозостойкости
Мобет-2	Sika 20HE, Sika 5Neu	Одолит-К	Одолит-KW	Одолит-Т	SP 10		
–	–	–	–	–	–	W6	F200
1,2	–	–	–	–	–	W12	F500
–	1	–	–	–	–	W14	F500
–	–	1	–	–	–	W16	F500
–	–	–	1	–	–	W20	F500
–	–	–	–	1,3	–	W12	F400
–	–	–	–	–	1	W16	F500

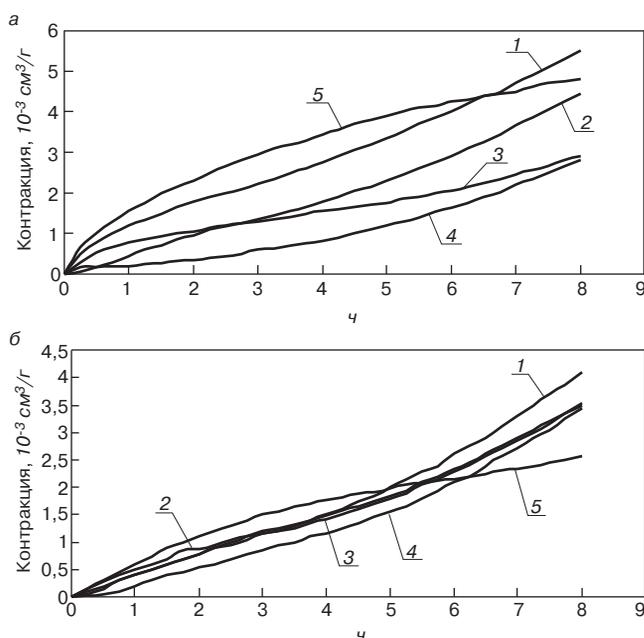


Рис. 2. Контракция цементного теста на: а – Ульяновском портландцементе; б – Вольском портландцементе: 1 – без добавки; 2 – Одолит-К; 3 – Одолит-Т; 4 – Одолит-KW; 5 – SP10

лит-Т – до 24%, в то время как суперпластификатор С-3 – только до 16%.

3. Отличительной особенностью исследуемых добавок является существенное повышение прочности в ранние сроки твердения. Так, через сутки нормального твердения прочность бетона с добавками Одолит-К и Одолит-KW увеличивается на 66%; с добавками Sika – на 45–47%, в то время как с добавкой С-3 – только на 30%. Через 3–7 сут прочность бетона с добавками Одолит-К и Одолит-KW увеличивается на 51–56%, с добавками Sika и SP10 – на 40–42%. Следует отметить, что введением добавок Одолит-К, Одолит-KW, Мобет-2 и SP10 достигается распалубочная прочность, равная 70% от марочной в возрасте 3 сут.

4. Марочная прочность бетона, модифицированного исследуемыми добавками, повышается на 26–50%. Наибольшая прочность бетона достигается при введении добавок Одолит-KW, Одолит-К и SP10 (в 1,5 раза выше, чем бетона без добавки).

5. Водонепроницаемость бетона с новыми добавками возрастает от 3 до 7 ступеней. Морозостойкость модифицированного бетона повышается в 2–2,5 раза (с F200 до F400, F500).

6. Влияние на тепловыделение и контракцию цементного теста с добавками неоднозначно. Но общим для

всех изучаемых добавок является замедление процесса гидратации цемента в ранний период.

Ключевые слова: добавки, гиперпластификаторы, тяжелый бетон.

Список литературы

1. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашиков В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: Издательство АСВ, 2006. 368 с.
2. Изотов В.С., Соколова Ю.А. Химические добавки для модификации бетона. М.: Палеотип, 2006. 243 с.
3. Изотов В.С., Ибрагимов Р.А. Исследование влияния добавок гиперпластификаторов на физико-механические свойства тяжелого бетона // Известия КазГАСУ. 2009. № 2(12) С. 242–245.

Информационно-консалтинговая фирма

«ИТКОР»

Научно-практическая конференция
«Текущее состояние строительного комплекса и перспективы посткризисного развития промышленности строительных материалов в РФ»
16 февраля 2011 г. Москва

В программе:

- Текущее состояние строительного комплекса Российской Федерации
- Деятельность подотраслей промышленности строительных материалов за 2008–2010 гг.
- Стратегия развития промышленности строительных материалов до 2020 г.: обсуждение и предложения по дальнейшему совершенствованию
- Перспективные направления инвестиционной деятельности
- Пути преодоления кризисных явлений в отрасли и перспективы посткризисного развития

Докладчики: ведущие отраслевые аналитики и исследователи рынка строительных материалов; руководители профессиональных Союзов и Ассоциаций стройиндустрии; представители органов исполнительной власти и инвестиционных компаний.

www.ikf-itcor.ru, ikf-itcor@ikf-itcor.ru, itkor@mail.ru
Телефон/факс: (495) 232-47-56

Информационные партнеры конференции
 научно-технические и производственные журналы
«Строительные материалы»® и «Жилищное строительство»

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ® ЖИЛИЩНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

С.П. СИВКОВ, канд. техн. наук, С.Ш. ДАУЛЕТБАЕВА, инженер, Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (Москва)

Влияние модифицированных парафиновых дисперсий на свойства цементных растворов и бетонов

Проблема обеспечения долговечности зданий и сооружений на основе цементных растворов и бетонов весьма актуальна. В процессе эксплуатации бетон подвергается комплексу неблагоприятных воздействий: попеременному увлажнению-высушиванию, замораживанию-оттаиванию, контакту с активными по отношению к цементному камню веществами. Это приводит к его коррозии, выражающейся в уменьшении прочности материала и ухудшении эксплуатационных характеристик изделий.

Процессы коррозии цементного камня связаны с протеканием процессов массопереноса в структуре материала. Чем ниже скорость массопереноса, тем выше коррозионная стойкость цементного камня.

Эффективным способом снижения интенсивности массопереноса является объемная гидрофобизация капиллярно-пористой структуры твердеющего цемента. Гидрофобизация поверхности пор может осуществляться с помощью гидрофобизирующих добавок различной природы, вводимых в состав бетонной смеси на стадии перемешивания компонентов. Одной из таких добавок являются парафиновые дисперсии.

Парафиновая дисперсия ЭРГОВАКС 60 представляет собой стабилизированную эмульсию анионного типа с концентрацией твердой фазы 60 ± 2 мас. %. Преобладающий размер частиц парафина 0,6–1 мкм. В качестве эмульгатора при получении парафиновой дисперсии применяется смесь стеариновой кислоты и диэтаноламина.

Предварительные исследования показали, что прямое введение парафиновой дисперсии в состав твердеющего цемента приводит к интенсивной коалесценции (слиянию) глобул парафина вследствие разрушения стабилизирующих оболочек из-за протекания реакции между стеариновой кислотой и $\text{Ca}(\text{OH})_2$. При этом парафин образует в цементном камне рыхлые хлопьевидные скопления, увеличивающие пористость затвердевшего материала, что вызывает резкое снижение его прочностных характеристик.

Для повышения стабильности парафиновых дисперсий в щелочной среде твердеющего цемента в нашей работе была изучена возможность использования в качестве эмульгатора при синтезе дисперсии пластификатора бетонных смесей Dynamon SG40 на основе модифицированных акриловых полимеров. Данная добавка вводилась в состав дисперсии в количестве 1–3% от массы парафина. Благодаря наличию длинных боковых цепей в структуре полимера возникает так называемый стерический эффект, препятствующий коалесценции парафиновых глобул. Кроме того, пластификатор повышает сродство парафина к кристаллогидратам цементного камня, что способствует более равномерному распределению парафиновых пленок в капиллярно-пористой структуре материала.

Устойчивость модифицированных парафиновых дисперсий в высокощелочных растворах исследовалась методом лазерной гранулометрии. Парафиновая дисперсия добавлялась при интенсивном перемешивании в насыщенный раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Определение среднего размера глобул парафина в растворе осуществлялось периодически, через каждые 5 мин с момента первоначального контакта дисперсии с раствором.

Установлено, что даже по истечении 90 мин с момента добавления модифицированной парафиновой дисперсии к раствору $\text{Ca}(\text{OH})_2$ средний диаметр частиц парафина в дисперсии увеличивается всего на 8–14%, тогда как полная коалесценция глобул парафина в немодифицированной парафиновой дисперсии наблюдалась уже после 2–5 мин контакта с известковым раствором.

Модифицирование парафиновых дисперсий вызывает некоторое снижение гидрофобности образующейся парафиновой пленки. Так, например, краевой угол смачивания капли воды на поверхности парафина уменьшается со $128,3^\circ$ для исходной до $104,5^\circ$ для парафиновой дисперсии, модифицированной 3 мас. % пластификатора. Это может привести к некоторому снижению водоотталкивающих свойств парафиновой пленки. Однако в то же время такое модифицирование повышает сродство парафина к кристаллогидратам цементного камня, что должно привести, в конечном счете к образованию тонкой гидрофобной пленки равномерно покрывающей стенки капиллярных пор в затвердевшем материале.

Гидрофильные группы молекул пластификатора, адсорбированных на глобулах парафина, диссоциируют в водном растворе, придавая глобулам отрицательный заряд. При введении модифицированной парафиновой дисперсии в цементный раствор происходит адсорбция глобул на частицах цемента, имеющих положительный заряд поверхности (рис. 1). При медленном удалении воды из системы твердеющего цемента глобулы парафина постепенно сближаются и начинается их коалесценция. Несмотря на относительно высокую вязкость парафина при нормальных температурах окружающей среды, на поверхности пор постепенно формируется неоднородная по структуре парафиновая пленка, относительно равномерно распределенная в объеме цементного камня.

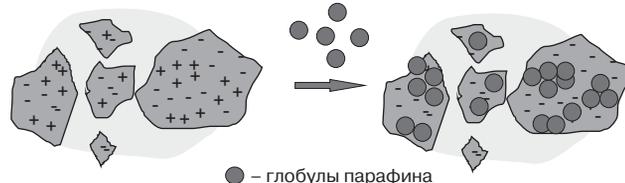


Рис. 1. Схема формирования парафиновой пленки при твердении цемента

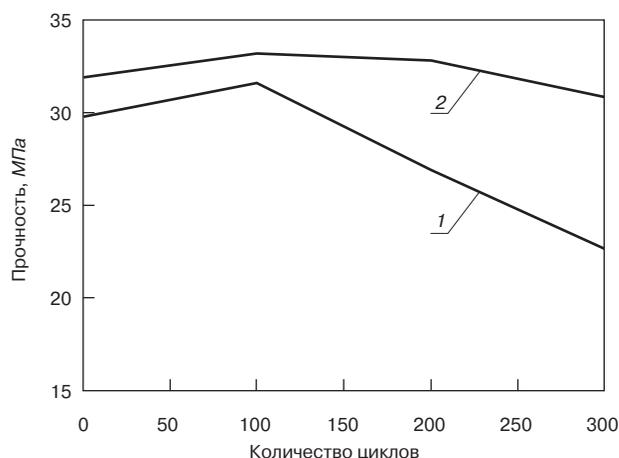


Рис. 2. Влияние попеременного замораживания-оттаивания на прочность бетона: 1 – контрольный; 2 – с добавкой парафиновой дисперсии

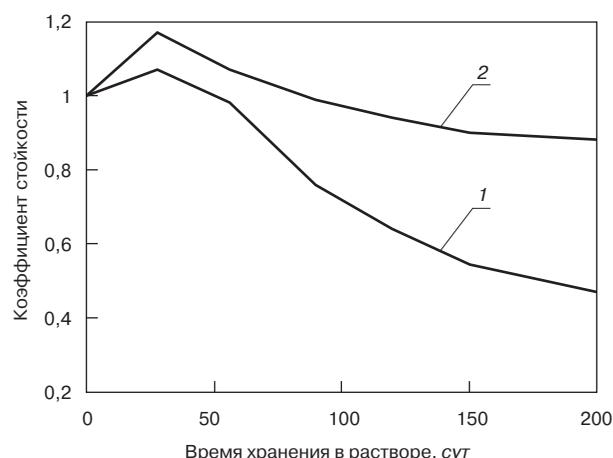


Рис. 3. Коэффициент коррозионной стойкости бетона при хранении в растворе $MgSO_4$: 1 – контрольный; 2 – с добавкой парафиновой дисперсии

Исследовалось влияние парафиновых дисперсий, модифицированных 3 мас. % пластификатора Дунатон SG40, на строительные-технические свойства цемента ЦЕМ I 42,5 ОАО «Себряковцемент». Модифицированные парафиновые дисперсии вводились в состав цемента в количестве 0,5–3 мас. %.

Установлено, что нормальная густота цементов снижается пропорционально концентрации введенной парафиновой дисперсии с 28% для бездобавочного цемента до 21,5% для цемента с 3 мас. % модифицированной дисперсии. Снижение нормальной густоты цемента связано, вероятно, как с присутствием в цементном растворе пластификатора, так и с разжижающим действием самой парафиновой дисперсии. Сроки схватывания цемента с модифицированными парафиновыми дисперсиями увеличиваются в сравнении с бездобавочным цементом в среднем на 15–20 мин.

Введение в состав цемента модифицированной парафиновой дисперсии в концентрации 0,5–1 мас. % приводит к некоторому повышению как ранней, так и марочной прочности цементного камня. Особенно заметно (4,3–9,6 МПа) увеличивается прочность цемента при изгибе в возрасте 3 сут. К 28 сут твердения разница

в прочности при изгибе между бездобавочным цементом и цементом с добавками парафиновых дисперсий уменьшается с 9,4 до 10,6–11,4 МПа. Влияние же парафиновых дисперсий на прочность цементов при сжатии носит иной характер: в ранние сроки твердения прочность цементов с добавками модифицированных парафиновых дисперсий практически не отличается от прочности бездобавочного цемента, однако к 28 сут твердения прочность цемента с добавками дисперсии несколько превышает прочность контрольного состава. Изменяется и характер разрушения материала: от хрупкого к упругопластичному. Это приводит к значительному (в 1,6–2,4 раза) увеличению ударной прочности затвердевшего цементного камня.

Снижение хрупкости затвердевшего цементного камня связано, вероятно, с частичной заменой жестких кристаллизационных контактов между кристаллогидратами цементного камня на более подвижные и деформативные конденсационно-коагуляционные контакты, при которых между кристаллогидратами располагаются тонкие пленки органического вещества – парафина.

Открытая пористость цементного камня с добавками модифицированных парафиновых дисперсий в возрасте 28 сут на 28–44% ниже пористости цементного камня на основе бездобавочного цемента. Вместе с гидрофобным эффектом парафиновых пленок, покрывающих стенки капиллярных пор, это приводит к значительному снижению скорости капиллярного подсоса влаги затвердевшим материалом. В возрасте 28 сут коэффициент капиллярного водопоглощения цементного камня с добавками парафиновых дисперсий составляет всего 2,34 $кг/(м^2 \cdot ч^{1/2})$ против 7,81 $кг/(м^2 \cdot ч^{1/2})$ у контрольного состава.

Таким образом, модифицирование парафиновых дисперсий поверхностно-активными веществами на основе акриловых полимеров позволяет не только повысить стабильность дисперсии в высокощелочной среде твердеющего цемента, но и получить цементный камень с прочностными характеристиками, не уступающими прочности бездобавочного цемента, отличающийся низкой проницаемостью по отношению к коррозионно-активным водным растворам.

На следующем этапе исследовалось влияние модифицированных парафиновых дисперсий на свойства конструкционного бетона класса В30. Для получения конструкционного бетона применялся цемент марки ПЦ 500 Д0 производства ОАО «Себряковцемент», соответствующий ГОСТ 10178–85 «Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия». В качестве крупного заполнителя для получения конструкционно-

Характеристика	Контрольный бетон	Бетон с добавкой модифицированной парафиновой дисперсии
Состав бетонной смеси ($кг/м^3$):		
цемент	370	370
песок	830	830
щебень	970	970
парафиновая дисперсия	–	1,9
вода	229	221
Плотность смеси, $кг/м^3$	2373	2370
Осадка конуса, см	18	18
Время сохранения подвижности, ч	1,5	1,5
Прочность при изгибе (28 сут), МПа	3,6	4,2
Прочность при сжатии, МПа:		
3 сут	19,1	18,1
7 сут	27,8	28,5
28 сут	33,2	34,3
Класс водонепроницаемости (28 сут)	W 6	W 10

го бетона использовали гранитный щебень по ГОСТ 8736–93 «Песок для строительных работ. Технические условия» двух фракций: 5–10 мм (40%) и 10–20 мм (60%). В качестве мелкого заполнителя использовали строительный песок с модулем крупности 2,5, который по ГОСТ 26633–91 «Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия» может использоваться в бетонах класса В 30 включительно.

Для модифицирования парафиновой дисперсии использовался пластификатор бетонных смесей Duponon SG40 в количестве 3% от массы парафина. Модифицированная парафиновая дисперсия вводилась в состав бетонной смеси в количестве 0,5% от массы цемента. Количество воды в составе бетонной смеси подбиралось с целью обеспечения одинаковой подвижности смеси. Составы и свойства бетонных смесей, а также некоторые свойства затвердевшего бетона представлены в таблице.

Как видно из полученных результатов, добавка модифицированной парафиновой дисперсии практически не оказывает влияния на свойства бетонной смеси. Ранняя прочность бетона с добавкой несколько ниже прочности контрольного бетона, однако уже после 7 сут твердения прочность бетона с добавкой парафиновой дисперсии несколько превышает прочность контрольного образца. Благодаря наличию гидрофобной парафиновой пленки на поверхности капиллярных пор непроницаемость затвердевшего бетона увеличивается.

На рис. 2 показано, что морозостойкость бетона с добавками модифицированной парафиновой дисперсии заметно превышает морозостойкость контрольного бетона. Это связано прежде всего с некоторым увеличением количества вовлеченного воздуха при перемешивании бетонной смеси с добавкой дисперсии, так как плотность такой смеси ниже плотности контрольного состава. Однако можно предположить, что гидрофоби-

зация поверхности капиллярных пор в структуре бетона приводит к разрыву сплошности водного раствора в капилляре и образованию воздушных пузырьков. Такие заполненные воздухом участки пор служат демпфирующими емкостями, увеличивающими морозостойкость затвердевшего материала.

Коррозионная стойкость бетона исследовалась путем периодического измерения прочности образцов, хранившихся в воде и в 3% растворе $MgSO_4$. Коэффициент коррозионной стойкости бетона рассчитывался как отношение прочности при сжатии образца бетона, хранившегося в растворе $MgSO_4$, к прочности образца, хранившегося в чистой воде. Результаты исследования представлены на рис. 3.

Повышение коррозионной стойкости бетона с добавками модифицированных парафиновых дисперсий связано со снижением скорости проникновения коррозионно-активного раствора в бетон, а также со способностью бетона с добавками дисперсии к частичной релаксации возникающих внутренних напряжений вследствие замены жестких кристаллизационных контактов между составляющими бетона на более подвижные и деформативные конденсационно-коагуляционные контакты.

Таким образом, введение в состав цементных растворов и бетонов парафиновых дисперсий, модифицированных небольшими количествами пластификатора на основе акриловых полимеров, позволяет не только улучшить распределение парафина в твердеющем материале в виде тонких пленок, покрывающих стенки капиллярных пор, но и значительно повысить морозостойкость и коррозионную стойкость бетона за счет снижения скорости массопереноса в материале.

Ключевые слова: парафиновые дисперсии, коррозионная стойкость, морозостойкость бетона.



Семинар «Штукатурные составы для наружной отделки стен из газобетона»



6 октября 2010 г. в конференц-зале Ресурсного центра Санкт-Петербургского технологического университета прошел семинар «Штукатурные составы для наружной отделки стен из газобетона». Организаторами семинара выступили Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона (НААГ), НОЦ «Центр исследований свойств автоклавных ячеистых бетонов», а также компании Н+Н и AEROC.

В семинаре приняли участие более пятидесяти специалистов, представляющих научные и учебные учреждения, производственные предприятия по выпуску сухих строительных смесей и автоклавного газобетона. Было заслушано более десяти докладов и проведена итоговая дискуссия на тему формализации требований к штукатурным составам для наружной отделки стен из автоклавного газобетона.

В своих докладах выступающие затронули основные вопросы заявленной темы:

- актуальность проблемы наружной отделки стен из газобетонных блоков;
- перечень формализуемых требований и особенности количественной оценки предъявляемых критериев;
- особенности выполнения штукатурных работ, влияющие на характеристики готового покрытия;
- предлагаемые производителями материалы и комплексные составы, предназначенные для выполнения работ по газобетонному основанию, их характеристики и характеристики покрытий на их основе.

По итогам семинара были приняты следующие решения:

1. Составить перечень формализованных требований к штукатурным составам для наружной отделки стен из газобетона.
2. Разработать и апробировать высказанные специалистами рекомендации по отделке газобетонной кладки.
3. Сформировать рабочую группу для выполнения принятых решений.



По материалам Национальной ассоциации производителей автоклавного газобетона

удк 699.86

С.А. ГОЛУНОВ, инженер, А.П. ПУСТОВГАР, канд. техн. наук,
С.А. ПАШКЕВИЧ, Е.В. ДУДЯКОВ, инженеры,
Московский государственный строительный университет

Оценка эффективности современных композиционных фасадных систем с тонкими штукатурными слоями и утеплителем из минеральной ваты

Современное здание – это сложный комплекс различных инженерных систем, конструкций и материалов, к которому предъявляются весьма жесткие требования, не только такие традиционные, как устойчивость к внешним воздействиям, эстетичность и долговечность, но и новые, отвечающие современным представлениям о целях и задачах строительства. Среди них прежде всего, выделяются:

- **энергоэффективность** – максимальное снижение энергопотребления при эксплуатации здания (минимизация затрат удельной энергии на единицу объема);
- **экологичность** – безопасность эксплуатации здания, комфортность проживания в нем в сочетании с экономией топливных ресурсов и снижением вредных выбросов в атмосферу.

Энергия, используемая для обогрева здания, составляет до 70% всей энергии, расходуемой при его эксплуатации. Применение современных энергосберегающих технологий позволяет снизить затраты на обогрев минимум на 50%. Кроме того, выброс в атмосферу вредных веществ, вызванный процессом сжигания топлива, так же значительно сокращается (рис. 1).

Мероприятия по энергосбережению в странах Западной и Центральной Европы проводятся на протяжении последних 30 лет. К 2010 г. энергопотребление на обогрев зданий было снижено более чем в три раза до уровня 64 кВт·ч/м² в год, а к 2020 г. планируется произвести очередное снижение затрат на обогрев жилья и довести их до уровня 500 л усл. топлива на одну семью в год. При этом потери энергии через наружные стены составят около 15 кВт·ч/м².

В России в последние годы также были ужесточены требования по энергопотреблению, предъявляемые как к реконструируемым зданиям, так и к вновь возводимым объектам жилого и общественного фонда. В 1995–1998 гг. произведен пересмотр ряда стро-

ительных норм и правил, касающихся энергосбережения (дополнения № 3 и 4 к СНиП II-3-79*). Новые требования к ограждающим стеновым конструкциям определяют значения приведенного термического сопротивления теплопередаче ($R_{тр}^0$) по стране в интервале значений 2,1–5,6 м²·°С/Вт и делают экономически невозможным применение традиционных стеновых материалов. Например, для Москвы $R_{тр}^0 = 3,16$ м²·°С/Вт, при этом становится очевидным необходимость использования новых энергосберегающих материалов и технологий. Показатели $R_{тр}^0$ для некоторых городов Российской Федерации составляют, м²·°С/Вт:

Краснодар (А) – 2,54;
Орел (Б) – 2,94;
Саратов (А) – 2,94;
Санкт-Петербург (Б) – 3,1;
Пермь (Б) – 3,1;
Пенза (А) – 3,1;
Самара (А) – 3,14;
Москва (Б) – 3,16;
Казань (А) – 3,36;
Екатеринбург (А) – 3,51;
Омск (А) – 3,51;
Новосибирск (А) – 3,67.

Одним из способов решения перечисленных выше задач является технология утепления фасадов зданий с помощью композиционных систем с тонкими штукатурными слоями, в которых за счет адгезии обеспечивается совместная работа наружных штукатурных слоев и утеплителя.

Такие системы помимо существенной экономии на отоплении в значительной степени способствуют повышению качества и комфортности жилья, создают более здоровый и уютный климат, обеспечивая температуру внутренней поверхности наружных стен, практически равную температуре воздуха внутри здания, избавляют

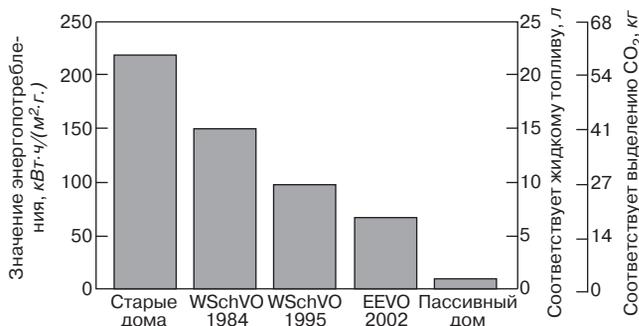


Рис. 1. Динамика энергопотребления зданий в Западной Европе за последние 25 лет

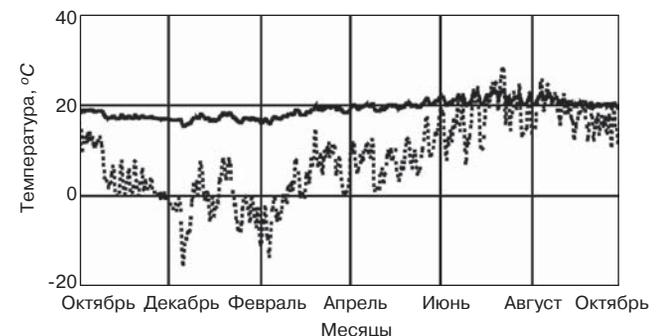


Рис. 2. Температура внешней (пунктирная линия) и внутренней (сплошная линия) сторон стены при системе теплоизоляции с тонкими штукатурными слоями

Основные показатели составов, применяемых в составе СФТК

Наименование показателей	Наименование смеси		
	Клеевой состав	Базовый состав	Финишный состав
Затвердевший раствор			
Усадка, %, не более	0,2	0,2	0,2
Плотность, кг/м ³ , не более	1,7	1,7	2
Прочность на растяжение при изгибе, МПа, не менее	3	4,5	1,5
Прочность при сжатии в возрасте 28 сут, МПа, не менее	7,5	7	3,5
Адгезия к бетону в возрасте 28 сут, МПа, не менее	0,55	0,6	0,3
Адгезия к утеплителю ПСБ-С М25Ф в возрасте 28 сут, МПа, не менее	0,12		Не нормируется
Адгезия к утеплителю ПСБ-С М25Ф в возрасте 28 сут и после 2 сут выдерживания в воде, МПа, не менее	0,08		Не нормируется
Ударостойкость, Дж, не менее	Не нормируется	2	Не нормируется
Водопоглощение по массе, кг/(м ² ·ч ^{0,5}), не более	Не нормируется	0,5	0,5
Сопrotивление паропроницанию, м ² ·ч·Па/мг, не более	0,15	0,15	0,1
Морозостойкость, циклов, не менее	50	75	50
Группа горючести	Не нормируется	НГ	НГ

жилье от сквозняков, делают его прохладнее летом и теплее зимой (рис. 2).

Фасадную композиционную систему теплоизоляции с тонкими штукатурными слоями (СФТК) можно определить как выполненную на строительной площадке комплексную систему, состоящую из промышленно изготовленных производителем составляющих и включающую в себя специфические материалы и элементы, которые выбраны производителем системы и предназначены как для самой системы, так и для основания, на которое она устанавливается.

С 2007 г. в России ведется разработка национальных стандартов в этой области и разработаны первые национальные стандарты, определяющие требования к СФТК, которые вступят в действие с 1 января 2011 г.:

- ГОСТ Р 53785–2010 «Системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями. Классификация»;

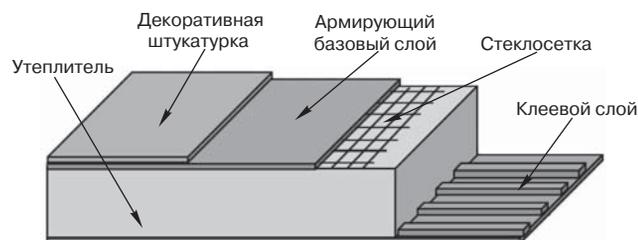


Рис. 3. Принципиальная схема расположения слоев СФТК

- ГОСТ Р 53786–2010 «Системы фасадные теплоизоляционные композиционные с наружными штукатурными слоями. Термины и определения». В настоящее время разрабатываются и другие национальные стандарты по данной тематике.



Рис. 4. Повреждения системы в результате проведения испытаний (замачивание системы, обрушение декоративно-защитного слоя, отслоение базового слоя от утеплителя)



Рис. 5. Повреждения системы в реальных условиях (сквозные трещины декоративно-защитного слоя и базового слоя системы, отслоение базового слоя от утеплителя)

Таблица 2

Основные требования к плитам из пенополистирола марки ПСБ-С М25Ф, применяемого в качестве утеплителя в составе СФТК

Наименование показателя	Требуемое значение
Плотность, кг/м ³	15,1–18
Прочность при сжатии при 10% линейной деформации, МПа, не менее	0,1
Прочность при когезионном отрыве слоев, МПа, не менее	0,1
Предел прочности при изгибе, МПа, не менее	0,18
Водопоглощение за 24 ч, об %, не более	2
Расчетная теплопроводность для всех марок плит, Вт/(м·°С), не более: λ_A λ_B	0,037 0,042
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па), не менее	0,03
Группа горючести	Г1
Время самостоятельного горения материала, с, не более	1

Таблица 3

Основные требования к плитам из минеральной ваты (базальтовое волокно), применяемым в качестве утеплителя в составе СФТК

Наименование показателя	Требуемое значение
Модуль кислотности минеральной ваты, не менее	1,9
pH водной вытяжки, не более	3
Плотность однородного/многослойного утеплителя, кг/м ³ , не менее	130/105–145*
Содержание неволокнистых включений, мас. %, не более	4
Прочность при сжатии при 10% линейной деформации, кПа, не менее	40
Прочность при сжатии при 10% линейной деформации после сорбционного увлажнения, кПа, не менее	35
Прочность при отрыве слоев, кПа, не менее	15
Теплопроводность при условиях эксплуатации А и Б по СНиП 23-02-2003, Вт/(м·°С), не более: λ_A λ_B	0,042 0,046
Паропроницаемость, мг/(м·ч·Па), не менее	0,3
Водопоглощение объемное, не более, %	3
Группа горючести	НГ



Рис. 6. Мобильный стенд климатических испытаний ограждающих конструкций

Композиционная система с тонкими штукатурными слоями состоит из комплекса элементов, каждый из которых выполняет определенную функцию (рис. 3):

- клеевой состав предназначен для крепления теплоизоляционного материала к стеновой конструкции;
- теплоизоляционный материал (минераловатная плита, пенополистирол) обеспечивает требуемые теплотехнические показатели конструкции в целом;
- базовый состав предназначен для устройства основного армирующего клеевого слоя, наносимого поверх теплоизоляционного материала и включающего в себя армирующие элементы;
- армирующие элементы (коррозионно-стойкие стеклосетки, армирующие и усиливающие алюминиевые и пластиковые профили и др.);
- декоративно-защитные финишные покрытия придают архитектурную выразительность фасадам здания и защищают систему от проникновения атмосферной влаги.

Соответственно своему назначению каждый элемент системы должен обладать определенными физико-механическими и теплотехническими характеристиками. В комплексе эти элементы должны обеспечивать максимальную долговечность системы и ее надежную безаварийную работу в период эксплуатации. Это особенно важно потому, что такие системы на протяжении всего срока эксплуатации испытывают значительные природно-климатические нагрузки. Воздействия знакопеременной температуры при различных влажностных показателях и другие неблагоприятные сочетания климатических условий могут привести к нарушению работы системы в целом, ее повреждению или даже к частичному или полному разрушению. По этой причине каждая система теплоизоляции с тонким штукатурным слоем должна обязательно испытываться на устойчивость к вышеупомянутым воздействиям.

Опыт, накопленный в европейских странах в области энергоэффективных ограждающих конструкций, позволил обосновать требования к минимальному сроку службы систем теплоизоляции. Результаты испытаний, проведенных за более чем 20 лет, были обобщены в нормативном документе EOTA (European Committee for Technical Approvals) – ETAG 004 «External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering», который в настоящее время определяет порядок проведения испытаний и сертификации энергоэффективных ограждающих конструкций.

Таблица 4

Расчетное сопротивление теплопередаче стен с утеплителем из пенополистирольных плит ПСБ-С М25Ф. Влажностный режим помещений нормальный. Здания жилые. Расчетный коэффициент теплопроводности для плит марки ПСБ-С М25Ф для зон А и Б соответственно 0,037 и 0,042 Вт/(м·°С)

Тип несущей стены	Плотность, кг/м ²	Расчетный коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С) Зона А/зона Б	Толщина несущей стены, мм	Сопротивление теплопередаче R ₀ , м ² ·°С/Вт	Сопротивление теплопередаче R ₀ , м ² ·°С/Вт, включая утепление при толщине изоляции, мм						
					100	110	120	130	140	150	160
Железобетон	2400	1,92/2,04	180	0,25 0,25	2,63 2,37	2,87 2,59	3,11 2,8	3,35 3,01	3,59 3,23	3,82 3,44	4,06 3,65
			200	0,26 0,26	2,64 2,38	2,88 2,6	3,12 2,81	3,36 3,02	3,6 3,24	3,83 3,45	4,04 3,66
			250	0,29 0,28	2,67 2,41	2,91 2,62	3,15 2,83	3,38 3,05	3,62 3,26	3,86 3,47	4,1 3,69
Газобетон или пенобетон	600	0,22/0,26	200	1,07 0,93	3,45 3,06	3,69 3,27	3,92 3,48	4,16 3,69	4,4 3,91	4,64 4,12	4,88 4,33
			300	1,52 1,31	3,9 3,44	4,14 3,65	4,38 3,87	4,62 4,08	4,86 4,29	5,09 4,5	5,33 4,72
			600	2,89 2,47	5,27 4,59	5,5 4,81	5,74 5,02	5,98 5,23	6,22 5,44	6,46 5,66	6,7 5,87
	800	0,33/0,37	200	0,76 0,70	3,15 2,83	3,38 3,04	3,62 3,25	3,86 3,46	4,1 3,68	4,34 3,89	4,57 4,1
			300	1,07 0,97	3,45 3,1	3,69 3,31	3,92 3,52	4,16 3,74	4,4 3,95	4,64 4,16	4,88 4,37
			600	1,98 1,78	4,36 3,91	4,6 4,12	4,83 4,33	5,07 4,55	5,31 4,76	5,55 4,97	5,79 5,18
Кирпич керамический полнотелый	1800	0,7/0,81	250	0,52 0,47	2,9 2,59	3,13 2,81	3,37 3,02	3,61 3,23	3,85 3,45	4,09 3,66	4,33 3,87
			380	0,70 0,63	3,08 2,76	3,32 2,97	3,56 3,18	3,8 3,39	4,03 3,61	4,27 3,82	4,51 4,03
			510	0,89 0,79	3,27 2,92	3,51 3,13	3,74 3,34	3,98 3,55	4,22 3,77	4,46 3,98	4,7 4,19
Кирпич силикатный полнотелый	1800	0,76/0,87	250	0,49 0,45	2,87 2,57	3,11 2,79	3,34 3	3,58 3,21	3,82 3,42	4,06 3,64	4,3 3,85
			380	0,66 0,6	3,04 2,72	3,28 2,94	3,52 3,15	3,75 3,36	3,99 3,57	4,23 3,79	4,47 4
			510	0,83 0,74	3,21 2,87	3,45 3,09	3,69 3,3	3,92 3,51	4,16 3,72	4,4 3,94	4,64 4,15
Кирпич керамический многопустотный	1400	0,64/0,76	250	0,55 0,49	2,93 2,62	3,17 2,83	3,41 3,04	3,64 3,25	3,88 3,47	4,12 3,68	4,36 3,89
			380	0,75 0,66	3,13 2,79	3,37 3	3,61 3,21	3,85 3,42	4,09 3,64	4,32 3,85	4,56 4,06
			510	0,96 0,83	3,34 2,96	3,57 3,17	3,81 3,38	4,05 3,6	4,29 3,81	4,53 4,02	4,76 4,23

дающих конструкций в странах Европейского союза. Кроме того, действует ряд других нормативных документов (EN 13499, EN 13500), которые также лежат в основе процедуры технической апробации системы и системных материалов.

В России на сегодняшний день не существует официально утвержденной (свод правил, национальный стандарт) методики испытаний, аналогичной описанной выше. Действует лишь временная методика технической апробации фасадных композиционных систем с тонкими штукатурными слоями, определяющая требования к материалам, входящим в состав СФТК, которая выполняется Федеральным центром по сертификации (ФГУ ФЦС). По результатам ряда испытательных процедур, включающих в том числе масштабные пожарные испытания системы (ГОСТ 31251–2008 «Стены наружные с внешней стороны. Метод испытаний на пожарную опасность») и дополнительные испытания отдельных ее компонентов, производитель (поставщик) систе-

мы получает временный документ (срок действия до 3 лет), который носит название «Техническое свидетельство». При этом из-за отсутствия оборудования, позволяющего проводить полномасштабные испытания ограждающих конструкций и систем теплоизоляции, сертификационные испытания и экспериментальные исследования ведутся в основном на малых и средних образцах площадью не более 2 м².

Основными элементами (слоями) фасадной композиционной системы, как уже отмечалось выше, являются:

- клеевой слой;
- слой основного теплоизоляционного материала (минераловатная плита, пенополистирол);
- базовый штукатурный слой, включающий в себя армирующие элементы (коррозионно-стойкие стеклосетки и прочие армирующие элементы);
- декоративно-защитный штукатурный слой.

С точки зрения обеспечения физико-механических показателей СФТК наиболее важной частью системы

**Расчетное сопротивление теплопередаче стен с утеплителем из минераловатных плит.
Влажностный режим помещений нормальный. Здания жилые.
Расчетный коэффициент теплопроводности для минераловатных плит из базальтового волокна
плотностью 140 кг/м³ для зон А и Б соответственно 0,042 и 0,046 Вт/(м·°С)**

Тип несущей стены	Плотность, кг/м ²	Расчетный коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С) Зона А/ Зона Б	Толщина несущей стены, мм	Сопротивление теплопередаче R ₀ , м ² ·°С/Вт	Сопротивление теплопередаче R ₀ , м ² ·°С/Вт, включая утепление при толщине изоляции, мм						
					100	110	120	130	140	150	160
Железобетон	2400	1,92/2,04	180	0,25 0,25	2,95 2,47	3,23 2,69	3,5 2,91	3,77 3,14	4,04 3,36	4,31 3,58	4,58 3,8
			200	0,26 0,26	2,93 2,48	3,24 2,7	3,51 2,92	3,78 3,15	4,05 3,37	4,32 3,59	4,59 3,81
			250	0,29 0,28	2,99 2,5	3,26 2,73	3,53 2,95	3,8 3,17	4,07 3,39	4,34 3,61	4,61 3,84
Газобетон или пенобетон	600	0,22/0,26	200	1,07 0,93	3,77 3,15	4,04 3,37	4,31 3,59	4,58 3,82	4,85 4,04	5,12 4,26	5,39 4,48
			300	1,52 1,31	4,22 3,53	4,5 3,76	4,77 3,98	5,04 4,2	4,53 4,42	5,58 4,65	5,85 4,87
			600	2,89 2,47	5,59 4,69	5,86 4,91	6,13 5,13	6,4 5,36	6,67 5,58	6,94 5,8	7,23 6,02
	800	0,33/0,37	200	0,76 0,7	3,47 2,92	3,74 3,14	4,01 3,37	4,28 3,59	4,55 3,81	4,82 4,03	5,09 4,25
			300	1,07 0,97	3,77 3,19	4,04 3,41	4,31 3,64	4,58 3,86	4,85 4,08	5,12 4,3	5,39 4,52
			600	1,98 1,78	4,68 4	4,95 4,22	5,22 4,45	5,49 4,67	5,76 4,89	6,03 5,11	6,3 5,34
Кирпич керамический, полнотелый	1800	0,7/0,81	250	0,52 0,47	3,22 2,69	3,49 2,91	3,76 3,13	4,03 3,36	4,3 3,58	4,57 3,8	4,84 4,02
			380	0,7 0,63	3,4 2,85	3,67 3,07	3,94 3,29	4,21 3,52	4,49 3,74	4,76 3,96	5,03 4,18
			510	0,89 0,79	3,59 3,01	3,86 3,23	4,13 3,45	4,4 3,68	4,67 3,9	4,94 4,12	5,21 4,34
Кирпич силикатный, полнотелый	1800	0,76/0,87	250	0,49 0,45	3,19 2,67	3,46 2,89	3,73 3,11	4 3,33	4,27 3,56	4,54 3,78	4,81 4
			380	0,66 0,6	3,36 2,82	3,63 3,04	3,9 3,26	4,17 3,48	4,44 3,71	4,71 3,93	4,98 4,15
			510	0,83 0,74	3,53 2,97	3,8 3,19	4,07 3,41	4,34 3,63	4,61 3,86	4,88 4,08	5,15 4,3
Кирпич керамический, многопустотный	1400	0,64/0,76	250	0,55 0,49	3,25 2,71	2,99 2,93	3,79 3,15	4,06 3,38	4,33 3,6	4,6 3,82	4,87 4,04
			380	0,75 0,66	3,45 2,88	3,73 3,1	4 3,33	4,27 3,55	4,54 3,77	4,81 3,99	5,08 4,21
			510	0,96 0,83	3,66 3,05	3,93 3,27	4,2 3,5	4,47 3,72	4,74 3,94	5,01 4,16	5,28 4,39

является армированный базовый штукатурный слой – слой специальной растворной цементно-полимерной смеси, наносимый поверх теплоизоляционного материала. Этот слой армируется коррозионно-стойкими сетками, выполненными из стеклянного волокна и обработанными для придания им щелочестойкости полимерными составами. Он играет решающую роль в определении основных физико-механических характеристик системы в целом.

Базовый слой – основной защитный слой для теплоизоляционного материала воспринимает и перераспределяет все внешние и внутренние нагрузки и воздействия (механическая ударная нагрузка, температурные деформации, усадка и др.). Он также обеспечивает адгезию к утеплителю (ПСБ-С, МВП), высокую эластичность и ударную прочность, низкую усадку, высокую паропроницаемость и низкое водопоглощение.

В случае применения для устройства базового штукатурного слоя материалов, имеющих свойства, не

соответствующие требуемым, а также в случае нарушения технологии нанесения составов вероятность повреждения системы уже в начальный период эксплуатации резко возрастает (рис. 4, 5).

Исходя из практического опыта применения СФТК были определены основные показатели для клеевых, базовых и декоративно-защитных составов, которые обеспечивают их надежную эксплуатацию. Данные показатели используются в том числе и при проведении оценки технической пригодности, выполняемой ФГУ ФЦС (табл. 1).

Для обеспечения теплотехнических показателей требуется применение современных эффективных утеплителей. В настоящее время используются пенополистирол специальной марки ПСБ-С М25Ф и минеральные изделия различной плотности, выпускаемые на основе базальтового волокна. Физико-механические и теплотехнические показатели таких утеплителей приведены в табл. 2 и 3.

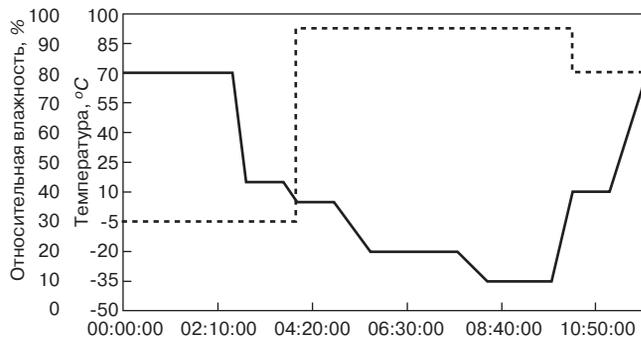


Рис. 7. Схема цикла нагрева-охлаждения и дождевания испытываемой конструкции (12 ч): - - - - влажность; — — — температура

Как видно из приведенных таблиц, пенополистирол является более эффективным утеплителем (табл. 4 и 5). Кроме того, системы, выполненные с утеплителем из пенополистирола, имеют меньшую массу и дают значительную экономию финансовых средств.

Однако главным недостатком пенополистирола является его горючесть. Принятие в 2008 г. Федерального закона № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» еще более ужесточило требования к применению в строительстве материалов, не обладающих показателем НГ (негорючие). Поэтому несмотря на то что во многих западноевропейских странах, странах Азии, Северной и Южной Америки пенополистирол является утеплителем номер один, в России его применение существенно ограничено (пенополистирол применяется только в сочетании с противопожарными рассечками из минеральной ваты). Кроме того, наблюдается тенденция к снижению использования пенополистирола. Таким образом, СФТК с утеплителем из минеральной ваты в настоящее время является наиболее перспективным направлением в утеплении фасадов, а следовательно наиболее интересными с точки зрения экспериментальных исследований.

Требования, предъявляемые к системам, а также методы их подтверждения четко прописаны в разделе 2 ETAG 004 EOTA, который носит название «Руководство по оценке пригодности системы для использования по назначению».

Для обеспечения долговечности документом предусматривается ряд положений.

- Система может не только выдерживать собственный вес, но и будет устойчива к внешним воздействиям. Общее движение конструкции — нормальное смещение основной конструкции не должно приводить к образованию трещин или потере сцепления элементов системы. Таким образом, система с тонкими штукатурными слоями должна противостоять общему движению конструкции по причине нормального изменения температуры или других воздействий по всей поверхности, за исключением соединений, где необходимо предпринимать специальные меры предосторожности.
- Система должна быть устойчива к воздействию комбинированных атмосферных нагрузок, таких как температура, влажность, и обладать механической устойчивостью к давлению и вибрации, вызываемой порывами ветра.
- Система теплоизоляции должна выдерживать применение стандартного сервисного оборудования без какого-либо ее разрушения или порчи наружных штукатурных слоев.

Для обеспечения энергоэффективности документом предусматривается следующее:

Таблица 6

Большой климатический цикл испытаний (12 ч)

Состояние системы	Время выдерживания, мин
Выдерживание при температуре 70°C и влажности 15%	150
Понижение температуры до 15°C	20
Орошение образца водой с расходом 1 л · мин/м ²	50
Понижение температуры до 5°C	20
Выдерживание образца при температуре 5°C и влажности 95%	50
Понижение температуры до -20°C	50
Выдерживание образца при температуре -20°C	120
Понижение температуры до -35°C	40
Выдерживание образца при температуре -40°C	90
Повышение температуры до 10°C	30
Выдерживание образца при температуре 10°C и влажности 80%	50
Повышение температуры до 70°C	50

- система должна обеспечивать требуемое сопротивление теплопередаче в расчетный период календарного года. Требуемый показатель должен выдерживаться, несмотря на изменение температурно-влажностных показателей окружающей среды. Для определения эффективности использования систем с тонкими штукатурными слоями для ограждающих конструкций в целом вводятся следующие важные расчетные показатели: термостойкость, паропроницаемость, влагопоглощение;
- наружные слои системы должны противостоять воздействию осадков в виде дождя и снега, а также предотвращать появления конденсата на стенах внутри помещений;
- температура поверхности стен внутри помещения должна быть приближена к нормируемой температуре внутреннего воздуха для исключения дискомфорта, вызываемого нежелательной конвекцией.

Все вышеупомянутые характеристики должны сохраняться в течение всего срока службы системы.

Для испытания физико-механических свойств фасадных композиционных систем на климатические воздействия и с целью прогнозирования их эксплуатационной надежности и долговечности ETAG 004 EOTA вводит метод испытания полноразмерных образцов систем теплоизоляции. Для проведения испытаний используется специальный стенд, на котором монтируется образец системы площадью не менее 6 м², и мобильная климатическая камера, в которой воспроизводятся различные температурно-влажностные режимы (рис. 6).

Программа климатических испытаний предусмотренных европейским стандартом ETAG 004 EOTA предусматривает следующие циклические воздействия на фасадную композиционную систему с тонкими штукатурными слоями (ETICS):

- 80 летних циклов продолжительностью 6 ч, где 2 ч поддерживается T = 70°C и RH = 10%; 1 ч имитируется дождь при T = 15°C и 2 ч конструкция выдерживается при T = 20°C;
- 5 зимних циклов продолжительностью 24 ч, где 8 ч поддерживается T = 50°C и RH = 10% 16 ч конструкция выдерживается при T = -20°C;

- между циклами конструкция выдерживается 48 ч без каких-либо температурно-влажностных воздействий при $T = 23^{\circ}\text{C}$ и $\text{RH} = 50\%$.

Данный цикл, возможно, отражает климатические характеристики Западной и Центральной Европы, но категорически не подходит для России с ее разнообразием климатических зон и разбросом температур (летние до $+50^{\circ}\text{C}$, зимние до -50°C). При этом методология проведения испытаний, предлагаемая европейским нормативом, может быть применена и для условий РФ.

Методика испытаний, которая предлагается ниже, базируется на циклическом чередовании различных режимов климатических воздействий на ограждающие конструкции: нагрев и дождевое воздействие, имитирующее летние периоды эксплуатации; нагрев и замораживание с быстрой сменой температуры, имитирующее зимние циклы эксплуатации (табл. 6, рис. 7).

Количество циклов испытания определяется исходя из задач исследования. Однако для испытания реальных конструкций принимаются следующие показатели: 75, 100 и 150 циклов. Данное количество циклов условно соответствует долговечности испытываемой конструкции в годах – 10, 15 и 25 лет (при положительном результате испытаний). Возможно проведение испытаний и на большее количество циклов.

При проведении испытаний через заданное число циклов, например, каждый 10-й цикл производится осмотр с классификацией типов изменений наружной поверхности и дефектов образовавшихся в результате климатических воздействий, таких как:

- трещины;
- сколы и отслоения;
- повреждение наружных откосов, углов проемов;
- отшелушивание и осыпание поверхности.

Физико-механические и теплотехнические характеристики, подлежащие контролю, определяются по результатам климатических испытаний в мобильной камере в зависимости от типа исследуемой энергоэффективной ограждающей конструкции. Например, для систем штукатурной теплоизоляции помимо визуального контроля образца обязательному контролю подлежат:

- прочность сцепления слоев ограждающей конструкции;
- ударная прочность;
- устойчивость к перфорации.

Дополнительно могут определяться:

- прочность при сжатии и растяжении при изгибе;
- прочность при растяжении;
- коэффициент теплопроводности;
- влажность материалов конструкции;
- паропроницаемость и др.

Таким образом, очевидно, что выбор конструктивного решения, в том числе и тип используемого утеплителя, и качественное исполнение системы теплоизоляции играют огромную роль в ее надежной работе и существенно влияют на долговечность.

Так же велико влияние на эти показатели качества элементов системы и грамотно выстроенная программа мониторинга системы в процессе эксплуатации. Поэтому необходимость разработки нормативной и экспериментально-технической базы, а также проведение максимально широкого круга экспериментальных исследований в этой области не вызывают сомнения.

Кроме того, совершенно очевидно, что без создания национальной нормативной базы невозможно и решение вопроса энергоэффективности ограждающих конструкций и здания в целом.

Ключевые слова: фасадная система теплоизоляции, испытания СФТК, стандарт ЕТАГ 004 ЕОТА.

**II Международная конференция
НАНОТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧНОГО И ДОЛГОВЕЧНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

14–17 марта 2011 г.

Каир, Египет

Организаторы конференции

Египетско-российский университет (ERU), Национальный исследовательский центр жилья и строительства (HBRC), Ижевский государственный технический университет



Egyptian Russian University
الجامعة المصرية الروسية



Соорганизаторы

Томский политехнический университет, Омский государственный технический университет, Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Московский государственный строительный университет, Российский университет дружбы народов, ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова

Тематика конференции

- Нанокompозиты в строительных материалах
- Нанотехнология в строительстве
- Защита от пожара с помощью наночастиц
- Нанотехнологии в кондиционировании воздуха
- Наноструктурирующие материалы в архитектуре
- Производство лакокрасочных материалов с нанодобавками
- Нанотехнологии в стеклах
- Нанотехнологии для энергоэффективности в зданиях
- Моделирование нанокompозитов
- Модификация наносистемами минеральных вяжущих

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



В Египте:

Профессор **Шериф Солиман**
Египетско-российский университет
Cairo High Road
Badr 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, Россия
ул. Студенческая, д. 7
E-mail: gyakov@istu.ru
Тел.: +7(3412) 59 33 07
Факс: +7(3412) 59 25 55

Е.А. ШЛЯХОВА, канд. техн. наук, А.Ф. АКОПЯН, инженер (a-lex-an-der@yandex.ru), Ростовский государственный строительный университет

Оценка границ применимости сырья для производства шлакощелочных вяжущих

В связи с постоянно нарастающим дефицитом и общей тенденцией к удорожанию портландцемента в стране все более актуальной становится проблема получения эффективных заменителей цемента на базе местных сырьевых ресурсов. С учетом повышенного спроса на цемент цена его к 2008 г. превысила 5000 р./т. В 2009 г. в связи с общим спадом производства цена на цемент снизилась до 3000 р./т. Однако по мере преодоления кризиса и запуска множества инфраструктурных проектов в стране стоимость и дефицит портландцемента будут возрастать [1].

Одним из эффективных направлений получения бесцементных высокопрочных и долговечных вяжущих являются разработанные В.Д. Глуховским и его школой шлакощелочные вяжущие. При этом наиболее изучены и хорошо себя зарекомендовали шлакощелочные вяжущие на основе доменных гранулированных шлаков. На прочностные и другие свойства шлакощелочных вяжущих большое влияние оказывают происхождение, вид и однородность доменного гранулированного шлака, тонкость его помола, вид и количество используемого щелочного компонента, пластичность смеси и другие факторы [2]. Тем не менее, несмотря на разработанную общую теорию шлакощелочных вяжущих, в каждом конкретном случае с учетом особенностей используемой сырьевой базы приходится экспериментально решать возникающие рецептурно-технологические задачи.

Для решения задач проектирования и оптимизации составов многокомпонентных композиций успешно используют методы планирования эксперимента в сочетании с математическим программированием.

Несколько иная задача возникает в случае необходимости определения границ пригодности сырьевых материалов. Решение поставленной задачи возможно на основе сочетания математических методов планирования эксперимента с неформализуемым технологическим анализом полиномиальных моделей и последующим их преобразованием в наглядные геометрические образы исследуемых функций отклика.

Такой подход был использован при оценке пригодности местных материалов для получения шлакощелочных вяжущих и возможной области их применения по прочностным параметрам.

Исследовали доменный гранулированный шлак 8-летнего срока хранения и несиликатный щелочной компонент, являющийся побочным продуктом химической промышленности.

Исследуемый шлак подвергали помолу до заданной величины удельной поверхности совместно с дозируемым количеством щелочного компонента в лабораторной шаровой мельнице. Для определения марочной прочности полученных шлакощелочных вяжущих изготавливали и испытывали образцы в соответствии с ГОСТ 310.4–81.

С использованием трехфакторного плана Бокса–Бенкина [3] определяли влияние на прочность шлако-

щелочного вяжущего расхода щелочного компонента, тонкости помола шлака и пластичности смеси, определяемой по диаметру расплыва стандартного конуса на встряхивающем столике.

Преимуществом используемого трехуровневого плана является его блочная структура, когда в каждом из трех блоков один фактор находится постоянно на нулевом уровне. Это позволяет снизить трудоемкость эксперимента, связанного с помолом шлака. Кодирование факторов и условия их варьирования приведены в таблице.

В результате постановки опытов по указанному плану и соответствующей обработки экспериментальных данных получена полиномиальная квадратичная модель зависимости марочной прочности (R_{28} , кгс/см²) от исследуемых факторов:

$$R_{28} = 455 + 32x_1 + 122x_2 + 17x_3 - 25x_1^2 - 16x_2^2 - 79x_3^2 - 18x_1x_2 + 36x_1x_3 - 44x_2x_3 \quad (1)$$

Проверка соответствующих статистических гипотез по F-критерию Фишера [3] показала, что полученная модель адекватно на 5% уровне значимости описывает зависимость марочной прочности получаемого шлакощелочного вяжущего от значений варьируемых в заданных пределах факторов.

На рис. 1 представлена зависимость изменения марочной прочности шлакощелочного вяжущего от уровня каждого из исследуемых факторов (по сравнению с прочностными показателями в центре плана при нулевых уровнях всех трех факторов). При этом изменение прочности в зависимости от уровня факторов определяли как:

$$\frac{R}{R_0} 100 = [(b_0 + b_i + b_{ii})] 100, \% ,$$

где b_0, b_i, b_{ii} – соответствующие коэффициенты модели (1).

Из рис. 1 видно, что если для факторов x_1 и x_2 (удельная поверхность шлака и расход щелочного компонента) существуют области диапазонов варьирования, обеспечивающие повышение марочной прочности

Условия кодирования и варьирования факторов					
Фактор, вид		Уровни варьирования			Интервал варьирования
Натуральный	Кодированный	-1	0	+1	
Удельная поверхность, см ² /г	x_1	2700	3500	4300	800
Расход щелочного компонента, % R ₂ O	x_2	3	3,5	4	0,5
Расплыв конуса, мм	x_3	102	105	108	3

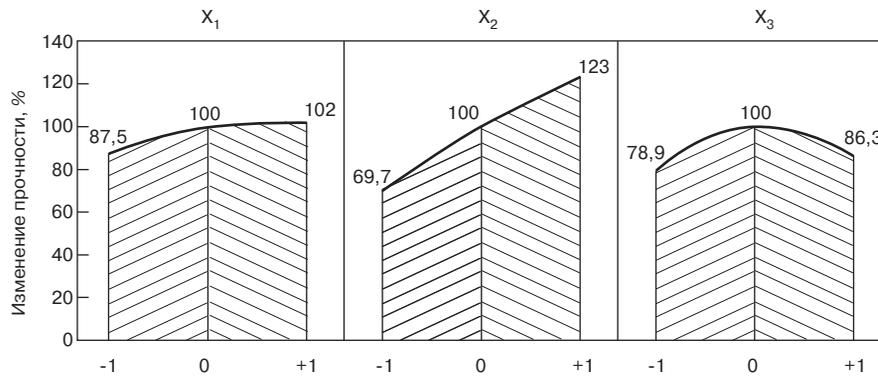


Рис. 1. Изменение марочной прочности вяжущего в зависимости от уровня факторов: x_1 – удельная поверхность шлака ($3500 \pm 800 \text{ см}^2/\text{г}$); x_2 – расход щелочного компонента ($3,5 \pm 0,5\%$); x_3 – распыл конуса ($105 \pm 3 \text{ мм}$)

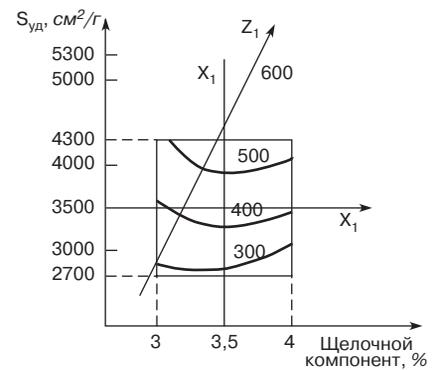


Рис. 2. Геометрический образ функции (3)

шлакощелочного вяжущего, то для фактора x_3 (распыл конуса на встряхивающем столике) при любом отклонении от нулевого уровня (105 мм) в большую или меньшую сторону величина марочной прочности только снижается.

С учетом изложенного было принято решение в модели (1) зафиксировать значение фактора x_3 на нулевом уровне (принять $x_3 = 0$), что позволило перейти к двухфакторной модели второго порядка (2), учитывающей не только уровни варьирования оставшихся факторов x_1 и x_2 , но и эффект их взаимодействия, отражаемый полноквадратичным членом уравнения ($b_{12}x_1x_2$):

$$R_{28} = 455 + 32x_1 + 122x_2 - 25x_1^2 - 16x_2^2 - 18x_1x_2. \quad (2)$$

Модель (2) описывает некую поверхность функции отклика (в данном случае марочной прочности вяжущего) в обычном трехмерном пространстве. Для наглядного представления о характере влияния исследуемых факторов на прочность вяжущего полиномиальная модель (2) методами линейной алгебры [4] приведена к канонической форме:

$$R_{28} = 930 - 30,6z_1^2 - 10,4z_2^2, \quad (3)$$

где z_1 и z_2 – преобразованные факторы x_1 и x_2 при переносе начала координат в центр поверхности отклика и поворота координатных осей до совмещения их с осями поверхности отклика, описываемой моделью (2).

На рис. 2 представлен геометрический образ изучаемой функции отклика, построенный по канонической форме (3). Здесь показаны изолинии марочной прочности вяжущего, спроектированные на факторную плоскость.

Как видно из рис. 2, исследуемые исходные материалы позволяют получить шлакощелочные вяжущие марок 300, 400, 500. При этом для марки 300 шлак должен быть размолот до удельной поверхности не ниже $2750 \text{ см}^2/\text{г}$.

Для получения вяжущего марки 400 удельная поверхность шлака должна быть не ниже $3400 \text{ см}^2/\text{г}$, расход щелочного компонента – 3,5–4%. Вяжущее марки 500 может быть получено, если изучаемый шлак измельчить до удельной поверхности около $4000 \text{ см}^2/\text{г}$. Для получения шлакощелочных вяжущих марок 550–600 на исследуемых материалах требуется более тонкое измельчение шлака до удельной поверхности $4500\text{--}5000 \text{ см}^2/\text{г}$. При этом, поскольку указанные значения выходят за пределы области планирования эксперимента, последнее предположение требует экспериментальной проверки.

Таким образом, полученная модель и ее геометрический образ позволяют наглядно определять границы применимости изучаемых сырьевых материалов для

производства шлакощелочных вяжущих заданных марок прочности.

Ключевые слова: шлакощелочные вяжущие, математическое планирование эксперимента, марочная прочность, границы применимости сырья.

Список литературы

1. Семенов А.А. Финансово-экономический кризис и российский рынок цемента: текущая ситуация и перспективы ближайшего будущего // Строит. материалы. 2009. С. 4–7.
2. Глуховский В.Д. Шлакощелочные бетоны на мелкозернистых заполнителях. Киев: Вища школа, 1981. 223 с.
3. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. М.: Финансы и статистика, 1981. 263 с.
4. Головина Л.И. Линейная алгебра и некоторые ее приложения. М.: Наука, 1971. 290 с.

Новая книга



В.И. Корнеев, П.В. Зозуля

СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ

СОСТАВ, СВОЙСТВА

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2010. – 320 с.

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

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

Стоимость одного экземпляра 900 р. без учета доставки

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

E-mail: mail@rifsm.ru

Б.М. РУМЯНЦЕВ, д-р техн. наук, А.В. ОРЛОВ, инженер (xtz@mail.ru),
Московский государственный строительный университет

Многофункциональные гипсоцеолитовые материалы с повышенной сорбционной способностью

Вопросы экологической безопасности привлекают все большее внимание мировой общественности. По данным Московского НИИЭкологии, в воздухе среды обитания находится более ста химических соединений, опасных для здоровья человека. Это химические испарения краски, лака, мебельного клея, линолеума, пластика, всевозможных напольных покрытий.

Задача современного строительства – создание комфортных условий проживания, которые связаны с созданием: температурно-влажностного режима, акустического комфорта, пожарной безопасности, экологической чистоты, ограничивающих влияние вредных компонентов и радиации. В связи с этим все большее внимание уделяется материалам, обеспечивающим очищение атмосферы (воздуха) при длительных сроках эксплуатации.

Одним из путей решения является использование сорбционных способностей материалов, которые разработаны специально для создания комфортных условий проживания. Учитывая технологические требования, могут быть использованы поризованные гипсовые материалы, которые представляют большой интерес в связи с широкими возможностями в производстве отделочных, стеновых, звукопоглощающих и теплоизоляционных изделий. В качестве сырьевых материалов служат: гипсовое вяжущее, пенообразователь (синтетическое ПАВ), вода; также возможно использование различных корректирующих добавок.

Сочетание низкой средней плотности (350–600 кг/м³) с высокими прочностными показателями (класс по прочности В 1,5–В 3,5) позволяет использовать пеногипсовые блоки и плиты для устройства стен, перегородок и подвесных потолков, защищенных от прямого воздействия влаги, устройства полов и утепления чердачных перекрытий [1].

Поризованные гипсовые материалы обладают высокой сорбционной способностью, что позволяет материалу поглощать (впитывать) посторонние пары или газы из окружающей среды.

В связи с этим было разработано направление, суть которого заключается в следующем: вредные вещества, попадая в молекулярную решетку материала, проходят ионный обмен, таким образом, вредные вещества выносятся из атмосферы. Для эффективного осуществления этого процесса необходимы активные минералы, которые обладают такими свойствами. В качестве решений поставленной задачи является применение цеолитов и других минералов с развитой удельной поверхностью, которые широко применяются для очистки воды, промышленных газов, нефтепродуктов и т. д.

Обычно цеолиты бесцветные или белого цвета, блеск стеклянный, иногда перламутровый. Твердость колеблется в интервале 3,5–5,5 по шкале Мооса. Цеолиты представляют собой хорошо ограненные кристаллы (изометричные, призматические, игольчатые, табличча-

тые) с размерами от долей микрона до 10 см. Их плотность 1,9–2,8 г/см³ насыпная плотность цеолита 0,75–1,2 г/см³ [2]. Цеолиты определяют как трехмерные кристаллические структуры, имеющие однородные поры молекулярных размеров. Из-за разветвленной системы каналов, пронизывающих объем цеолита, их часто называют молекулярными ситами. Основной структурой цеолитов является почти правильный тетраэдр, TO_4 – первичная структурная единица, где Т – атомы кремния или алюминия. Ценность цеолита заключается в его высокой способности к ионному обмену. Высокие показатели по ионному обмену тесно связаны с изоморфизмом цеолита. Необходимым условием таких замещений является близость химических свойств и размеров замещающих друг друга атомов [3].

Предварительные данные показали, что гипсовое вяжущее, обладая устойчивой кристаллической решеткой, хорошо сочетается с тонкодисперсными фракциями цеолита, что обеспечивает развитую поверхность для ионного обмена, а сами материалы в этом случае представляют молекулярные сита с широкими возможностями регулирования их свойств.

Были проведены испытания гипсоцеолитовых образцов. В качестве адсорбируемого вещества был выбран фенол в связи с его летучестью и распространенностью в качестве токсичных выделений из фенольных смол, ДСП и других материалов (возможные варианты веществ, преимущественно растворителей, которые были проанализированы на применимость в этих целях, приведены в табл. 1). Методом рентгенофазового анализа установлено, что в образце, обработанном фенолом, наблюдается несколько достаточно интенсивных линий, которые свидетельствуют о присутствии нового кристаллического вещества, образующегося в результате взаимодействия фенола с компонентами матрицы.

Таблица 1

Наименование растворителей	Формула	Температура кипения, °С	Диэлектрическая проницаемость, ε	Растворимость (в г/л воды)
Фенол	C_6H_7O	135	7,7	83
Этиловый спирт	C_2H_5OH	78,3	25	∞
Ацетон	CH_3COCH_3	56,1	21,3	∞
Пропиловый спирт	C_3H_7OH	97,4	20,7	∞
Этилацетат	$CH_3CO_2C_2H_5$	77,2	6,2	7,9
Диэтиловый эфир	$(C_2H_5)_2O$	34,6	4,3	6,95
Бензол	C_6H_6	80,8	2,3	0,175
Нормальный гексан	C_6H_{14}	68,8	1,9	0,014
Бензин «галoша»	C_xH_{2x+2}	70-98	1,7	Нет

Таблица 2

Измеренный угол сканирования линии на рентгенограмме, 2θ, град	Интенсивность линии на рентгенограмме, мм	Угол с инструментальными поправками, рад	Интенсивность линии в процентах от максимальной, %	Межплоскостное расстояние D, 10 ⁻⁹ м	Результат отнесения линии по эталону (фазовый анализ)	Примечание
11,55	46,5	0,1008	58,9	7,6612	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
12,2	20	0,1065	25,3	7,2545		
13,55	12	0,1182	15,2	6,5346		
14,45	16,5	0,1261	20,9	6,1296		
15,15	11	0,1322	13,9	5,8479		
15,9	9	0,1388	11,4	5,5737		
17	4	0,1484	5,1	5,2154		
18,1	4,5	0,158	5,7	4,9009		
19,4	5	0,1693	6,3	4,5753		
20,65	73	0,1802	92,4	4,3011	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
23,25	15,5	0,2029	19,6	3,8257	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
23,95	4,5	0,209	5,7	3,7154		Близка к фону
25,45	10	0,2221	12,7	3,4997	CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	
28,02	9,5	0,2445	12	3,1843		
29	79	0,2531	100	3,0789	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
29,55	10,5	0,2579	13,3	3,0228	CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	
30,15	5	0,2631	6,3	2,964		Близка к фону
30,98	50,5	0,2704	63,9	2,8865		
31,95	17	0,2788	21,5	2,801		
33,25	35,5	0,2902	44,9	2,6944	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
34,45	7	0,3006	8,9	2,6033		
35,8	11	0,3124	13,9	2,5081	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
36,45	9	0,3181	11,4	2,4649	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
40,55	16	0,3539	20,3	2,2246	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
43,35	29	0,3783	36,7	2,0872	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
44,05	5	0,3844	6,3	2,0556		Близка к фону
45,4	4	0,3962	5,1	1,9976		Близка к фону
46,3	3	0,404	3,8	1,9609		Близка к фону
47,8	15	0,4171	19	1,9028		
48,25	14	0,4211	17,7	1,8861	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
50,25	19	0,4385	24,1	1,8156	CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	Двойная
51,2	12	0,4468	15,2	1,7841		Двойная
53,2	2,5	0,4643	3,2	1,7217	CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	Двойная
55	6	0,48	7,6	1,6695	CaSO ₄ ·2H ₂ O	Двойная
56,73	9	0,4951	11,4	1,6226	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
58,15	4	0,5075	5,1	1,5863	CaSO ₄ ·2H ₂ O	

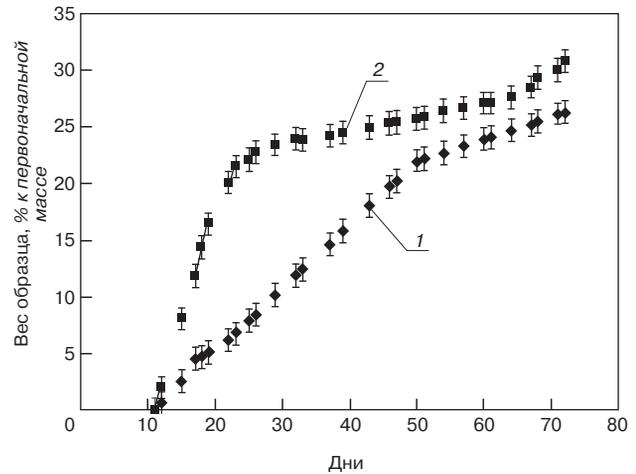


Рис. 1. Изотерма адсорбции: 1 – образец 1; 2 – образец 2

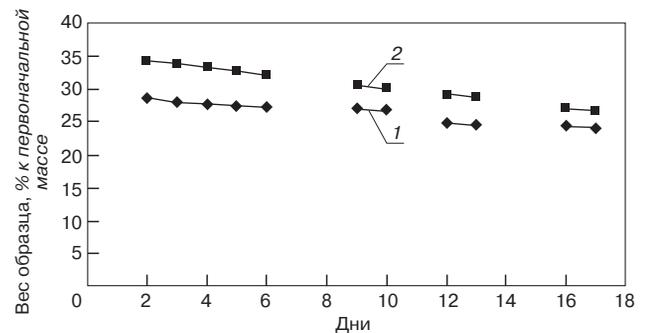


Рис. 2. Изотерма десорбции на воздухе: 1 – образец 1; 2 – образец 2

Путем построения временной зависимости адсорбции по отношению к фенолу выполнены исследования сорбционной емкости гипсоцеолитовых образцов (рис. 1, 2). Показано, что гипсоцеолит обладает высокой сорбционной емкостью по отношению к фенолу. Установлено, что для прогнозирования свойств материала наименее трудоемким является способ определения сорбционной емкости гипсоцеолитового образца по отношению к фенолу. На основании этих данных можно судить о потенциальных гигиенических свойствах гипсоцеолитовых образцов.

На рис. 3 показаны образцы, которые подвергали действию паров фенола (стадия адсорбции) и последующей выдержке на воздухе (стадия десорбции). Образцы имеют разную массу и разную удельную поверхность. Используя этот факт, можно проследить условия пере-

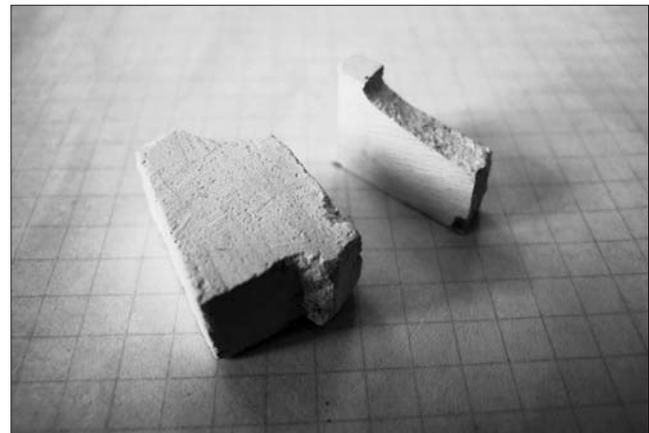


Рис. 3. Образцы, подвергнутые действию паров фенола (стадия адсорбции, рис. 1) и последующей выдержке на воздухе (стадия десорбции, рис. 2)

Таблица 3

Измеренный угол сканирования линии на рентгенограмме, 2Θ	Интенсивность линии на рентгенограмме, мм	Угол с инструментальными поправками, рад	Интенсивность линии в процентах от максимальной	Межплоскостное расстояние D, 10 ⁻⁹ м	Результат отнесения линии по эталону (фазовый анализ)	Примечание
11,55	70	0,1008	55,3	7,6612	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
12,3	126,5	0,1073	100	7,1957	*	
13,55	15	0,1182	11,9	6,5346		
14,45	16	0,1261	12,6	6,1296	CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	
15,8	14	0,1379	11,1	5,6087		
18,3	5	0,1597	4	4,8478		
20,58	88	0,1796	69,6	4,3156	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
21,25	14	0,1854	11,1	4,181	*	
23,33	15	0,2036	11,9	3,8127	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
23,8	4	0,2077	3,2	3,7385		
24,76	45	0,2161	35,6	3,5957	*	
25,4	9	0,2217	7,1	3,5065	CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	
26,5	8	0,2313	6,3	3,3634	*	
28	5	0,2443	4	3,1865		
29	72,5	0,2531	57,3	3,0789	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
31	45	0,2705	35,6	2,8847	CaSO ₄ ·H ₂ O	
31,9	13	0,2784	10,3	2,8053	CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	
33,25	36	0,2902	28,5	2,6944	CaSO ₄ ·2H ₂ O	Близка к фону
34,35	7	0,2998	5,5	2,6106		
35,2	3	0,3072	2,4	2,5495	CaSO ₄ ·2H ₂ O	Близка к фону
35,92	11,5	0,3135	9,1	2,5	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
36,4	10	0,3176	7,9	2,4682	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
37,35	4,5	0,3259	3,6	2,4075	CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	
38,4	4	0,3351	3,2	2,3441	CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	
40,57	18	0,354	14,2	2,2236	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
42,15	4	0,3678	3,2	2,1438	CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	
43,35	28	0,3783	22,1	2,0872	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
44,1	7,5	0,3848	5,9	2,0534	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
45,45	4	0,3966	3,2	1,9955	CaSO ₄ ·2H ₂ O	Близка к фону
46,25	4	0,4036	3,2	1,9629		Близка к фону
47,75	14	0,4167	11,1	1,9046	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
48,3	14,5	0,4215	11,5	1,8842	CaSO ₄ ·2H ₂ O	
49,25	5	0,4298	4	1,8501	CaSO ₄ ·0,5H ₂ O	
50,2	14,5	0,4381	11,5	1,8173	CaSO ₄ ·2H ₂ O	Двойная
51,2	12	0,4468	9,5	1,7841	CaSO ₄ ·2H ₂ O	Двойная
55,1	6	0,4808	4,7	1,6667	CaSO ₄ ·2H ₂ O	Двойная
56,7	10	0,4948	7,9	1,6234	CaSO ₄ ·2H ₂ O	Двойная
58,15	2,5	0,5075	2	1,5863	CaSO ₄ ·2H ₂ O	

Примечание. * Пики, свидетельствующие о структурных изменениях в материале в результате взаимодействия с адсорбентом (фенолом).

хода мономолекулярной адсорбции в полимолекулярную, который у этих образцов должен произойти в разное время.

Запись рентгенограмм проводили на рентгеновском аппарате для структурного анализа ДРОН 2,0 (ТУ-25-07-676–70) с гониометром ГУР5 (главный радиус гониометра 180 мм). Для измерений использовали «Θ – 2Θ» – способ регистрации с расположением образца на главной оси гониометра и излучение медного анода от острофокусной рентгеновской трубки Cu-БСВ-22 с никелевым фильтром. Режим съемки 6 мА, 22 кВ. Коллимационные вертикальные (ограничивающие горизонтальное расхождение пучка рентгеновских лучей) щели имели размер 1 и 0,5 мм. В вертикальном направлении пучок ограничивали горизонтальная щель 6 мм и щели Соллера с угловой расходимостью 1,5 град.

При съемке рентгенограмм угловая скорость счетчика составляла 4 град/мин, скорость счета – 4000 имп/с, постоянная времени интегрирующего устройства – 1 с.

Данные рентгенофазового анализа приведены в табл. 1 и 2. Для проведения анализа использовали эталонные рентгенограммы углеродных материалов.

Из сопоставления эталонных рентгенограмм с рентгенограммой анализируемых образцов видно, что основой (около 70–80% по массе) в них являются фазы двухводного и полуводного сульфата кальция. Кроме того, присутствует фаза, не идентифицированная по эталонным рентгенограммам, что возможно при изменении параметров элементарной ячейки, вещества. Резкое увеличение интенсивности фона на рентгенограмме в области начальных углов регистрации свидетельствует о наличии рентгеноаморфной составляющей, или вещества с сильно искаженной кристаллической структурой. Такое увеличение параметров ячейки наблюдается иногда при образовании клатратных соединений в результате внедрения воды и других веществ или ионов в пространство между атомами рыхлой структуры. Вероятно, этот эффект на рентгенограмме связан с присутствием цеолита. Кроме того, на рентгенограмме гипсоцеолитовых образцов после насыщения фенолом наблюдаются дополнительные линии, которые не присутствуют на рентгенограмме исходного материала.

В качестве изделий, в которых возможна реализация данных смесей, могут быть декоративно-акустические материалы, предназначенные для устройства подвесных потолков. В частности, могут быть расширены возможности гипсовых перфорированных плит, широко применяемых для акустической обработки помещений. Звукопоглощающая способность может быть увеличена за счет применения пеногипсовых материалов.

В настоящее время данная тема очень актуальна в связи высоким химическим и физическим загрязнением внутренней среды помещений. Разрабатываемая технология базируется на теории ионного обмена и может открыть широкие возможности в современном производстве строительных отделочных материалов.

Ключевые слова: *цеолиты, сорбционная способность материалов, поризованные гипсовые материалы, декоративно-акустические материалы.*

Список литературы

1. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение): Справочник / Под редакцией А.В. Ферронской. М.: Издательство АСВ, 488 с.
2. Жданов С.П., Хвоцев С.В., Самулевич Н.Н. Синтетические цеолиты. М.: Химия. 1981. 264 с.
3. Кубасов А. А. Цеолиты – кипящие камни // Соросовский образовательный журнал. 1998. № 7. С. 70–76.

СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
СКБ СТРОЙПРИБОР
ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



Реклама
 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

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

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

ПСО-10МГ4 КЛ

испытание прочности сцепления в каменной кладке

предельное усилие отрыва 15 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")

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

АДГЕЗИМЕТРЫ

ПСО-МГ4

испытание прочности сцепления покрытия с основанием

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

ИЗМЕРИТЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"

стационарный и зондовый режимы

диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ

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

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

ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01
термогигрометр

диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С

ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ

ИТП-МГ4.03 "Поток"

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

диапазон 10...999 Вт/м²
-40...+70 °С

ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ

ВЛАГОМЕР-МГ4

для измерения влажности бетона, сыпучих, древесины

диапазон 1...45 %

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 ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

ИПА-МГ4

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

ДИНАМОМЕТРЫ

ДМС-МГ4 / ДМР-МГ4
эталонные

сжатия / растяжения
предельная нагрузка 1...1000 кН

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.

Высокофункциональный бетон – модный термин или философия бетона нового поколения?

7–8 октября 2010 г. в Москве состоялась конференция «Высокофункциональный бетон», организованная Центром бетонных технологий (Санкт-Петербург) и Ассоциацией «Железобетон» (Москва) при участии Дрезденского Технического Университета и Национального исследовательского университета МГСУ. По традиции формат конференций Центра бетонных технологий включал мастер-класс, который провел профессор Дрезденского Университета, директор института строительных материалов В.С. Мецгерин. Модератором конференции выступил вице-президент Ассоциации «Железобетон», профессор кафедры технологии вяжущих веществ и бетонов МГСУ В.П. Фаликман.



В 1986 г. мировым научным сообществом впервые была сформулирована концепция **высокофункциональных, высококачественных бетонов (High Performance Concrete, HPC)**. Под такими бетонами понимают бетоны, соответствующие специальным требованиям к функциональности и универсальности. По оценкам японских исследователей, прогнозируемый срок службы HPC достигает 500 лет.

В настоящее время требования к высокофункциональным бетонам, среди которых высокая прочность, включая высокую раннюю прочность, стабильность объема, высокое сопротивление истираемости, низкая проницаемость по отношению к воде и химическим ионам, высокая химическая стойкость, высокая морозостойкость, бактерицидность, фунгицидность и другие характеристики, включены в ряд национальных стандартов, а также в руководящие документы международных организаций: RILEM, fib, ASCE, ACI.



Дальнейшее развитие бетоноведения как науки тесно связано с новыми представлениями, которые часто усиливаются экономическими критериями. Вновь разрабатываемые бетоны с повышенным содержанием гранулированного шлака, золы-уноса, золы ривсовой шелухи, метакрилина, других активных минеральных добавок и техногенных отходов в той или иной степени учитывают требования концепции HPC. Объективно это и требования современного рынка бетона, нацеленные на всемерное снижение эксплуатационных затрат и инвестиционных рисков при строительстве сложных инженерных объектов.

Выдающимися примерами реализации концепции HPC являются построенная в 1995 г. в Норвегии платформа для добычи нефти на месторождении Тролл в Северном море, рассчитанная на воздействие ураганного шторма с максимальной высотой волны 31,5 м при сроке эксплуатации платформы 70 лет. Аналогичные платформы построены на океаническом шельфе Северного Ледовитого океана в 200–400 км от берегов Аляски, эксплуатирующиеся в зоне сплошного многолетнего ледового покрова, подвижки которого развивают огромные сдвигающие усилия. Также можно назвать мост через пролив Акаси в Японии с центральным пролетом 1990 м, мост через пролив Нордамберленд в Восточной Канаде со сроком службы 100 лет длиной 12,9 км, сооруженный на опорах, которые погружены в воду на глубину более 35 м, и другие уникальные сооружения. Конечно, что для возведения столь ответственных конструкций и сооружений **необходимы новые материалы, новая технология бетона и железобетона, новая культура производства и мышления.**

В России в настоящее время уже ведется и планируется строительство многих сложных в конструктивном отношении, ответственных и эксплуатируемых в жестких условиях объектов. Это высотные здания в разных регионах страны, спортивные комплексы, транспортные сооружения, гидротехнические и промышленные объекты. Реализация поставленных задач диктует необходи-



Век жизни, век учись

За полвека моего участия во множестве конференций, конгрессов и других мероприятий я впервые получил от одного докладчика столь масштабную, профессионально насыщенную в теоретическом и прикладном плане информацию. Материал, названный В.С. Мещериным мастер-классом, содержал восемь разделов, раскрывающих концепцию и реализацию высокофункционального бетона (ВФБ). Были затронуты технико-экономические и даже юридические аспекты.

Концепция ВФБ (High Performance Concrete – HPC), детально описанная канадским ученым П.-К. Айчином (Aitcin P.-C. High Performance Concrete. E FN Spon. 2004. 140 p.), отражена иллюстративно на рисунке. На первый, но просвещенный взгляд, – ничего принципиально нового. Однако следуя известному английскому принципу «There is no knowledge without terminology», обратимся к терминологии, которую в настоящее время нельзя считать устоявшейся.

Профессор П.-К. Айчин определяет ВФБ как инженерный (технический) материал, в котором одно или более его специфических свойств улучшены путем обоснованного отбора компонентов, проектирования состава, а также тщательного ухода за затвердевшим бетоном. Другое относительно новое определение ВФБ – материал, соответствующий не обычным стандартам, а самым высоким из установленных стандартов, которые не ограни-

чиваются, к примеру, только высокой прочностью, так как не все высокопрочные бетоны являются высокофункциональными. При этом на любом этапе приготовления, транспортирования, укладки, твердения, ухода и эксплуатации должны достигаться самые высокие показатели функциональности и технологичности. Естественно, что это трудно или невозможно достичь традиционными путями.

Поиск определения, адекватного этому типу бетона нового поколения, имеет принципиальное, философское значение. Ведь только в русскоязычном толковании «примерялись» различные термины – высококачественный, высокотехнологичный и даже высокодолговечный бетоны. Как представляется, определение «высокофункциональный бетон» собирательно объединяет все перечисленные выше.

В.С. Мещерин привел убедительные примеры использования ВФБ в уникальных объектах, рассмотрел принципы обеспечения плотной упаковки в объеме бетона, возможности проектирования составов с учетом параметров долговечности согласно Е 206-1, выделяя морозостойкость, карбонизацию, суровые условия эксплуатации. Важен акцент на современные методы физико-химических исследований и физико-механических испытаний. Микроструктура была отведена, что абсолютно справедливо, определяющая роль. Не совсем, на наш взгляд, обосновано обращение к модели цементного теста Пауэрса, которая была разработана для традиционных бетонов в середине прошедшего столетия. А вот внимание к аутогенной усадке в связи со стремлением понизить В/В до $\approx 0,3$ и обращение к эффективным средствам так называемого «внутреннего ухода» за твердеющим бетоном – вполне оправданы, также как и к альтернативному способу оценки морозостойкости.

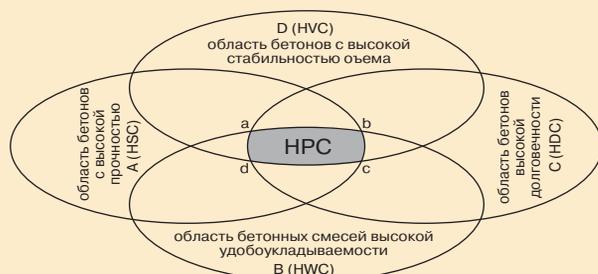
Судя по другим докладом, термин ВФБ, воспринят научно-технологической общественностью с энтузиазмом.

Искренне желаю организаторам конференции расширения аудитории мероприятия.



А.В. Ушеров-Маршак,

д-р техн. наук, профессор ХГТУСА



Концепция высокофункциональных бетонов

HPC ∈ [A(HSC), B(HWC), C(HDC), D(HVC), E(ECF)], ECF – факторы экономических ограничений; A~E – корреляция факторов.

мость аккумуляции знаний и широкое использование международного и отечественного опыта.

В связи с этим формат конференции с мастер-классом, который практикует Центр бетонных технологий, стал весьма привлекательным как для специалистов-практиков, так и для студентов и преподавателей строительных вузов. В работе конференции приняли участие около 90 специалистов в области бетона из Краснодара, Новороссийска, Тюмени, Красноярска, Владивостока, Санкт-Петербурга, Москвы, Харькова, Киева и других городов.

Мастер-класс В.С. Мещерина на тему «Высокофункциональный бетон» был завершающим из цикла мастер-классов, прошедших в 2009–2010 гг.

Основные вопросы, рассматриваемые на конференции, касались как общей концепции высокофункциональных бетонов, так и областей их применения. Подробно были освещены методика повышения прочности и плотности бетона, улучшения его структуры, особенности проектирования состава высокофункционального бетона, проектирование бетонов по параметрам долговечности, возможности снижения аутогенной усадки, морозостойкость высокофункциональных бетонов, альтернативные методы повышения морозостойкости и различные методы испытаний.

Большой интерес вызвали доклады специалистов, которые уже имеют практический опыт работы с высокофункциональным бетоном. Например, начальник строительной лаборатории ПСФ «Крост» Е.П. Борисов рассказал об особенностях применения высокофункциональных бетонов при возведении панельных домов.

Заместитель директора ООО «Предприятие Мастер-Бетон» А.В. Шейнфельд сделал доклад «Технико-экономическая эффективность применения высокофункциональных бетонов в конструкциях высотных комплексов на ММДЦ «Москва-Сити», в котором был рассмотрен опыт сопровождения строительства уникального объекта. Доклад директора направления «Добавки в бетоны» компании ООО «Эм-Си Баухеми Раша» П.Н. Васильева был посвящен разработке и применению на строительстве градирен в Германии кислотостойкого бетона. Об опыте группы Lafarge в создании высокотехнологичных бетонов рассказала Н.В. Стржалковская, руководитель департамента технического маркетинга ОАО «Лафарж Цемент».

Участникам конференции была предоставлена уникальная возможность посещения строительной площадки ММДЦ «Москва-Сити». Техническую экскурсию по объекту, организованную при содействии компании «Аква-Сити Палас» и вице-президента РААСН В.И. Травуша, провел А.В. Шейнфельд. Группа поднялась на 58 этаж строящегося комплекса «Аквапарк», что позволило оценить масштаб строительства всего Московского Международного Делового Центра.

Обсуждая доклады, обмениваясь информацией и собственным производственным опытом, коллеги отмечали, что предложенный организаторами формат конференции очень удобен, так как позволяет завязать новые деловые контакты, пополнить багаж теоретических знаний, получить информацию о разработке нормативных документов и др.

Центр Бетонных Технологий приглашает специалистов строительной отрасли принять участие в конференциях и семинарах 2011 г., с планом проведения которых можно ознакомиться на сайте www.beton-center.ru.

К.С. ИВАНОВ, канд. техн. наук, Институт криосферы Земли СО РАН (Тюмень) ;
С.С. РАДАЕВ, канд. техн. наук,
Тюменский государственный архитектурно-строительный университет

Обжиговый теплоизоляционный материал из диатомита и щелочи

В настоящее время пеностекло является одним из самых прогрессивных теплоизоляционных материалов, отвечающим всем современным требованиям, сочетающим в себе легкость, высокую прочность и изолирующую способность. Негорючесть, высокая химическая стойкость, низкое водопоглощение и неограниченный срок службы (в отличие от органических и волокнистых утеплителей) существенно расширяют область применения пеностекла, делая его эталоном среди теплоизоляционных материалов [1, 2]. Однако, несмотря на ряд преимуществ, пеностекло по-прежнему остается дорогостоящим, малораспространенным материалом, применяемым в основном в ответственных случаях, например в ядерной энергетике. Это во многом вызвано особенностями производства пеностекла. Так называемый порошковый метод, включающий такие энергоемкие операции, как получение стеклогранулята в специальных печах и его тонкое измельчение, был разработан в конце 1930-х гг. и до настоящего времени не претерпел изменений [3]. Кроме того, основное сырье – стеклобой есть не везде и его сбор не налажен должным образом. Поэтому задача получения пеностекла (и аналогичных ячеистых материалов [4]) по более простой энергосберегающей технологии является актуальной и на пути ее решения важную роль играет использование природного минерального сырья и отходов производства [4–7]. Цель данной работы – исследование возможности получения теплоизоляционного ячеистого материала со свойствами пеностекла на основе диатомита и щелочной добавки.

Наша страна обладает колоссальными запасами опаловых пород – диатомитов, трепелов и опок. Это миллиарды тонн уникального сырья, расположенные во многих регионах (особенно ими богат север Тюменской области). Эти ресурсы в настоящее время практически не используются, хотя залегают практически на поверхности.

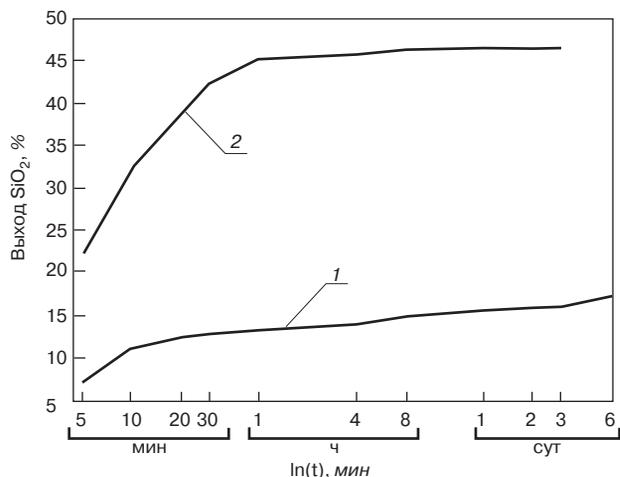


Рис. 1. Кинетика выхода SiO₂ в смеси с соотношением S:L=2,3:1 при: 1 – 20°C; 2 – 95°C

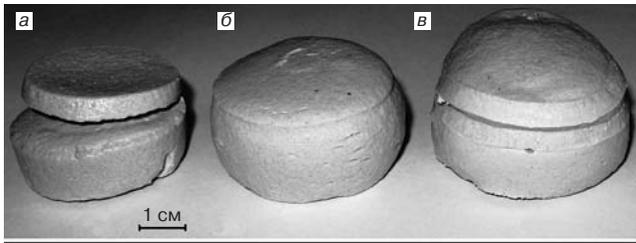
В основе идеи получения материала лежит процесс выщелачивания аморфного SiO₂ из опаловых пород раствором щелочи. Этот хорошо известный метод получения жидкого стекла [8] не нашел широкого применения из-за образования нерастворимого осадка и трудности его отделения. Авторы установили, что этот остаток является не примесью, а наоборот, важным компонентом сырьевой смеси, так как помимо аморфного SiO₂ содержит в своем составе значительное количество глинистых примесей. Растворимые щелочные силикаты способствуют переходу смеси в пиропластическое состояние при более низкой температуре, образуя легкоплавкие эвтектики [9], а выделяющаяся из глинистых минералов нерастворимого осадка кристаллизационная вода вспучивает смесь.

Исследования проводились с использованием диатомита Камышловского месторождения Свердловской области. Рентгеноструктурный анализ проб породы указывает на высокую степень аморфизации диатомита [10]. Кристаллическая фаза в основном представлена β-кварцем и монтмориллонитом. Порода имела следующий химический состав, мас. %: SiO₂–75,1; CaO–0,5; MgO–0,4; Al₂O₃–8,9; Fe₂O₃–3,3; FeO–0,3; TiO₂–0,4; Na₂O+K₂O–1,9; SO₃–1,2; ППП–8.

Куски породы размером менее 10 см высушивались до постоянной массы при 100°C и размалывались в порошок с размером частиц менее 0,63 мм. Щелочной добавкой служил 40% раствор NaOH. Смесь с соотношением диатомит : раствор NaOH (S:L), равным 2,3:1, перемешивалась вручную в сферической чаше в течение 15 мин и выдерживалась в закрытых металлических емкостях при 20 и 95°C. Такое соотношение S:L было принято из расчета, что диатомит содержит 40% аморфного кремнезема, дающего растворимый щелочной силикат с силикатным модулем m=3. Определение выхода SiO₂ (от массы сухого диатомита) после выщелачивания и массу смеси проводилось согласно методике [11].

После выщелачивания путем прессования при давлении 2 МПа из смеси изготавливались цилиндрические образцы диаметром и высотой соответственно 3,4 и 1,6 см. Также при помощи тарельчатого гранулятора изготавливались гранулы диаметром 5–8 мм. Высушенные до постоянной массы при 100°C образцы и гранулы подвергались обжигу в открытых металлических формах по схеме: скорость нагрева 25°C/мин, выдержка при 775°C в течение 20 мин, остывание вместе с печью (~1°C/мин). При обжиге гранулы вспучивались и спекались между собой, образуя сплошной массив, из которого выпиливались образцы-кубы с ребром 30 мм. Теплопроводность материала определялась с помощью прибора ИТП–МГ 4.

Предварительные эксперименты показали, что процесс вспучивания смеси диатомита и щелочи во многом зависит от выхода SiO₂ после выщелачивания. Поэтому на первом этапе работы исследовали кинетику выщелачивания SiO₂ при разной температуре. Рис. 1 показывает, что повышение температуры до 95°C значительно ускоряет этот процесс. Через 30 мин выдержки при 95°C выход SiO₂



Выход SiO ₂ , %	Плотность, кг/м ³
13,3	550
32,5	350
42,5	280

Рис. 2. Фото образцов и влияние выхода SiO₂ на плотность: а – 60 мин. при 20°С; б – 10 мин при 95°С; в – 30 мин при 95°С

в смеси в 3,3 раза выше, чем за то же время при 20°С, и составляет 42,5% против 12,9%. После 1 ч согласно кривой 2 на рис. 1 выход SiO₂ увеличивается незначительно.

Следует отметить, что кинетика выхода SiO₂ существенно зависит от концентрации раствора щелочи и соотношения S:L. В работе [8] при 90°С и S:L=1:8 максимальный выход SiO₂ в 1N растворе NaOH был достигнут через 4 ч, тогда как в нашем случае SiO₂ выщелачивается практически полностью уже через 1 ч.

Для определения влияния величины выхода SiO₂ на вспенивание образцов из смеси после термообработки с разной продолжительностью были изготовлены цилиндрические образцы, фото которых после обжига представлено на рис. 2. Видно, что объем и плотность образцов напрямую зависят от выхода SiO₂. По-видимому, увеличение массы с ростом выхода SiO₂ приводит к росту количества жидкой фазы в смеси при обжиге и (или) более раннему ее появлению, что и способствует более полному вспучиванию. Таким образом, роль плавня играет не щелочь, а растворимый щелочной силикат. Это подтверждается тем, что при обжиге образцы, заформованные сразу после смешивания компонентов, не вспучиваются и растрескиваются. Замена щелочи сухим метасиликатом натрия (Na₂O·SiO₂·9H₂O) с добавлением эквивалентного количества воды вновь приводит к вспучиванию образцов.

Увеличение времени выдержки смеси до 60 мин. при 95°С дает выход SiO₂ 45,6% (рис. 1 кривая 2), однако это не приводит к дальнейшему увеличению объема образца (на рис. 2 не показан). Следовательно, продолжительность выщелачивания, равную 30 мин, которой соответствует выход SiO₂, равный 42,5% (m=3,15), можно считать оптимальной. При этом плотность образца составляет

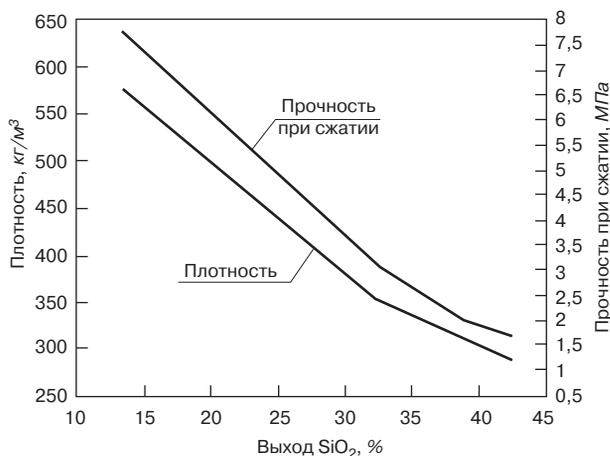


Рис. 3. Плотность и прочность образцов из гранул в зависимости от выхода SiO₂

280 кг/м³ (рис. 2, в), а его объем после обжига увеличивается в 3–4 раза.

Повышение температуры обжига до 800°С приводит к увеличению плотности образцов на 10–15%. По-видимому, это происходит вследствие снижения вязкости жидкой фазы и прекращения выделения кристаллизационной воды, которая, по данным [10], где приводится ДТА камышовского диатомита, идет вплоть до 740°С. Это приводит к появлению в образцах крупных открытых пор диаметром до 1 см, которые образуются при слиянии мелких пор.

Дальнейшие эксперименты велись с использованием гранул, приготовленных из смеси с разным выходом SiO₂. На рис. 3 показано, что при увеличении выхода SiO₂ с 13,3 до 42,5% плотность и прочность изменяются от 580 до 290 кг/м³ и от 7,8 до 1,7 МПа соответственно. Водопоглощение образцов не превышает 5,5 мас. %. Теплопроводность образцов плотностью 290 кг/м³ и 580 кг/м³ составляет 0,08 Вт/(м·К) и 0,14 Вт/(м·К) соответственно.

Образцы имеют однородную структуру, состоящую из замкнутых ячеек, диаметр которых в среднем равен 1,5 мм. Поверхность ячеек хорошо остеклована, цвет изменяется от светло-серого до серо-зеленого.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Из смеси диатомита и щелочи получен материал ячеистой структуры со свойствами, близкими к пеностеклу.
2. Обработка диатомита раствором щелочи при 95°С приводит к образованию щелочного силиката, способствующего более полному вспучиванию смеси. Смеси без гидротермальной обработки не вспучиваются.
3. Данный метод выгодно отличается простотой и низкой энергоемкостью по сравнению с традиционной технологией пеностекла.

Ключевые слова: пеностекло, диатомит, стеклогранулята, стеклобой.

Список литературы:

1. Демидович Б.К. Пеностекло. Минск: Наука и техника, 1975. 248 с.
2. Manevich V. E., Subbotin K. Yu. Foam glass and problems of energy conservation // Glass Ceram. 2008. 65. P. 105–108.
3. Spiridonov Yu. A., Orlova L. A. Problems of foam glass production // Glass Ceram. 2003. 60. P. 313–314.
4. Vereshchagin V. I., Sokolova S. N. Effect of technological parameters on the properties of granular porous crystal glass material based on zeolite-bearing rock // Glass Ceram. 2009. 66. P. 46–49.
5. Fernandes H. R., Tulyaganov D. U., Ferreira J. M. F. Preparation and characterization of foams from sheet glass and fly ash using carbonates as foaming agents // Ceram. Int. 2009. 35. P. 229–235.
6. Bernardo E., Cedro R. et al. Reutilization and stabilization of wastes by the production of glass foams // Ceram. Int. 2007. 33. P. 963–968.
7. Bobkova N. M., Barantseva S. E., Trusova E. E. Production of foam glass with granite siftings from the Mikashevichi deposit // Glass Ceram. 2007. 64. P. 47–50.
8. Balayan M. A., Balekaev A. G. Properties of siliceous solutions based on Ural diatomites // Glass Ceram. 1988. 45. P. 325–327.
9. Айлер П. Химия кремнезема. М.: Мир, 1982. Ч. 1. 416 с.
10. Lazutkina O. R., Kazak A. K. et al. Prospects of using diatomite material from the Sverdlovsk Region in enameling production // Glass Ceram. 2006. 63. P. 97–99.
11. Sokolovich V. E. Rapid method of determining the modulus of sodium silicate solution // Glass Ceram. 1963. 20. P. 471–472.

От физикохимии и нанотехнологий к механике разрушений



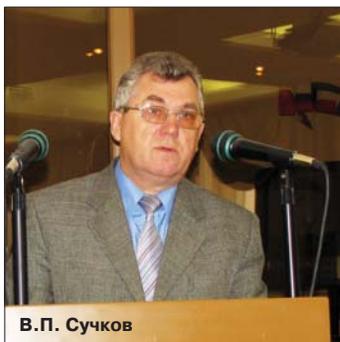
Г.Д. Семченко



А.В. Ушеро-Маршак



Е.Н. Беличенко



В.П. Сучков



Теплом и солнцем встретила Одесса участников конференции. Фото И.П. Бачиша



Ю.В. Зайцев



Е.М. Чернышов

В сентябре–октябре 2010 г. состоялся ряд конференций, которые, наверное, было бы сложно объединить в один обзор, если бы не наметившиеся тенденции развития строительного материаловедения.

Первое событие — это конференция «Физико-химические основы строительного материаловедения», посвященная 80-летию В.И. Бабушкина, которая состоялась в Харькове (Украина) 29 сентября 2010 г. Переоценить личный вклад В.И. Бабушкина в создание и развитие физико-химических основ силикатных материалов трудно. Работы школы О.П. Мчедлова-Петросяна, к которой принадлежал В.И. Бабушкин, позволили перевести строительное материаловедение из эмпирической науки в разряд фундаментальной науки прикладного характера. Понимание природы протекающих процессов при получении и эксплуатации силикатных материалов стало глубже. Появилась возможность направленного воздействия на процессы кристаллизации и образования фаз с целью создания необходимых свойств материала. Все это способствовало переходу познания материалов на качественно новый уровень и, как следствие, созданию силикатных материалов с улучшенными характеристиками. Об этом говорили на конференции доктора техн. наук А.В. Ушеро-Маршак, Л.Л. Брагина, Г.Д. Семченко и др.

Современный этап развития строительного материаловедения тесно связан с ресурсосбережением и применением приемов, методов и знаний из области нанотехнологий. Без применения достижений термодинамики, физической и коллоидной химии дальнейший прогресс науки о строительных материалах невозможен. Естественным образом строительное материаловедение не осталось в стороне от нанотехнологий. Однако не все приемы нанотехнологий возможно использовать в крупнотоннажном производстве материалов, и не все инженерные задачи в настоящее время требуют их применения. Тем не менее уже совершенно ясно, что без применения наносистем, тонких методов познания переход на качественно новый уровень производства материалов и строительства невозможен. Невозможно решение такой важной задачи, как ресурсосбережение. Почему-то очень часто, когда говорят о ресурсосбережении, имеют в виду в основном энергетические ресурсы. Но при производстве строительных материалов наряду с энергетическими основными являются ресурсы сырьевые. Переход на вторичное сырье и отходы, рациональное использование природных ресурсов — это те вопросы, которые уже достаточно длительное время занимают умы ученых и технологов. Есть достаточно интересные разработки, которые уже опробованы в промышленных условиях или внедрены на некоторых предприятиях.

Применение наносистем позволяет получать материалы с более высокими физико-техническими характеристиками и затрачивать при этом меньше энергии. Обсуждение достижений и дальнейших направлений развития науки в данном направлении происходило на конференции «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов», которая состоялась в Белгороде на базе Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова 5–8 октября 2010 г.

Естественно, что за достаточно долгий срок работы над снижением ресурсоемкости технологий по производству строительных материалов ученые имеют достижения, готовые к внедрению в промышленность. Но готова ли промышленность к этому? Это очень важный вопрос, поскольку отсутствие востребованности новых разработок ведет к определенному застою в развитии науки и техники. Как отметил представитель ГК «Роснанотех» Д.В. Криницкий, из 80 регионов РФ только 3 готовы к инновациям в промышленности. Эти цифры настораживают и заставляют задуматься о необходимости создания механизма внедрения инновационных разработок в промышленность. В советское время эта функция была возложена на систему от-

раслевых научно-исследовательских институтов, которая в настоящее время пришла практически в упадок. Единицы выживших институтов не способны к этой миссии. Сами разработчики также не в состоянии заниматься еще и внедрением — совершенно специфической областью деятельности. В результате возникает странная ситуация, когда на конференциях представляется немало разработок, а промышленность остается в полном неведении.

Внедрение в производство нанотехнологий, создание новых материалов с новыми свойствами порождают новый круг вопросов, ответ на которые принципиален с точки зрения безопасности их применения. Один из таких вопросов связан с долговечностью, с поведением материала в конструкции. Эту проблему решает механика разрушений. Именно вопрос поведения материала в конструкции, особенно многокомпонентных бетонов нового поколения с применением новых соединений и т.д. волновал участников международной конференции «Структурообразование, прочность и механика разрушения композиционных строительных материалов и конструкций», которая состоялась в Одессе (Украина) 14–15 октября 2010 г. на базе Одесской государственной академии строительства и архитектуры.

Механика разрушения строительных материалов, в частности бетона и железобетона, достаточно новая наука. Начало механики разрушения твердых тел, напомнил участникам д-р техн. наук Ю.В. Зайцев, было положено в 20-е гг. XX в. А. Гриффитсом, который исследовал прочность нити. Он выяснил, что даже самая тонкая нить имеет прочность много ниже теоретически рассчитанной, и на основании этого выдвинул гипотезу: микротрещины определяют прочность, предложил математическую зависимость. Однако его работы несколько опередили время и не были востребованы. В 1947 г. ученые вернулись к идеям и гипотезам А. Гриффитса. Вызвано это было тем, что после войны многие корабли разрушались при нагрузках много меньше разрушающих. Дж. Ирвин продолжил работу в этом направлении и заложил фундамент механики разрушения твердых тел. Только в 1980-е гг. были заложены основы механики разрушения бетона ставшими классическими работами Ю.В. Зайцева. При встрече с Ю.В. Зайцевым Дж. Ирвин сказал, что он даже не думал, что механику разрушения можно применить к такому неоднородному материалу, как бетон.

В настоящее время без механики разрушений невозможно спроектировать ни одно сооружение, особенно уникальное. Уже невозможно представить материаловед-технолога, который бы не знал основ механики разрушений. В связи с этим остро стоит проблема, как готовить кадры. Какую систему знаний необходимо передать будущему технологу, проектировщику, строителю? Настал период перехода к системно-структурному материаловедению, в котором знание материала включает не только технологию его производства и основные физико-технические свойства, но и знания поведения материала в конструкции.

Мы живем в период смены парадигм, когда происходит активное привлечение фундаментальных знаний в строительное материаловедение для объяснения экспериментально установленных закономерностей. Это позволяет перейти от феноменологического к теоретическому описанию явлений и процессов и осуществить переход от «алхимии» современного строительного материаловедения к обобщенной теории. Создание адекватной модели композиционного материала, обладающей предсказательной силой, — лейтмотив заслушанных на конференции докладов.

Большой интерес и живое участие аудитории вызывали доклады, содержащие гипотезы, результаты исследований, новые идеи и направления исследований, докторов техн. наук академика РААСН Е.М. Чернышова, члена-корр. РААСН В.Г. Гагарина, советника РААСН В.И. Морозова, Г.С. Славчевой, М.Ш. Файнера, а также молодых ученых канд. техн. наук Д.Н. Коротких, аспиранта А.В. Колесникова.

В заключение отметим, что в воздухе научных собраний материаловедов витает необходимость качественного прорыва на новый уровень развития науки. Накоплен огромный, гигантский массив экспериментальных данных, разработаны интересные модели, выдвинуты гипотезы. Строительное материаловедение ждет своих эйнштейнов, которые произведут революцию в нашем знании.

*И.В. Козлова,
канд. физ.-мат. наук*



В.Г. Гагарин



В.И. Морозов



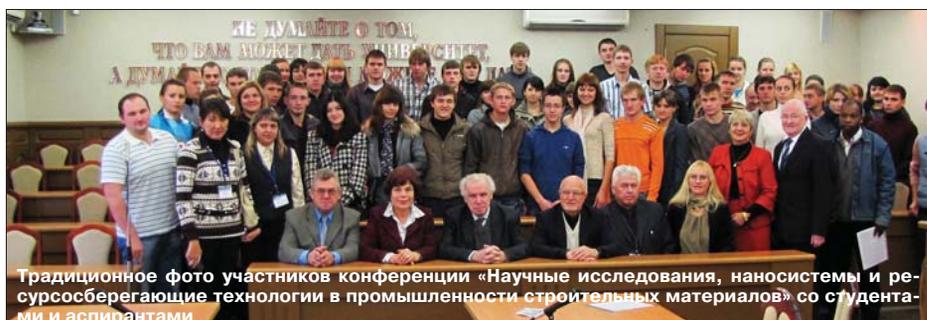
М.Ш. Файнер



Д.Н. Коротких



А.В. Колесников



Традиционное фото участников конференции «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в промышленности строительных материалов» со студентами и аспирантами

УДК 691:661.2

Д.Г. КИСЕЛЕВ, инженер (korolev_ev@rambler.ru), Е.В. КОРОЛЕВ, д-р техн. наук,
Н.А. ПРОШИНА, канд. техн. наук,
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства;
А.И. АЛЬБАКАСОВ, канд. техн. наук, Оренбургский государственный университет

Радиационно-защитные серные строительные материалы на основе силикатов магния

В трудах научной школы А.П. Прошина обоснована перспективность использования серы для получения радиационно-защитных и радиационностойких материалов. Дисперсной фазой (наполнителями и заполнителями) для изготовления этих материалов могут служить свинец- и барийсодержащие отходы различных производств, свинцовая дробь, барит, металлургические шлаки и т. д. [1, 2].

В данной работе в качестве наполнителя для получения радиационно-защитных серных мастик использовали природный гидросиликат магния — тальк $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$, который состоит из элементов с малым ионным радиусом и небольшой атомной массой, что предопределяет высокую стойкость по отношению к нейтронному излучению.

Ранее [3] было установлено, что облучение слоистых гидросиликатов магния интегральным потоком нейтронов до $(1-3) \cdot 10^{24} \text{ м}^{-2}$ не приводит к заметным изменениям их линейных размеров. После дозы $4 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-2}$ отмечено снижение плотности на 1,6%, линейные деформации при этом составили 0,16%.

В природе тальк образуется главным образом в результате гидротермальных изменений богатых магнием ультраосновных горных пород типа серпентинита, дунита и др. Тальк отличается устойчивостью к водным растворам кислот (кроме плавиковой и концентрированной серной) и щелочей, обладает термостойкостью; удаление конституционной воды из талька происходит при довольно высокой температуре (800–1000°C). Содержит небольшие количества (1–5%) соединений железа, алюминия и марганца [4, 5].

Физико-механические свойства талькосодержащих серных материалов (ТССМ) в значительной степени зависят от температуры термообработки наполнителя. Известно [6], что при нагревании талька конституционная вода, связанная в виде групп OH^- , до 600°C удаляется в небольших количествах, более энергично — в интервале температур 600–800°C и в наибольшей степени — в интервале 800–1000°C. Начиная от 600°C и особен-

но при температуре выше 750°C образуются силикаты магния и кремнезема:



На рентгенограмме образца нетермообработанного технического талька наблюдаются интенсивные дифракционные максимумы (рис. 1), причем наиболее интенсивные из них находятся в интервале углов $2\theta = 6-34^\circ$. Часть этих максимумов принадлежит тальку (9,409; 4,597; 3,123; 2,542 Å и т. д.), другая — примесным минералам (кварц, магнезит, хлорит).

Сопоставление значений межплоскостных расстояний и интенсивностей рефлексов на рентгенограммах рис. 1 и 2 позволяет полагать, что повышение температуры термообработки приводит к уменьшению степени закристаллизованности материала, разложению кристаллов одних минералов (талька, магнезита и др.) и образованию других (силикатов магния, кремнезема, периклаза).

Например, на рентгенограмме термообработанного при 700°C талька интенсивных дифракционных максимумов значительно меньше, чем на рентгенограмме нетермообработанного талька. На рентгенограмме термообработанного при 850°C талька (рис. 2) наиболее интенсивный максимум принадлежит β-кварцу. Кроме линий, принадлежащих β-кварцу (4,276; 3,353; 2,287; 1,821; 1,67; 1,544; 1,431; 1,376 Å), наблюдается появление максимумов, принадлежащих периклазу (2,109; 1,496 Å) и силикатам магния, — энстатиту $Mg_2(Si_2O_6)$ и форстериту $Mg_2(SiO_4)$. Энстатиту принадлежат дифракционные максимумы при 3,193; 2,976; 2,877; 2,51; 2,492; 1,494; 1,49; 1,481 Å. Он является цепочечным силикатом магния группы ромбических пироксенов. В структуре энстатита тетраэдрические группы $[SiO_4]^{4-}$ соединены через две вершины в бесконечные цепи. Форстериту принадлежит дифракционные максимумы при 5,101; 3,872; 2,769; 2,461; 2,20; 2,243; 1,748; 1,743 Å. Этот минерал является островным ортосиликатом группы оливина. Кремнекислородный мотив: изолированные тетраэдрические группы $[SiO_4]^{4-}$, ионы кислорода в структуре форстерита образуют плотную, близкую к гексагональ-

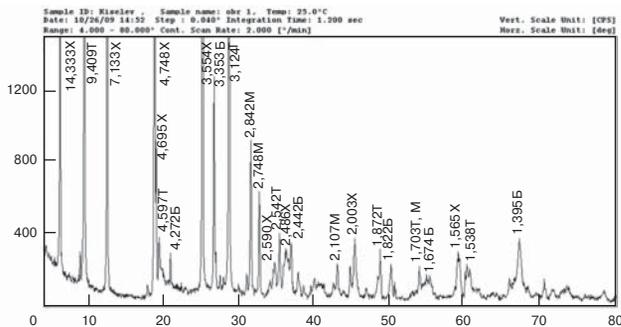


Рис. 1. Рентгенограмма технического талька**. Условные обозначения: Т — тальк; М — магнезит; Б — β-кварц; X — хлорит

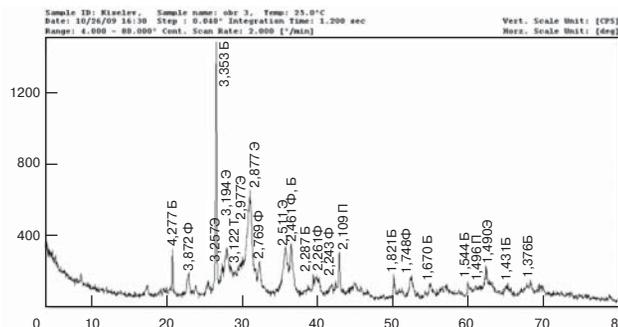


Рис. 2. Рентгенограмма термообработанного при 850°C талька. Условные обозначения: Т — тальк; Б — β-кварц; Э — энстатит; Ф — форстерит; П — периклаз

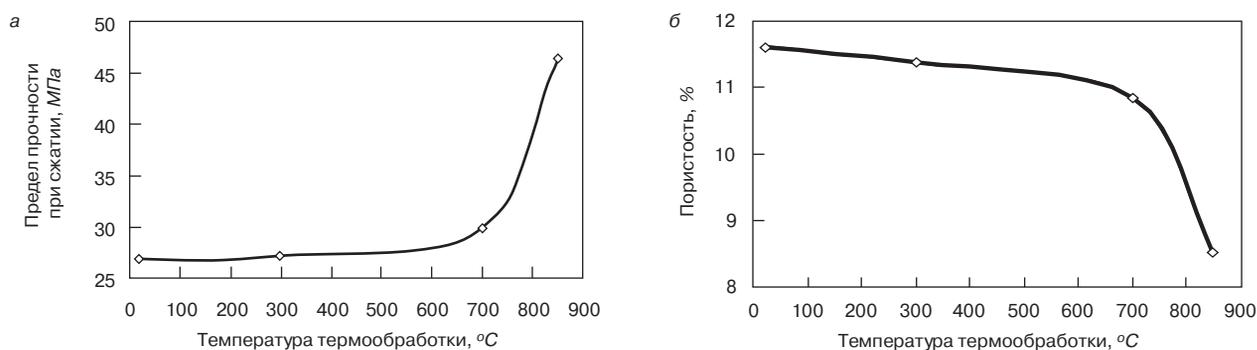


Рис. 3. Влияние температуры термообработки талька на прочность (а), пористость (б) серных материалов

ной упаковку, в октаэдрических пустотах которой расположены ионы Mg^{2+} , а в тетраэдрических — Si^{4+} .

Интенсивность характерной линии β -кварца для нетермообработанного и термообработанного при $700^{\circ}C$ талька остается почти неизменной и несколько возрастает для термообработанного при $850^{\circ}C$ талька. Следовательно, при разложении талька незначительная часть образующегося кремнезема переходит в кристаллическое состояние, остальная часть находится в аморфном виде.

Данные рентгенограмм хорошо согласуются с результатами исследования влияния температуры термообработки талька на предел прочности при сжатии и пористость серных материалов (рис. 3). Как видно на рис. 3, резкое повышение прочности серных мастик наблюдается, если температура термообработки наполнителя превышает $700^{\circ}C$. Так, если предел прочности при сжатии образцов на нетермообработанном тальке составляет 26,8 МПа, то на термообработанном при $850^{\circ}C$ тальке — соответственно 46,5 МПа. Наличие в серных мастиках аморфного кремнезема в термообработанном тальке может приводить к образованию сульфидов кремния, в частности дисульфида кремния $(SiS_2)_n$, представляющего собой прочный асбестоподобный волокнистый полимер [7]. Образующийся $(SiS_2)_n$ армирует границу раздела фаз сера — наполнитель, что способствует резкому повышению прочности серных материалов на термообработанном тальке.

Для повышения прочности талькосоудержащих серных композитов было дополнительно предложено использовать аппретирующие вещества. Предполагалось, что проблема обеспечения водостойкости таких материалов вследствие образования водорастворимого сульфида кремния будет решена созданием на границе раздела фаз слоя аппретирующего вещества, которое будет способствовать дополнительному снижению внутренних напряжений в материале.

В качестве аппретирующего вещества использовали 50% раствор каучука в органическом растворителе в количестве 1–5% массы наполнителя; образцы серных композитов изготавливали при объемной степени наполнения $v_f = 0,25$.

Введение аппрета до 5% незначительно повышает предел прочности при сжатии серных композитов, изготовленных на нетермообработанном тальке. В то же время зависимости водопоглощения и истираемости таких материалов от количества аппретирующего вещества имеют экстремальный характер с минимумом при 1–2,5% аппрета. Очевидно, что некоторое ухудшение свойств композитов при введении аппрета в количестве, превышающем 2,5%, связано со снижением подвижности и удобоукладываемости сырьевой смеси, повышением пористости и неоднородности структуры материала.

Аппретирование термообработанного талька по сравнению с неаппретированным термообработанным тальком приводит к некоторому снижению предела

прочности при сжатии серных образцов, что характеризует ослабление связи вяжущего с наполнителем. Однако прочность и водостойкость образцов на аппретированном термообработанном тальке значительно выше, чем на неаппретированном и нетермообработанном тальке соответственно на 35–45 и 26–29%. Средняя плотность и пористость изменяются при этом незначительно. Истираемость образцов на аппретированном термообработанном тальке снижается с повышением количества аппрета. Зависимость водопоглощения образцов от количества аппрета имеет экстремальный характер с минимумом при 2,5% аппрета.

Физико-химические характеристики серы и исследуемого наполнителя позволяют предположить, что серные композиты на основе различных силикатов магния наряду с радиационно-защитными функциями могут выполнять функции гидро-, тепло- и электроизоляционных материалов.

Значительным резервом повышения качественных характеристик серных композиционных материалов на магнийсодержащих горных породах является использование различных пластифицирующих добавок, способствующих формированию благоприятного и устойчивого аллотропного состава серного вяжущего, улучшению реологических характеристик и повышению качественных показателей материала.

Статья печатается при поддержке гранта Президента РФ МД-68.2009.8

Ключевые слова: радиационнотойкие и радиационно-защитные материалы, сера, силикаты магния, тальк, аппретирующие вещества.

Список литературы

1. Волгушев А.Н., Шестеркина Н.Ф. Производство и применение серных бетонов. М.: ЦНИИТЭИМС, 1991. 51 с.
2. Королев Е.В., Прошин А.П., Баженов Ю.М., Соколова Ю.А. Радиационно-защитные и коррозионностойкие серные строительные материалы. М.: Палеотоп, 2004. 464 с.
3. Дубровский В.Б., Абдиевич З.А. Строительные материалы и конструкции для защиты от ионизирующих излучений. М.: Стройиздат, 1983. 240 с.
4. Горшков В.С., Савельев В.Г., Абакумов А.В. Вяжущие, керамика и стеклокристаллические материалы: Структура и свойства: Справ. пособие. М.: Стройиздат, 1994. 584 с.
5. Михеев В. И. Рентгенографический определитель минералов. М.: Росгеолитиздат, 1957. 68 с.
6. Куколев Г.К. Химия кремния и физическая химия силикатов. М.: Высшая школа, 1966. 463 с.
7. Черкинский Ю.С. Химия полимерных неорганических вяжущих веществ. Л.: Химия, 1967. 224 с.

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

Натрийсиликатные вяжущие и материалы на их основе

Известно, что жидкое стекло широко используется в различных композициях или в виде водных коллоидных растворов силикатов щелочных металлов, или в виде молотой силикат-глыбы [1, 2]. Первое направление не позволяет в полной мере использовать потенциальные возможности жидкого стекла, так как при одинаковом модуле и плотности растворов введение вяжущего в пересчете на безводные силикаты натрия или калия ограничено жидко-твердым отношением. Использование молотой силикат-глыбы позволяет в более широком диапазоне варьировать количеством безводных силикатов в вяжущей композиции. Следует отметить что в системах силикат-глыба—вода—наполнитель совмещаются процессы растворения, гидратации и химического взаимодействия с наполнителем. В отличие от системы жидкое стекло—наполнитель образующиеся гидросиликаты щелочных металлов менее обводнены, а следовательно, более химически активны, так как активные центры образующихся частиц не блокированы молекулами воды.

Следующим отличием применения молотой силикат-глыбы является возможность химической активизации не только путем теплового воздействия, но с применением кислых активизаторов, незначительно изменяющих рН среды, в то время как в жидко-стекольных композициях такой подход приводит к коагуляции.

В качестве химических активизаторов можно использовать соли многовалентных металлов железа, хлора и алюминия. Известно, что гидролиз таких соединений протекает многоступенчато с образованием гидроксолей с последующим переходом соответствующих гидроксидов металла. Гидроксиды многовалентных металлов, как правило, образуются в виде коллоидных растворов с различной по времени устойчивостью. При этом на степень дисперсности коллоидных частиц влияет вид аниона, так, например, из нитратных растворов гидроксиды образуются с наиболее высокой дисперсностью. В последние годы возрастает интерес к золь-гель-процессам, так как установлено, что коллоидные частицы попадают в область наночастиц с размерами 10^{-6} – 10^{-9} м.

При растворении солей кристаллогидратов многовалентных металлов в количестве 0,25–1% от силикат-глыбы в воде затворения образуются золи гидроксидов с весовой концентрацией 0,066–0,264%. Известна положительная роль золь гидроксидов железа и алюминия в цементных композициях [3, 4]. Введение в количестве десятых долей от массы цемента золь приводит к повышению прочности бетона, снижению водопоглощения и водонепроницаемости. Это объясняется тем, что происходит коагуляция микропор гелем гидроксидов. Поэтому представляло интерес исследование влияния золь гидроксидов металлов в вяжущих композициях на основе безводных силикатов натрия. Для этого тонкомолотый порошок силикат-глыбы с удельной поверхностью $3500 \text{ см}^2/\text{г}$ затворяли растворами солей хрома и железа в количестве от 0,25–1% и от 0,13–0,7% соответственно на кристаллогидраты и безводные соли. Все растворы солей

имели кислую среду $\text{pH}=3\text{--}4$. Кроме того, расчеты показали, что в результате гидролиза солей при данной дозировке образуются золи гидроксидов с массовой долей 0,16–0,96%. Далее изготавливались образцы пластичного формования с размерами $2 \times 2 \times 2$ см, которые твердели на воздухе, и в возрасте 3, 7, 28 сут определяли их прочность при сжатии. Данные приведены в табл. 1.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Исходя из максимальной прочности оптимальная дозировка зависит от вида аниона соли, так, например, для солей хрома оптимальная дозировка: нитраты – 0,25%; сульфаты – 1%; хлориды – 0,5%, считая на кристаллогидраты.

2. Исследованные соли действительно являются активизаторами твердения безводных силикатов натрия, так как в кислой среде усиливается процесс растворения безводного силиката натрия, его гидратация и гидролиз с образованием геля кремнекислоты, а также идут золь-гель-процессы, связанные с введением в систему солей многовалентных металлов.

3. Используя соли многовалентных металлов, гидролизующихся с образованием гидроксидов соответствующих кислот, можно получать композиционные вяжущие системы с прочностью 30–43,5 МПа.

Потенциальные возможности безводных силикатов натрия раскрываются также в различных композициях с

Таблица 1

Вид соли	Количество соли, %		Массовая доля золь гидроксидов, %	Предел прочности при сжатии, МПа, при твердении на воздухе в течение сут			
	крис-талло-гидрат	безвод-ная соль		3	7	14	28
Хлорид хрома	0,25	0,14	0,24	6,9	16	27,5	30
	0,5	0,29	0,48	9	22,5	32	35
	1	0,59	0,96	15	24,8	32	38,6
Нитрат хрома	0,25	0,14	0,16	5	18	30	39,5
	0,5	0,29	0,32	4,5	21	33,5	39,2
	1	1	0,64	4	16	24	30,2
Сульфат хрома	0,25	0,13	0,23	2,5	11	25,6	30
	0,5	0,27	0,46	4	19	26	43,5
	1	0,54	0,92	2,5	14	24	33
Нитрат железа	0,25	0,13	0,165	11	23,7	28	30
	0,5	0,27	0,33	7,5	23,7	35	41,7
	1	0,59	0,66	6	22,2	23,2	35
Сульфат железа	0,25	0,17	0,23	2,5	24,2	29,2	35
	0,5	0,35	0,46	1,5	19,2	22	30
	1	0,7	0,92	6	21,5	26,5	29

Таблица 2

Вид минерального порошка $S_{уд}$, $см^2/г$	Свойства композиционных вяжущих в зависимости от режима твердения					
	85°C, 4 ч		200°C, 2 ч		7 сут на воздухе после термообработки	
	средняя плотность, $г/см^3$	прочность при сжатии, МПа	средняя плотность, $г/см^3$	прочность при сжатии, МПа	средняя плотность, $г/см^3$	прочность при сжатии, МПа
Дунит (2000)	1,86	26,5	1,9	45,4	2,02	46,5
Сынныйрит (4000)	1,9	27,7	2,2	60	2,2	64
Вулканический шлак (4800)	1,63	20,6	1,73	32	1,83	35
Базальт (1500)	1,75	16,5	2,01	25,5	2,3	29,8
Высококальциевая зола (5000)	1,58	3	1,6	7,3	1,75	7,5

минеральными тонкокомолотыми наполнителями, подвергнутых термической обработке по режимам [1]. Однако ранее исследован небольшой набор минеральных порошков. Авторами статьи были исследованы композиции с использованием местных горных пород, таких как дуниты, базальт, сынныйриты и вулканические шлаки, а также кислые и основные золы. Образцы формовались на порошках различной удельной поверхности при соотношении безводного силиката натрия к порошку 1:4 по массе, образцы пластичного формования подвергались термообработке по режиму: 4 ч при температуре 85°C и 2 ч при температуре 200°C. Затем определялся предел прочности при сжатии образцов через 7 сут после термообработки. Результаты представлены в табл. 2.

Следует отметить, что более высокопрочные композиции получены на сынныйритах, дунитах и вулканических шлаках. Предел прочности при сжатии составил от 46,5 до 60 МПа, что, вероятно, связано не только с величиной удельной поверхности, но и с химической природой минерального порошка. Дуниты по своей химической природе представляют собой магнезиально-железистые силикаты с высоким содержанием магния – до 40%; сынныйриты состоят из силиката калия и калиевых полевых шпатов с содержанием первого до 20%; вулканические шлаки представляют собой железисто-алюмосиликатные стекла с небольшим содержанием основных окислов кальция и магния. Исследования показали, что

Таблица 3

Количество ПЦ от общей массы, %	Свойства композиционных вяжущих на основе вулканического шлака			Свойства композиционных вяжущих на основе сынныйрита		
	средняя плотность, $г/см^3$	прочность при сжатии, МПа	коэффициент размягчения	средняя плотность, $г/см^3$	прочность при сжатии, МПа	коэффициент размягчения
0	1,75	35	0,5	2,21	60	0,5
1,5	1,94	37,5	0,87	2,16	98,7	0,62
2	1,82	48	0,96	2,23	70,3	0,62
2,2	1,83	55	0,82	2,1	65,5	0,72
2,4	1,8	60,5	0,77	2,12	61,2	0,74

Примечание. Образцы подвергались термической обработке по режиму: 4 ч при 85°C и 2 ч при 200°C.

после термической обработки при 85°C композиция набирает порядка 50% от прочности вяжущей композиции, полученной после термической обработки при 200°C. Это объясняется тем, что кроме процессов растворения, гидратации, гидролиза безводного силиката натрия при температуре 85°C происходит образование гидросиликатов кальция и магния в композициях на основе дунита и вулканического шлака. Что касается сынныйритов, в которых отсутствуют двухвалентные катионы кальция и магния, синтез прочности связан также с растворением силикатов калия и соответствующими процессами гидратации, гидролиза с образованием дополнительного количества кремниевой кислоты. При температуре 200°C увеличение прочности происходит практически в 2 раза – считаем, что это обусловлено уплотнением геля кремниевой кислоты и коагуляцией микропор искусственного камня. Затем после твердения на воздухе в течение 7 сут после термообработки идет незначительный прирост прочности в пределах 2–9%.

Однако данные вяжущие композиции имели пониженную водостойкость, поэтому представляло интерес исследовать возможность применения портландцемента в качестве отвердителя. Портландцемент вводился в количестве 8–12% от массы безводного силиката натрия, или в количестве 1,5–2,4% от общей массы в композиции. Результаты представлены в табл. 3.

Таким образом, введение портландцемента в небольших количествах в композиционные вяжущие повышает не только водостойкость, но и прочность вяжущей системы. Коэффициент водостойкости повысился на вулканическом шлаке с 0,5 до 0,96, а на сынныйрите – с 0,5 до 0,74. При этом прочность при оптимальных дозировках повысилась на вулканическом шлаке на 72%, а на сынныйрите – на 64%.

Все разработанные композиции могут служить в качестве вяжущих для производства различных строительных материалов. Так, при различном соотношении безводного силиката натрия и вулканического шлака методом пластичного и полусухого формования был получен безобжиговый кирпич со средней плотностью 1600–1700 $кг/м^3$ с маркой 100–300, а также безобжиговый зольный гравий на высококальциевой золе с плотностью в куске 1,49 $г/см^3$, с насыпной плотностью 750–770 $кг/м^3$, общей пористостью 50–54 % и прочностью от 7 до 9,8 МПа. На основе вяжущих композиций с дунитом и вулканическом шлаке получен конструкционный теплоизоляционный бетон с плотностью 430–870 $кг/м^3$ и прочностью от 0,75 до 1,5 МПа в зависимости от объемной концентрации пенополистирольных гранул. Следует отметить, что расход самого дорожного компонента – силикат-глыбы составил 80–100 $кг/м^3$, тогда как для получения аналогичных результатов в цементных полистиролбетонах расход силикат-глыбы составляет 400–500 $кг/м^3$.

Ключевые слова: силикат-натриевые композиционные вяжущие, зола, вулканический шлак, сынныйрит, дунит.

Список литературы

1. Тотурбиев Б.Д. Строительные материалы на основе силикатнатриевых композиций. М.: Стройиздат, 1988 г. 205 с.
2. Корнеев В.И., Данилов В.В. Растворимое и жидкое стекло. СПб.: Стройиздат, 1996 г. 216 с.
3. Сватовская Л.Б., Соловьева В.А., Степанова И.В., Сычева А.Н., Коробов Н.В., Старчуков Д.С. Высоко-прочный бетон. Патент № 2332388 РФ // Оpubл. 27.08.08.
4. Коробов Н.В., Которажук Я.Д., Старчуков Д.С. Высокопрочный бетон. Патент № 2256630 РФ // Оpubл. 20.08.08.

Т.К. УГЛОВА, старший научный сотрудник (labmineral@mail.ru),
С.Н. НОВОСЕЛОВА, научный сотрудник (labmineral@mail.ru),
О.С. ТАТАРИНЦЕВА, д-р техн. наук, Институт проблем химико-энергетических технологий
Сибирского отделения РАН (г. Бийск Алтайского края)

Экологически чистые теплоизоляционные материалы на основе жидкого стекла

Современный рынок теплоизоляционных материалов представляет собой структуру с динамично меняющимся ассортиментом. Большим спросом пользуется качественная теплоизоляция, обладающая не только высокими теплоизоляционными характеристиками, но и какими-либо специальными свойствами. Примером может быть пеностекло, оно биостойкое, обладает минимальным водопоглощением и высокими прочностными свойствами, низкой теплопроводностью, негорючее и экологически безопасно. Структура пеностекла, состоящая из замкнутых стеклянных ячеек, обеспечивает неизменность его характеристик в течение длительного срока эксплуатации [1].

Несмотря на перечисленные положительные качества, пеностекло не нашло широкого применения в связи со значительной стоимостью за счет высоких энерго- и трудоемких технологий изготовления.

В настоящее время в России не осталось ни одного из ранее действующих производств блочного пеностекла и исследования в области технологии его получения сводятся в основном к решению задач по совершенствованию известных технологических решений и подбору компонентного состава [2, 3].

Альтернативой пеностеклу могут стать пеносиликаты на базе различных композиционных систем, исходно включающих твердую и жидкую фазы, а в итоге по аналогии с пеностеклом, имеющим структуру, прочность которой предопределяется дисперсностью и гранулометрическим составом твердой фазы. Грубодисперсные частицы обеспечивают создание жесткого каркаса, тонкодисперсная и жидкая составляющие заполняют образующееся в нем поровое пространство. Создания такой структуры можно достичь использованием твердой фазы в виде двух порошков с разной удельной поверхностью.

В соответствии с теоретическими основами порообразования пористость материала с ячеистой структурой складывается из ячеистой пористости, на долю которой приходится 90% ее общего объема, и пористости межпоровых перегородок [4–6].

Объем ячеистой пористости определяется размерами пор (максимальным и средним), их распределением по размерам, пространственным расположением (упаковкой), а также толщиной межпоровых перегородок. При этом влияние изменений этих параметров на объем пористости и характеристики материала неоднозначно. Увеличение диаметра пор приводит к некоторому повышению объема пористости за счет уменьшения количества межпоровых перегородок. Однако в крупных порах возрастает конвективный теплообмен и теплопроводность такого материала не снижается, несмотря на увеличение объема газовой фазы, а его прочностные характеристики падают.

Для материалов с ячеистой структурой, получаемых методом вспучивания, характерным дефектом является наличие контактных дырок. Образование их связано с неравномерностью распределения порообразователя в отдельных микрообъемах массы, приводящее на стадии поризации к созданию неравномерного давления в соседних порах. Под воздействием температуры разница растет, усиливая нагрузку на межпоровую перегородку, в результате чего толщина ее уменьшается и происходит разрушение.

Принципиально увеличение объема пористости возможно за счет создания полидисперсного распределения пор по размерам, при котором с высокой степенью вероятности обеспечивается равномерное размещение пор меньших размеров между более крупными. При этом пористость возрастает и сохраняется механическая прочность материала.

Свойства ячеистых материалов определяются не только объемом пористости, но и степенью равномерности ее

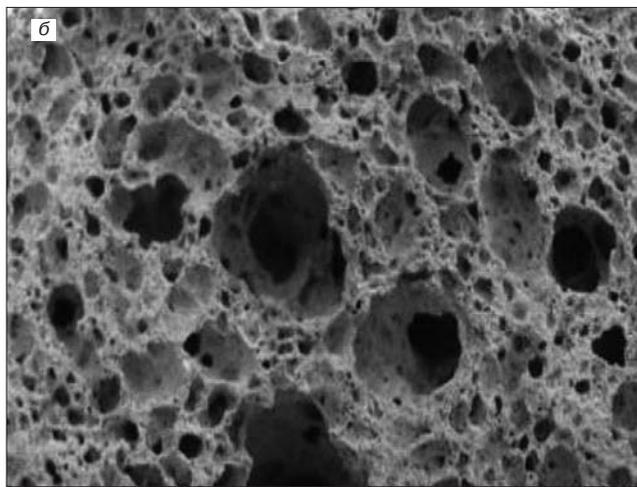
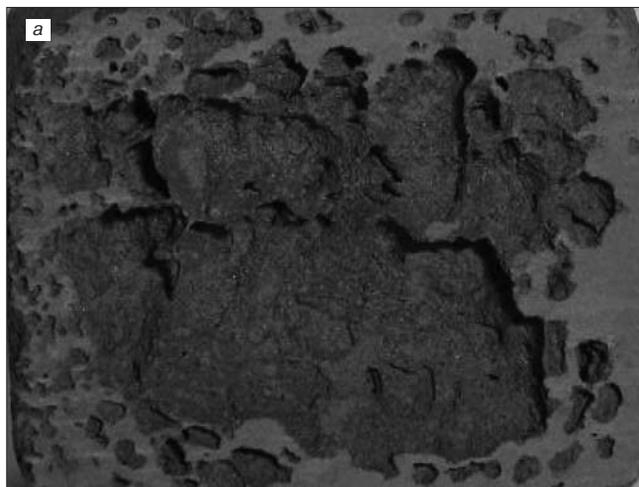


Рис. 1. Образец с наполнителем базальтовая чешуя/микрокальцит, полученный при скорости нагрева: а – 250°С/ч; б – 200°С/ч

Таблица 1

Наименование показателя	Значение показателя		
	20,5	20,5	20
Степень наполнения, %			
Соотношение, отн. ед.:			
базальтовая чешуя/микрокальцит	1,85	–	–
базальтовая чешуя/аэросил	–	1,84	–
базальтовая чешуя/каолин	–	–	1,86
жидкое стекло/сухое стекло	3,79	3,78	3,71

распределения, зависящей от однородности исходной массы и температурного поля в объеме материала на стадии поризации, величины пристенного эффекта, тормозящего вспучивание массы, высоты формируемого изделия и др. Учет и направленное регулирование всех этих факторов позволяют создать материал высокого качества.

На прочность пористого материала оказывает влияние состояние внутренней поверхности воздушных пор (припорового слоя). Из-за отсутствия четких критериев его оценки используют условную градацию: рваная (рыхлая), гладкая (ровная) и глянцевая (высокоплотная) поверхности. Рыхлый припоровый слой ослабляет сечение межпоровой перегородки. Глянцевая поверхность, обладая повышенной плотностью, выполняет роль подкрепляющей зоны и повышает прочностные свойства материала при прочих равных условиях. Перегородки с гладкой поверхностью припорового слоя однородны по сечению, что обеспечивает стабильность прочностных свойств материала.

Толщина межпоровых перегородок влияет на плотность ячеистых материалов. Чем тоньше перегородки, при условии их однородности между собой, тем ниже плотность материала. При различной толщине межпоровых перегородок разрушение более тонких (слабых) влечет за собой перераспределение нагрузки на оставшиеся по гиперболическому закону, вызывая их преждевременный слом.

Из вышеизложенного следует, что для вспученных теплоизоляционных материалов оптимальной следует считать структуру, состоящую из полидисперсных по размеру равномерно распределенных пор с глянцевой поверхностью припорового слоя, разделенных тонкими плотными одинаковыми по сечению межпоровыми перегородками.

Для проведения экспериментальных работ по созданию ячеистого экологически чистого поризованного теплоизоляционного материала пеносиликата были скомпонованы три рецептуры двухфазных композиций. В качестве одной из составляющих наполнителя ис-

пользована базальтовая чешуя, полученная из расплава базальта, обладающая хорошими армирующими свойствами, высокой термической стабильностью, стойкостью к агрессивным средам, малой насыпной плотностью (~ 140 кг/м³) и низкой себестоимостью. Выбранная для исследований партия чешуи состояла из однородных по толщине (1–3 мкм) и разных по диаметру (15–500 мкм) элементарных частиц.

В качестве тонкого наполнителя было проверено три мелкодисперсных порошка: микрокальцит – порошок из природного мрамора с размером частиц до 5 мкм и содержанием карбоната кальция 95 %; аэросил – высокоактивный, аморфный диоксид кремния с размером частиц в пределах от 5 до 40 нм; каолин – минеральная глинистая порода.

Вяжущим в этих композициях выбрано жидкое натриевое стекло. Согласно литературным данным [7] получение высокопористых материалов с использованием жидкого стекла обусловлено высокой дисперсностью натрий-силикатных групп в его составе, что позволяет формировать во вспененной массе после отверждения межпоровые перегородки разной толщины. Поэтому для повышения общей прочности готовых изделий при изготовлении лабораторных образцов промышленное жидкое стекло было скорректировано дополнительным введением порошкообразного кремнезема в виде сухого стекла.

Состав рассматриваемых композиций приведен в табл. 1.

Параллельно с разработкой рецептуры пеносиликата проводили исследования по отработке технологии его изготовления. Изначально была поставлена задача исключить из технологического процесса стадию грануляции сыпучих компонентов и термостатирование изделий при температуре 400°С в герметичных металлических формах. Смешение компонентов до однородной массы проводили в лопастном смесителе типа «БЭК-КЕН» в течение 35–45 мин при комнатной температуре. Полученная масса обладает текучестью, что позволяет заполнять формы простой заливкой. Изделие и его характеристики формируются при термообработке и зависят от ее параметров. Именно на этой стадии происходит поризация за счет удаления свободной влаги, содержащейся в исходной массе.

При отработке режимов вспучивания установлено, что при нагреве со скоростью 250°С/ч внутри изделия образуется полость (рис. 1, а), а снижение скорости до 200°С/ч обеспечивает получение образца, состоящего преимущественно из крупных пор (рис. 1, б).

Оптимальным является следующий режим нагрева: в течение 30 мин открытая форма с массой находится в

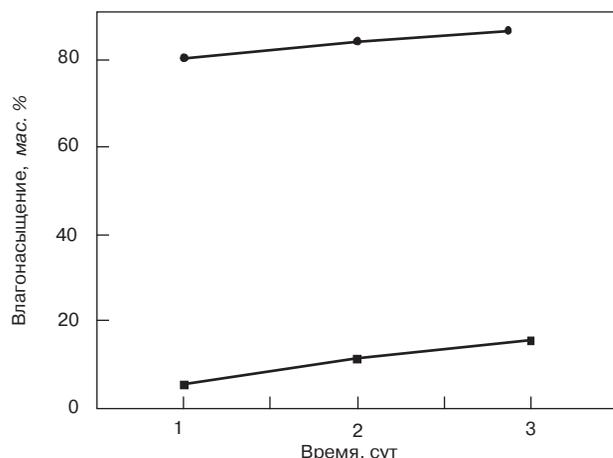


Рис. 2. Водостойкость пеносиликата с наполнителем базальтовая чешуя/микрокальцит при температуре 20,5°С: ● – водопоглощение; ■ – сорбционное увлажнение

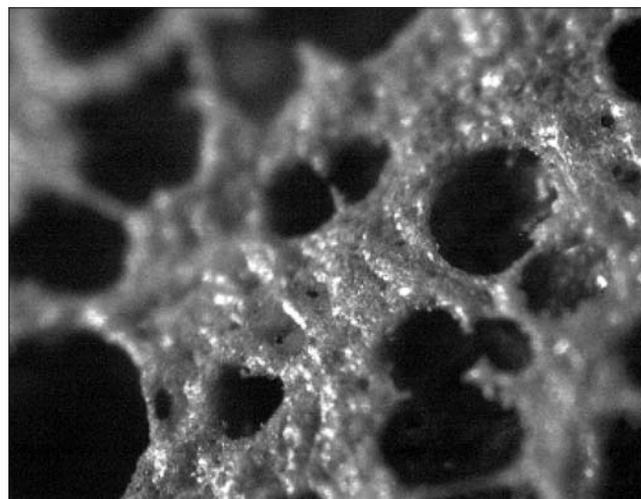


Рис. 3. Поверхность образца с наполнителем базальтовая чешуя/аэросил

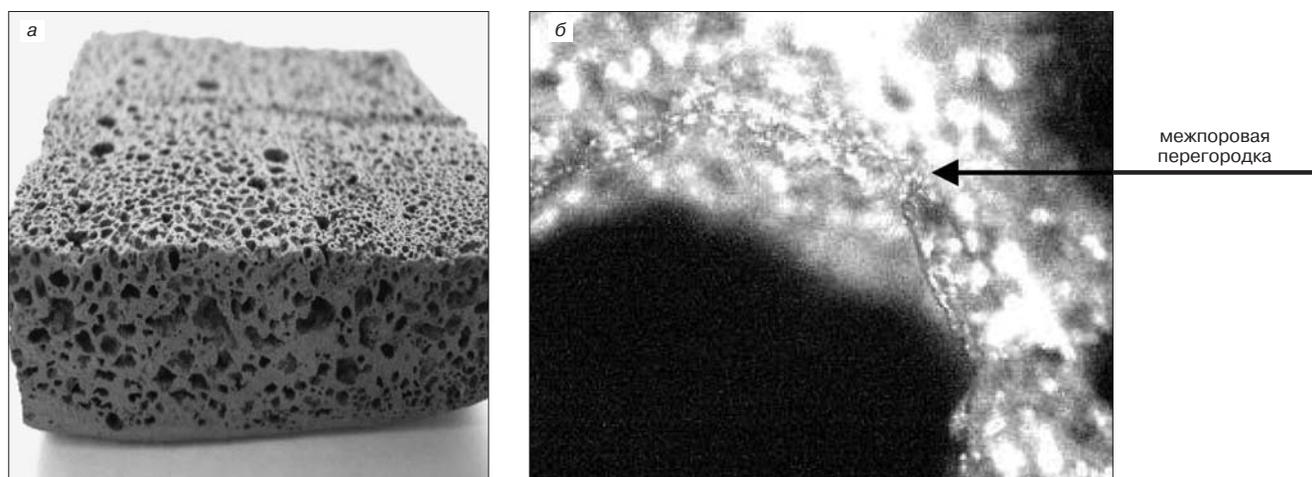


Рис. 4. Образец пеносиликата с наполнителем базальтовая чешуя/каолин: а – внешний вид образца; б – фото поры и ее межпоровой перегородки

заранее разогретом до 100°C термошкафу; затем температуру повышают до 200°C, и в течение 30 мин происходит дополнительное термостатирование. После чего форму с обезвоженным образцом вынимают из термошкафа, распрессовывают образец и ставят его на окончательный отжиг при температуре 450°C в свободном состоянии на 30 мин для удаления кристаллической влаги.

Исследования показали, что образцы с наполнителем из базальтовой чешуи и микрокальцита водостойки, причем влагонасыщение происходит с низкой скоростью (рис. 2) за счет гидрофобности поверхности твердой фазы. Недостатком этой композиции является пониженная способность к поризации, приводящая к получению высокоплотных образцов пеносиликата (300–400 кг/м³) и теплопроводностью на уровне 0,085–0,092 Вт/(м·К).

Замена микрокальцита на аэросил обеспечила получение материала с достаточно высокой прочностью при сжатии (0,76–0,92 МПа), пониженной плотностью (250–290 кг/м³) и теплопроводностью (0,078–0,082 Вт/(м·К) и равномерно расположенными порами размером от 150 до 300 мкм (рис. 3).

Образцы с аэросилом отличаются повышенным водопоглощением (134 мас.% за 1 сут и 151 мас.% за 2 сут), но это не приводит к значительным изменениям прочностных свойств материала. Образец, прошедший два цикла водонасыщения по двое суток, теряет свою прочность на 11%.

Недостатком приведенной рецептуры является низкая растекаемость исходной массы, что создает определенные трудности при изготовлении изделий в промышленных масштабах на стадии заполнения форм.

Введение каолина в качестве второй составляющей наполнителя значительно улучшает способность исходной массы равномерно растекаться по объему формы. На этой рецептуре были изготовлены качественные образцы. Структура материала характеризуется отсутствием контактных дыр и состоит из различных по размеру открытых и закрытых пор, распределенных следующим образом, %: менее 100 мкм – 45; 110–230 мкм – 35; более 300 мкм – 20 (рис. 4 а).

Используемый в работе оптический анализатор РРР 9.0 позволяет определять не только диаметр пор, но и толщину межпоровой перегородки. На рис. 4, б представлена фотография отдельной поры с межпоровой перегородкой толщиной 120 мкм. По объему образца толщина перегородок колеблется от 50 до 120 мкм.

Полученные опытные образцы пеносиликата экологически безопасны, негорючи и имеют высокий уровень основных для теплоизоляционных материалов показателей (табл. 2).

Таблица 2

Наименование показателя	Значение показателя
Внешний вид	Монолитный образец серого цвета
Плотность, кг/м ³	260–270
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,073–0,078
Водопоглощение за 1 сут, мас.%	90–95
Сорбционное увлажнение за 1 сут, мас.%	2,7–2,8
Прочность при сжатии, МПа:	
исходный	1,19–1,21
после сорбционного увлажнения	1,18–1,2
после водопоглощения	1,16–1,18

Результаты, полученные в ходе исследований, носят предварительный характер, однако они показывают возможность изготовления пеносиликата с высокими техническими свойствами без стадии грануляции и применения закрытых герметичных форм при отжиге образцов (450°C), что, безусловно, положительно скажется на себестоимости продукции.

Ключевые слова: пеносиликат, пористость, наполнитель, плотность, теплопроводность, водопоглощение.

Список литературы

1. Демидович Б.К. Производство и применение пеностекла. Минск: Наука и техника, 1972. 301 с.
2. Кетов А.А., Пузанов И.С., Саулин Д.В. Опыт производства пеностеклянных материалов из стеклобоя // Строит. материалы. 2007. № 3. С.70–72.
3. Дамдинова Д.Р., Хардаев П.К., Карнов Б.А., Зонхиев М.М. Технологические приемы получения пеностекол с регулируемой поровой структурой // Строит. материалы. 2007. № 3. С. 68–69.
4. Борсук П.А., Лясс А.М. Жидкие самоотверждающие смеси. М.: Машиностроение, 1979. 255 с.
5. Бюл. научно-технической информации. Силикальцит. № 5. Таллин, 1960.
6. Меркин А.П. Научные и практические основы улучшения структуры и свойств поризованных бетонов: дис. д-ра техн. наук. – М., 1971. 270 с.
7. Лотов В.А. Нанодисперсные системы в технологии строительных материалов и изделий // Строит. материалы. 2006. № 9 / Наука. № 8. С. 5–7.

УДК 691.42

А.П. ЗУБЕХИН, д-р техн. наук, Н.Д. ЯЦЕНКО, канд. техн. наук,
 Е.В. ФИЛАТОВА, канд. техн. наук, В.И. БОЛЯК (v.bolyak@mail.ru),
 К.А. ВЕРЕВКИН, инженеры, Южно-Российский государственный технический университет
 (Новочеркасский политехнический институт)

Керамический кирпич на основе различных глин: фазовый состав и свойства

В связи с реализацией национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» резко возрос спрос на различные строительные материалы. Одним из широко применяемых строительных материалов, как известно, является керамический кирпич, используемый человечеством на протяжении тысячелетий. В XXI в. роль керамического кирпича в строительстве не изменилась. Однако значительно уменьшилась сырьевая база для производства высококачественной продукции. Это обуславливает высокую актуальность разработки новых эффективных способов, обеспечивающих выпуск конкурентоспособной продукции на основе ресурсосбережения и обеспечения высокого качества кирпича при применении запесоченных глин, суглинков, местных некондиционных глин различных месторождений.

Такая научно-техническая задача может быть решена при разработке технологий на основе современных представлений о физико-химических процессах спекания при обжиге кирпича на основе глин различного минералогического состава. В данной работе изложены результаты исследований с использованием наиболее представительных месторождений глин Юга России различного минералогического и химического состава: Владимировского и Каменнобродского месторождений Ростовской области, Губского и Новокубанского месторождений Краснодарского края.

Глины Владимировского месторождения содержат около 67 мас. % глинистых минералов – каолинита,

гидрослюда и смешаннослойных с соотношением 22:22:23 соответственно. Каменнобродская глина является каолинито-гидрослюдистой, в которой на 5–10% преобладает содержание каолинита.

Глины Краснодарского края существенно различаются по минералогическому составу. Губская глина гидрослюдистая с содержанием гидрослюда около 80% и небольшим количеством (до 8%) монтмориллонита. Глина Новокубанского месторождения «Хуторок» гидрослюдисто-каолинито-монтмориллонитовая с преобладанием гидрослюдистого минерала. Химические составы глин приведены в табл. 1.

Результаты исследований показывают, что глинистые минералы, находящиеся в глинах в различном соотношении, оказывают существенное влияние как на их технологические свойства (табл. 2), в частности на пластичность и связующую способность, так и на послеобжиговые свойства (табл. 3). Исследуемые глины относятся к умеренно- и среднепластичным, что обуславливает использование в составе масс до 10% кварцевого песка.

Установлено, что значительная усадка черепка на основе глин губской и владимировской (В2) обеспечивает формирование структуры с повышенной плотностью от 1900 до 2200 кг/м³ и прочностью, обусловленной повышенным количеством щелочных оксидов и железа. Наименьшие показатели прочности кирпича на основе глины «Хуторок» следует объяснить нали-

Таблица 1

Месторождение глин		Содержание, мас. %									
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	ППП	Σ
Владимировское	В1	55,48	22,21	2,29	0,83	1,39	0,84	2,64	0,65	9,3	95,63
	В2	62,13	19,88	4,39	0,93	1,37	0,66	2,47	0,72	7,8	100,35
Каменнобродское (К)		65,3	13,82	5,76	1,51	1,97	1,24	2,27	0,83	7,3	100
«Хуторок» (Х)		63,76	11,38	4,36	5,44	1,8	1	2	0,89	9,3	99,98
Губское (Г)		58,48	16,42	7,08	0,92	1,78	0,96	2,88	0,88	10	99,81

Таблица 2

Наименование глин	Показатели свойств				
	Число пластичности	Формовочная влажность, %	Связующая способность на разрыв, МПа, с песком, %		Коэффициент чувствительности к сушке
			0	10	
В1	22	29	1,55	1,4	1,3
В2	9	22	1	0,8	1,85
Каменнобродская	11	19	1,1	1	0,8
«Хуторок»	10	19	1,25	1	1,05
Губская	15	26	1,4	1,45	1,15

Таблица 3

Составы шихт		Показатели свойств				
№	Глина : песок, %	Водопоглощение, %	Пористость, %	Плотность, кг/м ³	Огневая усадка, %	Предел прочности при сжатии, МПа
1 В1	100	14	29	1860	0,7	28,7
В1	90:10	16,1	32,7	1800	0,8	22,5
2 В2	100	11,5	27	1910	1,2	30,5
В2	90:10	12	27	1920	1,3	32
3 К	100	14	27	1900	0,8	23
К	90:10	14,5	30	1870	0,9	33
4 Х	100	12,5	23,8	1940	0,7	18,2
Х	90:10	16,5	27,9	1910	0,9	20,5
5 Г	100	3,2	7,8	2200	1,2	35
Г	90:10	4	8,4	2200	2,2	36

чием карбонатов Са и Mg, обуславливающих снижение интенсивности спекания при пониженных температурах. При вводе в состав шихт 10% песка практически во всех глинах повышается прочность, за исключением владимировской глины (В1), в которой, очевидно, завершение процесса фазообразования сдвинуто в область более высоких температур в связи со значительным содержанием Al₂O₃.

Таким образом, наилучшими физико-механическими свойствами характеризуется керамический кирпич на основе губской гидрослюдистой глины, а также глины каменнобродской и владимировской (В2) с 10% кварцевого песка в шихте.

В современных условиях к керамическому кирпичу предъявляются высокие требования не только к физико-механическим и эксплуатационным свойствам, но и к декоративным, отвечающим требованиям современного дизайна. Как известно, глины всегда содержат примеси железа в виде оксидов или различных соединений, а также карбонатные материалы, обуславливающие цвет кирпича от желтого до красно-коричневого.

Как установлено, введение в состав масс карбоната кальция и добавки минерализатора – 0,5% солей щелочных металлов обуславливает изменение окраски керамического черепка и его коэффициента отражения (КО) в зависимости от химико-минералогического состава глин (табл. 4).

Результаты исследований показывают, что керамический черепок на основе всех глин при введении мела и минерализующей добавки осветляется. Наиболее интенсивно осветление проходит в каменнобродской глине и «Хуторок», в которых карбонаты кальция и магния в значительном количестве содержатся в самой глине. Наименьшее значение КО по сравнению с другими образцами имеет керамический черепок на основе губской глины с наибольшим содержанием Fe₂O₃ = 7,08% как без СаСО₃ и минерализатора, так и с их наличием. Однако и в этом случае повышение КО составляет 13,1%, а при увеличении СаСО₃ до 20% цвет черепка становится светло-желтым.

Как известно, красный, красно-коричневый и розовый цвета черепка на основе глин без добавок объясня-

Таблица 4

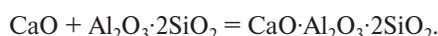
Наименование глины	Содержание в глине оксидов, мас. %			Состав керамической массы, %				Цвет кирпича	
	Fe ₂ O ₃	СаО	R ₂ O	Глина	Песок	Мел	NaCl, сверх 100%	Цвет	КО, % по МС-20
В1	2,29	0,83	3,48	100	–	–	–	бежевый	54
				80	10	10	–	бежевый	54
				80	10	10	0,5	светло-бежевый	58
В2	4,39	0,93	3,13	100	–	–	–	красный	34,2
				80	10	10	–	желтый	47
				80	10	10	0,5	кремовый	51,1
Каменно-бродская	5,76	1,51	3,51	100	–	–	–	красный	34,6
				80	10	10	–	желтый	47,6
				80	10	10	0,5	бежевый	50,1
«Хуторок»	4,36	5,44	3	100	–	–	–	красный	40,2
				80	10	10	–	розовый	43,8
				80	10	10	0,5	серый	56,7
Губская	7,08	0,92	3,84	100	–	–	–	красно-коричневый	28
				80	10	10	–	красно-розовый	35,8
				80	10	10	0,5	розовый	41,1

Таблица 5

Наименование фаз	Количество Fe ₂ O ₃ , мас. %	КО, % по МС-20
Гематит α-Fe ₂ O ₃	100	6,5
Метакаолинит Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	0	91,8
	0,5	64,7
	1	53,4
Анортит* CaO·Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	3	36,7
	0	90,2
	0,5	37
Муллит 3Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	1	25,7
	3	16,2
	0	92,8
Муллит 3Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	0,5	89
	1	83,1
	3	74
Стеклофаза состава, мас. %: SiO ₂ – 75 Al ₂ O ₃ – 12 CaO – 10 R ₂ O – 4	0	91,2
	0,5	83,4
	2	70,7
	5	63,6
	20	34

Примечание. * Образуется в массах, содержащих CaO ≥ 5%.

ются содержанием в них гематита α-Fe₂O₃, имеющего КО = 6,5% по МС-20. Повышение КО керамики, содержащей повышенное количество CaCO₃ в комплексе с добавкой 0,5% эффективного легкоплавкого минерализатора, как правило, щелочных соединений Li, Na, K, связано с фазовыми и кристаллохимическими превращениями α-Fe₂O₃, имеющего самый низкий КО. Это вызвано образованием различных алюмосиликатных фаз, а также увеличением стеклофазы, являющихся оптически менее чувствительными к окраске и снижению КО при внедрении в них Fe₂O₃. Так, в результате взаимодействия метакаолинита Al₂O₃·2SiO₂ непосредственно с CaCO₃ или CaO образуется анортит по реакции:



При комплексном содержании в шихте CaCO₃ и добавки минерализатора увеличивается содержание расплава при спекании, в котором растворяется большее количество Fe₂O₃.

Результаты исследований отдельно синтезированных фаз позволили установить зависимости их КО от содержания Fe₂O₃ (табл. 5), определяемого по эталону – матовому стеклу с КО = 96%.

Из табл. 5 следует что самое низкое значение КО = 6,5% имеет гематит, наличие которого и обуславливает красно-коричневый или красно-розовый цвет кирпича. Метакаолинит, обычно присутствующий в значительном количестве в кирпиче, при внедрении в его структуру Fe₂O₃ в меньшей степени подвержен снижению КО вследствие изоморфного извалентного замещения Al³⁺ ↔ Fe³⁺ в тетраэдрах [AlO₄]⁵⁻. Подобные замещения должны быть и в структуре стеклофазы. В муллите, структура которого состоит из тетраэдров [AlO₄]⁵⁻ и октаэдров [AlO₆]⁹⁻, изоморфные замещения, по мнению авторов, так же как в метакаолините, осуществляются по схеме: Al³⁺ ↔ Fe³⁺, что не вызывает интенсивного поглощения света, снижения КО и не приводит к интенсивной окраске фаз [1].

Резкое снижение КО анортита даже при низком количестве Fe₂O₃ = 0,5% следует объяснить особенностями его структуры. Как известно [2], структура анортита представляет собой каркас из связанных между собой тетраэдрических групп [SiO₄]⁴⁻ и [AlO₄]⁵⁻ (изоморфное замещение Si⁴⁺ на Al³⁺), а в пустотах этого отрицательно заряженного каркаса располагаются компенсирующие заряд катионы щелочных и щелочно-земельных металлов (K, Na, Ca, Ba). При этом, как отмечает В. Эйтель [3], она имеет псевдотригональную симметрию аранжированных тетраэдров [SiO₄]⁴⁻ и [AlO₄]⁵⁻ в виде слоев, следующих друг за другом в направлении; острые вершины каждых двух тетраэдров направлены либо вверх, либо вниз. С учетом этих кристаллохимических особенностей структуры анортита представляется возможным объяснение резкого снижения КО при образовании железосодержащего твердого раствора с оксидом Fe₂O₃. При наличии ионов Fe³⁺ происходят следующие изоморфные замещения:

- в пустотах, содержащих Ca²⁺: 3Ca²⁺ ↔ 2Fe³⁺;
- в тетраэдрах алюминия: [AlO₄]⁵⁻ ↔ [FeO₄]⁵⁻.

Кроме того, возможно редкое замещение, как отмечает В. Эйтель, [SiO₄]⁴⁻ ↔ [FeO₄]⁵⁻.

Совокупность этих изоморфных замещений, происходящих в нанобъемах петель структуры анортита, приводит к образованию многочисленных железосодержащих кластеров и обуславливает сильное поглощение света и резкое снижение КО и белизны этой фазы керамики. Однако при этом даже с учетом значительного снижения КО при образовании твердого раствора анортита с Fe₂O₃ его образование выгоднее для повышения КО кирпича, так как при наличии свободного α-Fe₂O₃ кирпич имеет наименьший КО.

Таким образом, на основании результатов исследований установлено существенное влияние химико-минералогического состава глин как на эксплуатационные, так и на декоративные свойства керамического кирпича. Так, наличие в гидрослюдистых и гидрослюдисто-каолинитовых глинах повышенного количества оксидов железа и щелочных соединений обеспечивает улучшение спекания кирпича и повышение его прочности.

Окраска керамического кирпича на основе легкоплавких красножгущихся глин предопределяется количеством оксидов железа, фазовым составом и кристаллохимическим состоянием ионов железа в его структуре. Наличие оксида железа в виде самостоятельной фазы гематита α-Fe₂O₃, имеющего самый низкий КО = 6,5% по МС-20, обуславливает интенсивную красную или красно-коричневую окраску. Распределение железа в стеклофазу или в алюмосиликатные фазы с образованием твердых растворов замещения Al³⁺ ↔ Fe³⁺ повышает КО и способствует в определенной степени нейтрализации окраски и осветлению кирпича.

Ключевые слова: фазовый состав, свойства керамических материалов, керамический кирпич, глина.

Список литературы

1. Зубехин А.П., Голованова С.П., Яценко Н.Д. и др. Спектроскопические и кристаллохимические основы белизны и цветности силикатных материалов // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Технические науки, 2007. № 5. С. 40–43.
2. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. М.: Высшая школа, 1988. 400 с.
3. Эйтель В. Физическая химия силикатов. М.: Изд. ин. лит., 1962. 1055 с.

Навигатор и калькулятор KNAUF

Группа KNAUF СНГ – крупнейший производитель высококачественных строительных отделочных материалов представляет на российском рынке новую интерактивную систему поиска комплектных систем и расчета расхода материала «Навигатор и калькулятор KNAUF». Интерактивная система разработана российскими специалистами KNAUF на платформе, созданной компанией Knauf IS (Германия), и состоит из двух частей – навигатора по комплектным системам KNAUF и калькулятора расхода строительных материалов.

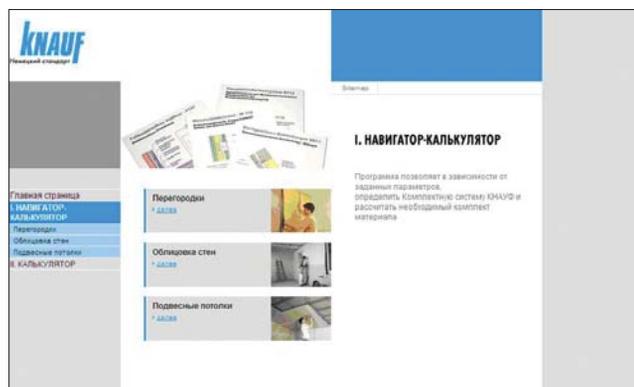
О задачах, поставленных разработчиками, и принципах работы электронной системы рассказал руководитель отдела прикладной техники центрального управления группы KNAUF СНГ Тимофей Скворцов:

– Программа призвана облегчить и ускорить работу клиентов компании, как профессионалов, так и домашних мастеров. Она состоит из двух частей. Первая часть – навигатор – это помощник в выборе конструкции (комплектной системы KNAUF) в зависимости от строительной задачи. Вторая часть – калькулятор позволяет рассчитать расход основных материалов для устройства конструкции, которую потребитель выбрал самостоятельно или с помощью электронного навигатора.

Например, необходимо построить перегородку, разделяющую большое помещение на две части. Раньше, чтобы выбрать, какая именно комплектная система вам подходит, нужно было подобрать подходящий вариант, изучив описания и соответствующую документацию. Другой способ – обратиться к консультанту компании. Теперь же будет достаточно выбрать в рубрикаторе программы раздел «Стены и перегородки» и ответить на несколько вопросов. На каждый из них навигатор будет предлагать варианты ответов. Пользователю останется только выбрать параметры, соответствующие его пожеланиям: какой влажностный режим в помещении, какая требуется огнестойкость и звукоизоляция, какой высоты будет конструкция и др. В итоге программа предложит один или несколько вариантов конструкций перегородок, удовлетворяющих заданным параметрам. На следующем этапе можно рассчитать количество материала.

Система также предлагает рекомендации по монтажу конструкции. На странице с результатами выбора будут даны ссылки в тот раздел технической документации, где расположены необходимые чертежи и есть указания по монтажу конструкций.

Разработка программы такого рода была сложной задачей. Ведь сбор и обобщение данных уже сами по себе являются очень кропотливой работой, которая потребовала со стороны специалистов компании немало усилий. Например, только для перегородок получилось несколько тысяч возможных комбинаций конструкций с разными обшивками, разным каркасом и др. А программа должна включать все типы конструкций на основе комплектных систем KNAUF. И тут очень важна точность, чтобы исключить ошибки в работе программы.



– **Первостепенный вопрос, который возникает у заказчиков, это насколько работа программы соответствует требованиям нормативно-технической документации.**

– В основу работы легли альбомы рабочих чертежей. Они были и остаются важнейшими документами для комплектных систем KNAUF и представляют собой сертифицированную проектную документацию, прошедшую соответствующую экспертизу. Все они, как и прежде, доступны на сайте компании www.knauf.ru.

– **Раньше пользователю надо было изучить всю документацию и, сопоставляя данные в различных таблицах, найти верное решение. Теперь за него это делает программа. Если конструкция заранее известна, можно пропустить первый этап – навигатор.**

– Обе части программы могут работать как вместе, так и отдельно. Пользователь может пропустить раздел выбора системы и сразу перейти к расчету расхода материалов.

Программа упрощает работу, ускоряет процесс выбора, снижает вероятность ошибки, а значит, повышает удовлетворение от сотрудничества.

Инновационная система позволяет оптимизировать затраты строительных компаний на подбор материала и упростить процедуру поиска для конечных потребителей.

В планах группы KNAUF СНГ – дальнейшее совершенствование «Навигатора и калькулятора». В настоящее время осуществляется сбор и анализ данных для подбора материалов для штукатурных работ и изготовления полов. Интерактивная система будет постоянно дополняться. На сайте www.knauf.ru всегда будет работать актуальная версия программы.

По вопросам крупных оптовых поставок обращайтесь в сбытовые организации KNAUF:
 KNAUF МАРКЕТИНГ Красногорск, тел. +7 (495) 937 95 95;
 KNAUF МАРКЕТИНГ Санкт-Петербург, тел. +7 (812) 718 81 94;
 KNAUF МАРКЕТИНГ Новомосковск, тел. +7 (48762) 29 291;
 KNAUF МАРКЕТИНГ Краснодар, тел. +7 (861) 267 80 26;
 KNAUF МАРКЕТИНГ Челябинск, тел. +7 (351) 774 21 45

KNAUF
Немецкий стандарт

Продается завод ЖБИ

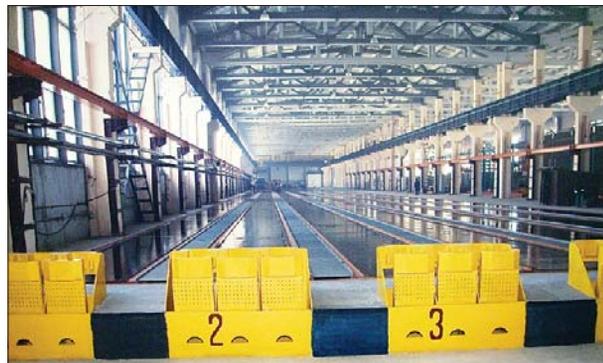
Ленинградская область



Новый высокотехнологичный завод для выпуска более 200 наименований ЖБИ (трехслойные панели, ригели, балки, колонны, сваи, преднапряженные плиты перекрытий, вибропрессованные изделия, бордюрные и стеновые камни, тротуарная плитка, сплиттерная продукция).

Установлены 3 линии

- «Tensiland» (7 дорожек по 125 м, мощность выпуска 100000 м² пустотного настила в год);
- 8 вибростолов «Elematik»;
- линия «Evroscompact-3000» (36 млн условного кирпича в год).
- Площадь цеха – 10600 м²
- Подстанция 2ТП на 1000 кВт
- Газовая котельная
- Площадь земельного участка – 3,8 га (38 км от КАД)



+7-921-935-29-17

+7-812-333-14-47

www.kdsk.spb.ru

e-mail: office@kdsk.spb.ru

Реклама

2-4 марта 2011

KazBuild SPRING

АЛМАТЫ, КАЗАХСТАН, КЦДС "АТАКЕНТ"

6-я КАЗАХСТАНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
ВЫСТАВКА "СТРОИТЕЛЬСТВО"



СТРОИТЕЛЬСТВО



ИНТЕРЬЕР

ОТОПЛЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ,
КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ,
ВОДОСНАБЖЕНИЕ
И САНТЕХНИКА

КЕРАМИКА И КАМЕНЬ



4-я КАЗАХСТАНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

ОКНА, ДВЕРИ И ФАСАДЫ

For further information please visit our official site: www.kazbuild.kz/spring/ru



Iteca (Алматы) -

Алматы, Казахстан, 050057, ул.Тимирязева, 42, 2 этаж,
Тел.: +7 727 2583434; Факс: +7 727 2583444; E-mail: build@iteca.kz

УДК 666.7-184

Н.Д. ЯЦЕНКО, канд. техн. наук, Южно-Российский государственный технический университет (Новочеркасский политехнический институт);
 Э.О. РАТЬКОВА, инженер лаборатории, «СевКавНИИСтромтехника» (Ростов-на-Дону);
 В.В. СЕМЧЕНКО, Н.А. СТРЕБКОВА (strebkova61@mail.ru), инженеры,
 Южно-Российский государственный технический университет
 (Новочеркасский политехнический институт)

Уплотнение поверхности кирпича путем катионной обработки

Кирпич, изготовленный по методу полусухого прессования, отличается высокой прочностью при сжатии, четкостью граней и ребер, правильностью размеров [1]. Однако изделия полусухого прессования в ряде случаев оказываются недостаточно морозостойкими: в процессе эксплуатации в кирпиче выкрашиваются углы и ребра изделий, шелушится поверхность, появляются специфические трещины.

Важным фактором появления этих дефектов является нарушение технологических параметров при изготовлении кирпича – низкое прессовое давление, нерациональный зерновой состав пресс-порошка или недостаточная степень спекания.

Однако результаты исследования морозостойкости кирпича полусухого прессования из глин десятков месторождений, проведенные рядом ученых [2], показывают, что даже при оптимальных технологических параметрах производства кирпич имеет низкую морозостойкость. Особенно это характерно для полнотелого кирпича полусухого прессования из глин полиминерального состава.

Напряжения, вызывающие разрушение кирпича при замораживании, возникают вследствие увеличения объема жидкости (воды) при переходе ее в твердое состояние. Стойкость материала к действию мороза в большей мере зависит от спекания черепка, от степени заполнения пор водой, так как при замерзании воды в замкну-

том объеме возникает давление порядка нескольких десятков МПа.

Особое значение при замораживании имеет тонкость черепка, т. е. наличие пустот.

Миграция влаги из атмосферы в кирпичной кладке происходит в направлении теплового потока, главным образом за счет капиллярного всасывания. В этом случае большое значение имеет плотность поверхностного слоя керамики [3]. Одним из способов повышения плотности поверхностного слоя керамики является нанесение плотной водонерастворимой пленки.

В экспериментальных исследованиях использовали метод создания на поверхности кирпича тонкослойного покрытия из гидролизованых поверхностных Si-OH-групп и замещения их катионами Li⁺, Na⁺, K⁺, Ca²⁺.

Для получения катионообменной композиции глинистую суспензию из легкоплавкой глины обрабатывали водными растворами силиката натрия или хлористых соединений калия, натрия, лития или кальция.

Добавки вводили в суспензию в количестве от 0,1 до 0,5% как в виде химически чистых материалов, так и в виде техногенных отходов промышленных производств. В частности, был использован 30% раствор хлористого лития, являющийся отходом производства химического волокна.

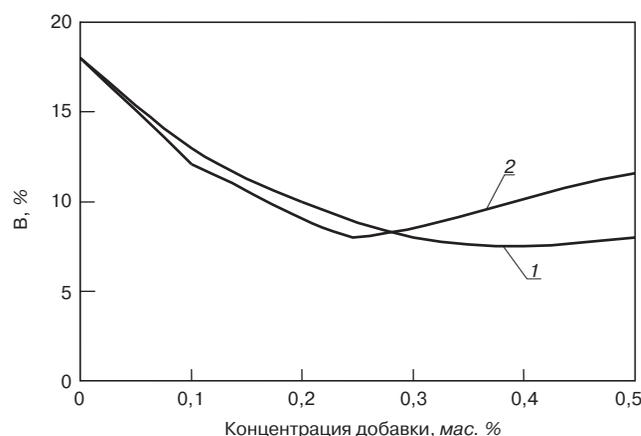
В связи с этим наиболее интересными оказались данные по влиянию катионов натрия и лития на процессы спекания и кристаллизацию силикогелей в поверхностном слое образцов.

Влажность рабочей консистенции распушенной глины без введения добавок составляла 70–90%. В опытах с использованием добавок рабочая консистенция суспензии из этой же глины снижалась до 40%.

После отстаивания и разделения на водную суспензию и осадок высушенные керамические образцы обрабатывали способом окунания, сушили и обжигали в окислительной среде при 1000°C с выдержкой при максимальной температуре 1 ч.

Измерения водопоглощения (косвенного показателя уплотнения поверхности образцов) после обжига показали, что изменение текстуры поверхностного слоя наиболее интенсивно происходит при использовании силиката натрия в количестве 0,33% или хлористого соединения лития в концентрации 0,24% (см. рисунок).

Исследование микроструктуры позволили установить, что существенно изменяется характер распределе-



Изменение водопоглощения образцов после обработки в суспензиях: 1 – с добавкой силиката натрия; 2 – с добавкой хлорида лития

Показатели свойств	Добавки в глинистую суспензию									
	Na ₂ SiO ₃ , мас. %					LiCl, мас. %				
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Предел прочности при сжатии, МПа	17,8	19,1	23,5	23	18	17,5	20	25	20	21
Морозостойкость, циклы	15	25	25	24	20	15	17	25	25	24

ния пор по размерам, происходит значительное уменьшение радиуса и объема пор.

Были проведены исследования эксплуатационных свойств изделий – предела прочности при сжатии и морозостойкость, которые показали, что данные процессы влияют на повышение прочности образцов. Следует отметить, что значительные улучшения также наблюдались при испытаниях на морозостойкость (см. таблицу).

В результате проведенных исследований установлена возможность получения керамического кирпича полусухого формования на основе легкоплавких глин с повышенными значениями прочности и морозостойкости.

Таким образом, исследования показывают возможность уплотнения и спекания пор на поверхности изделий, особенно отформованных полусухим способом. Данная технология позволит увеличить прочность и морозостойкость керамического кирпича.

Ключевые слова: керамический кирпич, пористость, поверхностное насыщение, комбинированные добавки.

Список литературы

1. *Адамова Ю.С.* К вопросу о морозостойкости строительного кирпича // Сб. трудов НИИ Стройкерамика. М.: Промстройиздат. 1979. № 1. 38 с.
2. *Каллига Г.П.* Изменение механической прочности кирпича полусухого прессования при испытании на морозостойкость. М.: Промстройиздательство, 1953. 78 с.
3. *Бриллинг Р.Е.* Миграция влаги в строительных ограждениях // Сб. «Исследования по строительной физике». М.: Стройиздательство, 1949. 18 с.
4. *Климанова Е.А.* Жидкое стекло в строительстве. Киев: Госстройиздательство. 1959. 68 с.

250 участников • 30 регионов России и ближнего зарубежья
Выставочная площадь более 6000 кв.м • 2 дополнительных выставочных павильона

СтройЭКСПО. ЖКХ
Всероссийская специализированная выставка

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭКСПОЗИЦИИ:



СТРОИТЕЛЬСТВО

- Быстровозводимые здания и сооружения
- Строительные и отделочные материалы
- Кровля. Изоляция
- Окна. Двери. Ворота
- Строительное и промышленное оборудование
- Строительная и дорожная техника

СИСТЕМЫ И ИНЖЕНЕРНЫЕ СЕТИ

- Системы очистки воды, водоочистители
- Канализационные системы и оборудование
- Системы вентиляции и кондиционирования
- Системы водоснабжения и отопления
- Котельное оборудование. Насосы
- Трубы. Запорная и регулирующая арматура

УПРАВЛЕНИЕ ЖИЛИЩНЫМ ФОНДОМ

- Реконструкция, ремонт и содержание объектов жилфонда
- Локальный ремонт труб и трубных конструкций
- Материалы и оборудование для диагностики и санации
- Новые формы управления ЖКХ

Организатор



Выставочный центр «ВолгоградЭКСПО»
Тел./факс: (8442) 55-13-15, 55-13-16
E-mail: stroyka@volgogradexpo.ru
www.volgogradexpo.ru

Генеральный информационный спонсор



15-17 МАРТА '11

4-6 ОКТЯБРЯ '11

ВОЛГОГРАД, ДВОРЕЦ СПОРТА

Российские промышленные эллиптические шаровые мельницы "Активатор" интенсивного помола.

	Activator-C100	Activator-C500	Activator-C1000	Activator-C5000
произв-сть	100 кг/ч	500 кг/ч	1000 кг/ч	5000 кг/ч
тонина помола	1-3 мкм	4-7 мкм	20-50 мкм	50-70 мкм
потребляемая мощность	5,5 кВт/ч	11 кВт/ч	30 кВт/ч	75 кВт/ч
габариты, мм	1020*570*1230	1122*750*1500	1710*925*1815	2850*1700*2950

Результаты активации цемента и помола материалов - на нашем сайте.

• Все мельницы проходят испытания на Вашем материале, а дисперсный состав помолотых порошков тестируется в лаборатории.

Мельницы "Активатор" производятся только по оригинальным чертежам разработчика и защищены Патентами РФ №18501, №33037 на полезные модели. Патентообладатель: ЗАО "Активатор".

подготовка шихты для керамической плитки помол пигментов активация цемента смешение компонентов пенобетона

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

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

Специальная модификация для суперустойчивости к сползанию

гидроксиэтилцеллюлоза
гидроксипропилметилцеллюлоза

гидроксиэтилметилцеллюлоза
метилцеллюлоза
карбоксиметилцеллюлоза

HEC

MP

MAT

ME

MET

MC

РОССИЯ

УКРАИНА

БЕЛАРУСЬ

КАЗАХСТАН

Штукатурка гипсовая
ручная, машинная

Адгезивы
цементные

Клеи для фасадного утепления

Новые марки MAT, MET:

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

ETC

Группа компаний
«Единая Торговая Система»

Тел. +7 812 703 103 5

www.utsrus.com

**КНАУФ-Файерборд**

Финишное покрытие
Негорючая плита КНАУФ-Файерборд
Фольгоизол
КНАУФ-профиль

**Основа безопасности Вашего дома**

Отдых у камина будет не только приятным, но и безопасным с огнезащитными материалами КНАУФ. Специальные негорючие плиты КНАУФ-Файерборд способны надежно защитить Ваш дом от огня. Они выполнены из экологических и легких материалов, отличающихся при этом доступной ценой.

► www.knauf.ru



KNAUF
Немецкий стандарт

М.Г. ГАБИДУЛЛИН, д-р техн. наук, Казанский государственный архитектурно-строительный университет; А.Н. ГАБИДУЛЛИНА, инженер (gabmah@mail.ru), Институт механики и машиностроения КазНЦ РАН (Казань)

Основные принципы моделирования поведения пористой керамики при эксплуатации во влажных условиях. Часть II

В предыдущей публикации [1] смоделировано капиллярное и конденсационное увлажнение открытых и закрытых пор пористой керамики при условии нормативной влажности кирпичной кладки 2 мас% на примере образца пористого черепка кирпича, изготовленного из красногорской глины с добавкой 20% древесных опилок. Для оценки динамики насыщения открытых и закрытых пор черепка смоделированы различные режимы увлажнения материала: модель I – сухие условия, т.е. открытые и закрытые поры не заполняются влагой; модель II – открытые поры последовательно заполняются влагой от мелких до крупных, закрытые поры остаются сухими; модель III – происходит одновременное заполнение влагой открытых и закрытых пор последовательно от мелких к крупным; модель IV – происходит конденсационное заполнение только открытых пор, закрытые поры не заполняются водой.

Результаты исследований [1] позволили установить характер порового пространства черепка, количество стеклофазы, кристаллических новообразований и по полученным данным представить новую структурную модель пористо-капиллярного тела. Это позволило разработать методику расчета термического сопротивления модели в виде суммы термических сопротивлений, создаваемых отдельными фазовыми составляющими.

В [1] было принято, что скелет модели (СФ+КрФ) не претерпевает под воздействием влаги изменений. В эксплуатационных условиях поры модели могут заполняться влагой в результате капиллярного всасывания, конденсации и водонасыщения. В этих условиях возможные варианты решения задачи по определению теплофизических характеристик ограждения, выполненные в принятой модели, схематично представлены ниже.

Рассмотрим более подробно поведение пористой керамики на моделях II–III.

С этой целью сформулируем задачу для модели II.

Определить термическое сопротивление модели II и ограждения из нее при условии их работы во влажных условиях по режиму Б (согласно СнИП II-3–79), когда расчетное массовое отношение влаги в кирпичной кладке из керамического пустотного кирпича на цементно-песчаном растворе равно 2%. Примем, что открытые поры модели полностью заполняются водой последовательно, заполняя вначале более мелкие поры (<50 мкм), а затем крупные (резервные 50<200 мкм) и очень крупные (макро-200<7000 мкм). Закрытые поры остаются сухими и не заполняются влагой.*

В этих условиях особое влияние на эксплуатационные свойства модели оказывает характер порового пространства. Предполагаемая схема миграции влаги в модели II приведена на рис. 1.

Объемы открытых и закрытых пор принимаем по данным табл. 1 из [1]. Расчет начинаем с определения

объема воды, который заполнит модель при 2% увлажнении. Предварительно определим массу сухого образца модели при средней плотности 1610 кг/м³: $m_{\text{сух}} = \rho \cdot V_M = 1,61 \cdot 2,4563 = 3,955$ г.

При эксплуатационной влажности равной $W=2\%$ масса модели составит $m_{\text{вл}} = 3,955 \cdot 1,02 = 4,034$ г. Следовательно, приращение массы или количество влаги, которое заполнит поры модели, составит $\Delta m = m_{\text{вл}} - m_{\text{сух}} = 4,034 - 3,955 = 0,079$ г.

Так как плотность воды при 20°C равна единице, примем, что объем воды, который заполнит поры, равен $V_g = 0,079$ см³.

Согласно данным табл. 1 из [1] суммарный объем микропор равен 0,004, резервных – 0,062, макропор – 1,287 см³. Можно показать, что объем воды равный 0,079 см³ полностью заполнит микро- и резервные поры, так как их суммарный объем равен $V_{(<50)+(50<200)} = V_{<50} + V_{50<200} = 0,066$ см³ и меньше объема воды. Избыток влаги, равный 0,013 см³, пойдет на заполнение части

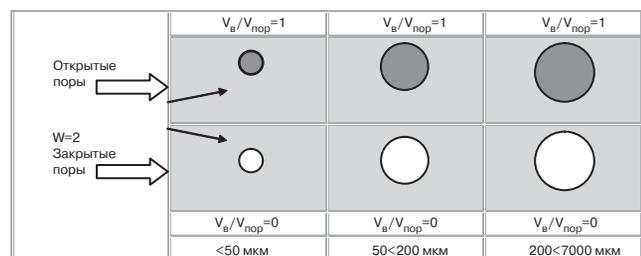


Рис. 1. Схема миграции влаги в поры при W=2% по модели II

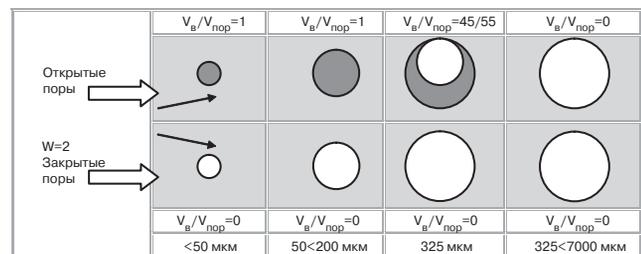


Рис. 2. Уточненная схема миграции влаги в поры при W=2% по модели II

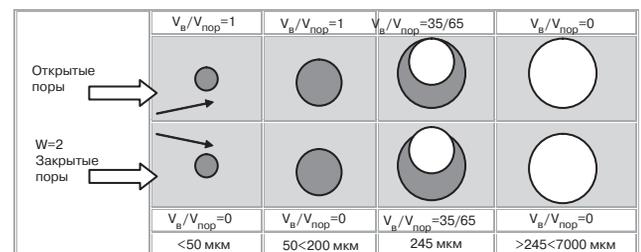


Рис. 3. Схема миграции влаги в поры при W=2% по модели III

Таблица 1

Размер пор, мкм	Объем пор, $\times 10^{-3}$, см ³			Теплопроводность воздуха в порах, 10^{-2} Вт/(м \cdot °С)		Термическое сопротивление, $\times 10^{-3}$, (м ² ·°С)/Вт, создаваемое порами в ограждении толщиной 0,64 м			
	всех	закрытых	открытых	закрытых	открытых	закрытыми	открытыми	всеми	доля, %
5	0,008	0,003	0,005	2,272	58	1,1	0,7	1,7	0,12
15	0,059	0,023	0,036	2,31	58	2,4	1,5	3,9	0,27
20	0,374	0,145	0,229	2,318	58	11,4	7,3	18,7	1,28
40	3,395	1,316	2,079	2,375	58	50,4	32,3	82,7	5,65
50	0,338	0,131	0,207	2,425	58	3,9	2,5	6,4	0,44
<50	4,174	1,618	2,555			69,2	44,3	113,5	7,74
55	0,263	0,102	0,161	2,481	58	2,7	1,7	4,5	0,3
80	16,172	6,271	9,901	2,514	58	113,5	72,6	186,1	12,7
120	8,333	3,231	5,102	2,546	58	38,5	24,6	63,1	4,31
160	26,912	10,435	16,477	2,553	58	93	59,5	152,5	10,41
200	10,416	4,039	6,377	2,559	58	28,7	18,4	47,1	3,21
50<200	62,095	24,077	38,019	–	–	276,4	176,9	453,3	30,94
0–200	66,269	–	40,574	–	–	345,6	221,2	566,7	38,68
245	47,47	18,406	29,064	2,562	58	106,7	12,2	118,9	8,11
325 *	влажные	–	9,452	–	58	–	3	3	0,2
0–325	влажные	–	V_{вл} = 79,09	–	–	–	R^{вл}_{пор отгр} = 236,3	–	0
325 **	сухие	–	11,754	2,567	2,567	58,6	83,8	142,4	9,72
410	38,91	11,79	27,12	2,572	2,572	40,7	93,6	124,5	8,5
490	27,788	10,775	17,013	2,631	2,631	30,4	48	124,1	8,47
570	21,935	8,504	13,43	2,655	2,655	20,5	32,3	68,5	4,68
730	15,419	5,977	9,441	2,72	2,72	11	17,3	43,3	2,95
815	12,812	4,965	7,848	2,8	2,8	7,9	12,5	25,2	1,72
1020	10,034	3,893	6,141	2,83	2,83	4,9	7,7	17,4	1,19
1100	11,67	4,528	7,142	2,88	2,88	5,2	8,2	12,9	0,88
1220	28,71	1,125	17,585	3,04	3,04	10,9	17,3	19,1	1,31
1590	24,36	9,46	14,9	3,05	3,05	7,1	11,2	24,4	1,66
1630	25,624	9,942	15,682	3,15	3,15	7	11,1	18,3	1,25
1910	35,184	13,651	21,533	3,5	3,5	7,4	11,7	18,6	1,27
3300	105,029	40,751	64,278	3,555	3,555	12,6	19,9	24,4	1,66
3660	129,194	50,127	79,067	3,9	3,9	12,8	20,2	32,7	2,23
5050	245,959	95,432	150,527	4,5	4,5	15,3	24,1	35,5	2,42
7000	472,581	183,361	289,22	4,5	4,5	21,2	33,4	45,3	3,09
200<7000	1252,679	496,119	762,132	–	–	380,3	467,7	898,3	61,32
Все	1353,6	521,814	791,2	–	–	725,8	688,9	1465,1	100
Термосопротивление СФ (R_{СФ}) (табл. 2 [1])							–	176,542	–
Термосопротивление КрФ (R_{Кр.Ф}) (табл. 2 [1])							–	141,155	–
Термосопротивление модели R_{мод} = R_{пор} + R_{СФ} + R_{Кр.Ф}							–	1782,797	–
(1/α_в + 1/α_н)							–	158,4	–
Термосопротивление ограждения из модели, R_{отгр} = (1/α_в + R_{мод} + 1/α_н), (м²·°С)/Вт							1941		–
Примечание. * Серым цветом отмечены поры, заполненные водой. ** Поры размером 325 мкм заполнены водой на 44,57%, а остальные воздухом.									

макропор объемом 0,013 см³, начиная от размера 200 мкм и выше. Используя данные табл. 1 из [1], определим, что этот остаток объема воды полностью заполнит только макропоры размером 245 мкм и на 44,57% макропоры размером 325 мкм.

Для расчета термического сопротивления модели и ограждения из нее необходимо установить новые значения теплопроводности среды в порах размером 0–325 мкм, заполняемых влагой. Примем, что теплопроводность заполненных водой пор равна теплопроводности воды 0,58 Вт/(м·°С), а теплопроводность не заполненных водой пор остается как в модели I. Для граничной поры размером 325 мкм, на 44,57% заполненной

водой, примем, что 44,57% ее объема имеет теплопроводность воды, а оставшийся объем – 0,02567 Вт/(м·°С).

Данные расчета термического сопротивления модели, создаваемого поровым пространством и скелетной частью (СФ+КрФ), а также ограждения толщиной 0,64 м представлены в табл. 1.

Анализ данных табл. 1 позволяет сделать следующие выводы.

Термическое сопротивление модели, создаваемое открытыми порами, составляет 0,6889; закрытыми порами – 0,7258 м²; всеми порами – 1,4651 м²·°С/Вт. При этом термическое сопротивление, создаваемое открытыми увлажненными порами размером от 0 до 325 мкм,

Таблица 2

Размер пор, мкм	Объем пор, $\times 10^{-3}, \text{см}^3$			Теплопроводность воздуха в открытых порах, $\times 10^{-2} \text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$	Термическое сопротивление, $\times 10^{-3} (\text{м}^2\cdot^\circ\text{C})/\text{Вт}$, создаваемое порами в ограждении толщиной 0,64 м			
	суммарный	закрытых	открытых		закрытыми	открытыми	всеми порами	доля открытых пор
5	0	0	0	58	0,07	0,1	0,17	0,01
15	0,1	–	–	58	0,15	0,23	0,38	0,02
20	0,4	0,1	0,2	58	0,71	1,12	1,83	0,1
40	3,4	1,3	2,1	58	3,23	5,1	8,32	0,44
50	0,3	0,1	0,2	58	0,26	0,41	0,66	0,04
<50	4,2	1,6	2,6	–	4,41	6,96	11,37	0,61
55	0,3	0,1	0,2	58	0,18	0,29	0,47	0,02
80	16,2	6,3	9,9	58	7,69	12,14	19,83	1,06
120	8,3	3,2	5,1	58	2,64	4,17	6,81	0,36
160	26,9	10,4	16,5	58	6,39	10,1	16,5	0,88
200	10,4	4	6,4	58	1,98	3,13	5,11	0,27
50<200	62,1	24,1	38	–	18,88	29,83	48,71	2,6
0–200	–	–	–	–	23,29	36,79	60,08	3,21
245 вл	14,8	6,6	10,4	58	2,30	3,63	5,93	0,32
0–245 вл	79,1	32,3	51	2,562	25,59	40,42	66,01	15,78
245 сух	32,6	11,8	18,7	2,562	166,76	263,42	430,18	22,95
325	34,6	13,4	21,2	2,567	91,54	144,61	236,15	12,6
410	38,9	11,8	27,1	2,572	63,58	146,31	209,89	11,2
490	27,8	10,8	17	2,631	47,53	75,08	122,61	6,54
570	21,9	8,5	13,4	2,655	31,96	50,49	82,44	4,4
730	15,4	6	9,4	2,72	17,12	27,05	44,17	2,36
815	12,8	5	7,8	2,8	12,37	19,56	31,94	1,7
1020	10	3,9	6,1	2,83	7,67	12,1	19,77	1,05
1100	11,7	4,5	7,1	2,88	8,13	12,83	20,95	1,12
1220	28,7	11,1	17,6	3,04	17,06	26,97	44,03	2,35
1590	24,4	9,5	14,9	3,05	11,09	17,51	28,60	1,53
1630	25,6	9,9	15,7	3,15	11,01	17,38	28,39	1,51
1910	35,2	13,7	21,5	3,5	11,61	18,32	29,94	1,6
3300	105	40,8	64,3	3,555	19,75	31,17	50,92	2,72
3660	129,2	50,1	79,1	3,9	19,97	31,51	51,48	2,75
5050	246	95,4	150,5	4,5	23,88	37,68	61,56	3,28
7000	472,6	183,4	289,2	4,5	33,1	52,23	85,34	4,55
200<7000	1252,7	496,1	762,1	–	594,15	984,22	1578,37	84,22
Все	1318,9	521,8	802,7	–	619,74	1024,6	1644,34	100
Термическое сопротивление СФ ($R_{\text{СФ}}$) (табл. 2 [1])					–		176,542	–
Термическое сопротивление Кр.Ф ($R_{\text{Кр.Ф}}$) (табл. 2 [1])					–		141,155	–
Термическое сопротивление модели $R_{\text{мод}} = R_{\text{пор}} + R_{\text{СФ}} + R_{\text{КрФ}}$					–		1962,037	–
($1/\alpha_{\text{в}} + 1/\alpha_{\text{н}}$)					–		158,4	–
Общее термическое сопротивление ограждения из модели, $R_{\text{огр}} = 1/\alpha_{\text{в}} + R_{\text{пор}} + R_{\text{СФ}} + R_{\text{КрФ}} + 1/\alpha_{\text{н}}$					–		2120,4	–
Примечание. * Серым цветом отмечены поры размером до 245 мкм, заполненные водой. ** Поры размером 245 мкм заполнены водой на 35,86%, а остальное воздухом.								

равно $0,2363 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$, а на долю оставшейся части открытых пор размером 325–7000 мкм приходится $0,4677 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

При 2% насыщении влагой в материале полностью заполняются последовательно все микро- и резервные поры до 200 мкм, а также макропоры размером 245 и 325 мкм, причем последние заполняются только на 44,57%. Полностью ненасыщенными (сухими) остаются закрытые микро-, резервные и макропоры размером

0–7000 мкм, а также открытые макропоры размером 325–7000 мкм.

С учетом инертных при насыщении влагой СФ и КрФ, общее термическое сопротивление, создаваемое порами и скелетной частью, для ограждения толщиной 0,64 м составляет $1,941 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

Доля термического сопротивления в модели, создаваемого водонасыщенными открытыми порами размером до 325 мкм, составляет 16,13% значения общего

термического сопротивления, обеспечиваемого всеми порами модели; доля вносимого открытыми незаполненными влагой порами 245–7000 мкм составляет 31,92%; доля незаполненных влагой закрытых пор – 49,54%. Эти же доли от общего термического сопротивления ограждения из модели ($R_{огр}$), равного $1,941 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$, составляют соответственно 12,17; 24,09 и 37,39%.

По результатам расчетов и данным табл. 2 представим уточненную схему миграции влаги в модели II (рис. 2).

Анализ полученных результатов поведения модели II при воздействии эксплуатационной влажности 2% и сравнение с моделью I позволяет заключить, что за счет 2% увлажнения при эксплуатации термическое сопротивление ограждения толщиной 0,64 м, выполненного из материала модели II, снижается с 2,378 до $1,941 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$; снижение термического сопротивления связано с повышением теплопроводности фазы в открытых порах размером 0–325 мкм, заполняемых влагой.

Далее рассмотрена возможность одновременного заполнения влагой открытых и закрытых пор по модели III, которая возможна на практике из-за просачивания влаги через тонкие стенки пор в условиях длительного воздействия воды на пористую керамику. Для этого поставлена следующая задача исследования.

Определить термическое сопротивление модели III и ограждения из нее при условии их эксплуатации во влажных условиях по режиму Б согласно СНиП II-3-79*, когда расчетное массовое отношение влаги в кирпичной кладке из керамического пустотного кирпича на цементно-песчаном растворе равно 2%. Принять, что открытые и закрытые поры модели последовательно полностью заполняются водой начиная с более мелких (<50 мкм), а затем крупных (резервные 50<200 мкм) и очень крупных (макро- 200<7000 мкм).

Такой вариант возможен при длительном насыщении высокопористой модели, обладающей тонкими межпоровыми перегородками между замкнутыми порами. Схема миграции влаги в поры для модели III представлена на рис. 3.

Данные расчета термического сопротивления модели III и ограждения из нее приведены в табл. 2.

На основании анализа данных табл. 2 можно сделать выводы:

- при 2% увлажнении модели полностью заполняются влагой открытые и закрытые микро- и резервные поры, а также макропоры размером до 245 мкм на 35,74% их объема;

- объемы открытых и закрытых макропор размера свыше 245 мкм остаются незаполненными влагой;

- термическое сопротивление увлажненной поровой части модели, создаваемое закрытыми и открытыми порами размерами до 245 мкм, составляет $R_{пор} = 0,06601 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

- термическое сопротивление всей модели, создаваемое поровой частью и скелетом, составляет $R_{мод} = 1,962 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

- термическое сопротивление ограждения из модели толщиной 0,64 м составляет $R_{огр} = 2,1204 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Ключевые слова: пористая керамика, термическое сопротивление, модель порового пространства, влажность материала.

Литература

1. Габидуллин М.Г., Габидуллина А.Н. Основные принципы моделирования поведения пористой керамики при эксплуатации во влажных условиях. Часть I // Строит. материалы. 2010. № 6. С. 62–65.

16-18 марта 2011

Ярославль
ГКВК «Старый Город»

**седьмая международная
специализированная
выставка**

ЯРОСЛАВСКИЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

www.yarstroyforum.ru

Оргкомитет: (4852) 73-31-81, 58-20-94 • E-mail: ycf@yarinfo.com

открой
перспективы

Организаторы

Информационные партнеры

Применение природного и техногенного сырья в производстве строительных материалов и изделий

По материалам Международного совещания
«Научные основы и современные процессы комплексной переработки
труднообогатимого минерального сырья»

13–18 сентября 2010 г. в Казани состоялось Международное совещание «Научные основы и современные процессы комплексной переработки труднообогатимого минерального сырья» (Плаксинские чтения–2010), приуроченное к 110-летию члена-корр. АН СССР И.Н. Плаксина и 65-летию федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых». Организаторами совещания выступили Научный совет РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых, ФГУП «ЦНИИГеолнеруд», Академия наук Республики Татарстан и Институт проблем комплексного освоения недр РАН (УРАН ИПКОН РАН).

На совещании было заслушано и обсуждено более 170 докладов по актуальным проблемам обогащения руд. В ряде выступлений были изложены результаты исследований по использованию природного и техногенного сырья в производстве строительных материалов и изделий. **Наибольшее количество докладов на данную тему представил ФГУП «ЦНИИГеолнеруд».** В них сделаны следующие выводы.

Перспективным источником минерального сырья, пригодного для производства глауконита и кварцевого песка, могут быть глауконитовые песчаники с содержанием алеврито-глинистого материала до 30%. Обогащенный глауконит рекомендуется использовать в качестве зеленого пигмента масляных и силикатных красок, при изготовлении сухих строительных смесей, для объемного окрашивания строительных изделий на основе портландцемента, извести и гипса. Безотходная технология переработки глауконитовых песчаников позволяет получать и представляющий промышленный интерес попутный компонент – кварцевый концентрат с размерами частиц 0,05–2 мм. Он пригоден для производства бетонов, керамических стеновых материалов, стеклоизделий, кладочных, штукатурных и затирочных растворов, дорожного строительства и т. д.

Из легкоплавкого глинистого сырья (кирпичных и цеолитсодержащих глин) возможно получение клинкерной керамики, удовлетворяющей по прочности на изгиб (не менее 30 МПа) и водопоглощению (не более 8%) требованиям европейского стандарта DIN EN 1344.

Повышения прочности и соответственно марки портландцемента можно достичь путем обработки цементной шихты в режиме трибоэлектрического образования газопылевой «плазмы» в замкнутом объеме и введением в цемент нетрадиционной минеральной добавки – синтетического волластонита, полученного обжигом карбонатно-кремнеземистой смеси.

Регулирование эксплуатационных характеристик (прочностных и теплоизоляционных) керамических изделий возможно за счет применения в качестве технологической добавки определенной фракции активированной в электромагнетронной установке цеолитсодержащей кремнистой породы. Введение мелкодисперсной фракции активированной породы в портландцемент повышает его марку с М300 до М400–М500.

Разработанные технологические схемы обогащения могут быть использованы при освоении месторождений стекольных песков Белгородской и Липецкой областей, Ханты-Мансийского АО, Республики Башкортостан. Полученные кварцевые концентраты имеют достаточно высокие марки: С-070-1, ВС-050-1, ОВС-025-1, ОВС-025-1А, ООВС-015-1.

Попутный компонент (ангидрит), образующийся при получении бесхлоридного калийного удобрения методом азотно-кислотного выщелачивания из полигалитсодержащих пород, по своим

свойствам относится к гипсовым вяжущим марки Г-5 и пригоден для внутренней отделки стен и штукатурных работ.

Казанский государственный архитектурно-строительный университет представил доклад на тему «Техногенное сырье – вторичный ресурс для производства строительных материалов», в котором приведены сведения о разработанных эффективных строительных материалах:

- композиционных гипсовых, известковых, цементных, магнезиальных и шлакощелочных вяжущих и бетонах на основе доменных шлаков, с добавками топливных золошлаков, отходов сноса зданий и производства керамического кирпича, отходов переработки нерудного сырья;
- керамических изделий с использованием отходов гальваники;
- минеральных пигментов на основе сырья местных болотных руд и отходов нефтехимических производств и др.

В докладе представителя Читинского государственного университета были рассмотрены вопросы комплексной переработки цеолитсодержащего сырья Восточного Забайкалья. Одним из основных направлений такой переработки является получение из него преимущественно способом кислотного разложения алюминия и чистого аморфного кремнезема. Дополнительный продукт кислотной переработки – аморфный кремнезем может применяться в производстве цемента, стекла и керамики, при получении пористых заполнителей для легких бетонов и строительных материалов.

В Институте химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра РАН изучена возможность получения строительной керамики на основе хвостов обогащения вермикулитовых и апатит-нефелиновых руд Мурманской области. Методами жидкостного спекания и гиперпрессования получены изделия, удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к облицовочной плитке, керамическому полнотелому, пустотелому и гиперпрессованному кирпичу. Стеновые керамические материалы имеют улучшенные механические характеристики и повышенную морозостойкость.

В ОАО «Русский магний» (г. Асбест) проведены исследования по гидрометаллургической переработке отхода обогащения асбестовых руд ОАО «Ураласбест» – серпентинита ($Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$), в результате которой получается металлический магний и в качестве одного из побочных продуктов – аморфный кремнезем. Показана возможность его использования после обогащения электрическим и магнитным методами для получения жидкого стекла высокой чистоты.

Следует отметить, что в современных условиях актуально расширение отечественной сырьевой базы промышленности строительных материалов за счет не только более рационального использования сырья, но и его переоценки с позиции выявления новых направлений использования с учетом улучшения его качества. В связи с этим необходимо разрабатывать новые технологии и вовлекать в производство местные нетрадиционные виды нерудного сырья, в том числе техногенные отходы. В перечисленных работах было предложено направления решения данных вопросов. Внедрение научных разработок в практику позволит расширить номенклатуру выпускаемых строительных изделий с высокими эксплуатационными характеристиками и утилизировать техногенные отходы.

Т.З. Лыгина, д-р геол.-мин. наук;
А.В. Корнилов, д-р техн. наук

Книга о неорганических пигментах, нужная ученым и производственникам

Масленникова Г.Н., Пищ И.В.
КЕРАМИЧЕСКИЕ ПИГМЕНТЫ

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2009. – 240 с.



Неорганические пигменты являются долговечными, стойкими к световой радиации, поэтому они востребованы в производстве современных отделочных строительных материалов (красок, декоративных покрытий, облицовочных изделий, керамической плитки).

В 2009 г. вышла в свет монография, которая представляет интерес для разработчиков и потребителей декоративных отделочных материалов – «Керамические пигменты», издательство РИФ «Стройматериалы». Авторы книги известные ученые: Галина Николаевна Масленникова (Российская школа) и Иван Владимирович Пищ (Белорусская школа).

Первое издание монографии вышло в Минске в 1987 г., в настоящее время является библиографической редкостью и не все молодые исследователи с ним знакомы. Данное издание отличается от предыдущего. Оно существенно переработано и дополнено, в нем систематизированы результаты исследований в области создания керамических пигментов за последние 15 лет, представлены новые подходы для классификации пигментов на основе различных структур силикатов и оксидов, даны общие сведения о цвете и особенностях возникновения окраски минералов.

В монографии рассмотрены физико-химические основы синтеза керамических пигментов, особенности протекания твердофазовых реакций, механизмы встраивания ионов-хромофоров в кристаллическую структуру пигментов. Показана природа цветообразования в зависимости от зарядности хромофоров и координации ионов в оксидных и силикатных системах. Приведены термодинамические особен-

ности и закономерности синтеза керамических пигментов различной окраски и различных кристаллических структур.

Данная книга представляет собой не только фундаментальный научный труд, но и содержит важную практическую информацию. В монографии представлены сведения о материалах, используемых для получения пигментов, даны основы технологии, а также приведены требования, предъявляемые к пигментам и краскам.

В монографии обозначены также основные перспективы исследований в данной области – это создание научно обоснованного подхода к синтезу керамических пигментов, развитие методов физико-химического анализа, применение современного аппаратного и приборного оформления.

Монография Масленниковой Г.Н., Пища И.В. «Керамические пигменты» является уникальной по обобщенным в ней научным и практическим результатам и представляет большой интерес для ученых, технологов, аспирантов, студентов и всех, кто работает в области создания и использования керамических пигментов и красок для декорирования изделий из фарфора, фаянса, майолики, стекла, строительной керамики.

Верещагин В.И.
д-р техн. наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации,
заведующий кафедрой технологии силикатов и наноматериалов
Национального исследовательского Томского
политехнического университета

ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ И АРХИТЕКТУРЕ

ПРИГЛАШАЕТ

воспользоваться ее уникальными фондами – свыше 1,5 млн печатных единиц,
включая редкие книги, отечественную и иностранную периодику.

Тематика библиотеки охватывает издания по всем разделам истории и теории архитектуры, градостроительства, строительства, строительных материалов и смежных искусств.

Представлены материалы по живописи, графике, скульптуре, прикладным искусствам, географии и картографии.

Особо ценен выверяемый фонд нормативно-технических документов по проектированию и строительству.

ОКАЗЫВАЕТ ЧИТАТЕЛЯМ СЛЕДУЮЩИЕ УСЛУГИ:

- библиографическую помощь для написания научных трудов, диссертаций, курсовых и дипломных работ;
- методические консультации по работе с фондом нормативно-технических документов;
- абонентное обслуживание и приоритетное обслуживание по договорам;
 - заказ литературы по электронной почте: cntb_sa2001@mail.ru;
 - ксерокопирование;
 - фотографирование документов фонда;
 - сканирование.

Студентам и аспирантам профильных вузов предлагаем работу с частичной занятостью.

Более подробную информацию об услугах библиотеки можно получить по телефонам:

отдел обслуживания	– (499) 976-03-65
дежурный библиограф	– (499) 976-45-48
тел/факс	– (499) 976-48-82

e-mail: cntb_sa2001@mail.ru

Адрес: Москва, Дмитровское ш., 9, стр. 3 (проезд: ст. м. «Тимирязевская»)

80
лет

КОЛЛЕГИ



К 55-летию А.Ф. Бурьянова

Александр Федорович Бурьянов – ровесник журнала «Строительные материалы»®, родился 23 декабря 1955 г. в Чите.

После окончания в 1978 г. Белгородского технологического института строительных материалов (БГТУ им. В.Г. Шухова) А.Ф. Бурьянов был направлен по распределению на работу во ВНИИСтром им. П.П. Будникова, где прошел путь от инженера до заведующего научно-исследовательским отделом процессов и аппаратов для производства гипсовых и других изделий.

Активно участвовал в разработке технологии и оборудования для производства гипсокартонных листов, занимался их внедрением практически на всех гипсовых заводах СССР.

Много лет посвятил разработке технологии и оборудования для устройства наливных гипсовых полов. В последние годы занимается разработкой и внедрением современного оборудования для производства гипсовых перегородочных плит. Кандидат технических наук.

Научные интересы А.Ф. Бурьянова в последние годы связаны с вопросами модификации структуры и свойств гипсосодержащих композиционных материалов строительного назначения, с наносистемами.

За разработку и внедрение технологии и оборудования для устройства наливных полов и изготовления пеногипсовых изделий А.Ф. Бурьянов награжден золотой, двумя бронзовыми медалями ВДНХ СССР и нагрудным знаком «Изобретатель СССР». В 1991 г. удостоен звания «Лауреат премии Совета Министров СССР» в области науки и техники.

А.Ф. Бурьянов – автор более 120 научных публикаций, 15 патентов и авторских свидетельств на изобретения, соавтор двух книг и двух монографий. С 1984 г. является постоянным автором журнала и верным соратником.

Совмещает основную деятельность с преподавательской – профессор кафедры технологии вяжущих веществ и бетонов МГСУ.

А.Ф. Бурьянов стал одним из инициаторов и организаторов Российской гипсовой ассоциации, является ее исполнительным директором. Ведет большую работу по организации международных и всероссийских научных конференций и семинаров.

Редакция и редакционный совет поздравляют Александра Федоровича Бурьянова, желают дальнейших творческих и производственных успехов, здоровья и счастья!

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Российский рынок ЛКМ вырос

В 2009 г. потребление всех групп ЛКМ в России уменьшилось из-за нестабильной работы предприятий, потребляющих ЛКМ, и низкого платежеспособного спроса конечных потребителей. В этом году рынок стал расширяться. Прирост объемов потребления в 2010 г. происходит как благодаря увеличению выпуска ЛКМ в стране, так и за счет наращивания поставок импортной продукции.

По оценке специалистов, за девять месяцев 2010 г. видимое потребление всех групп лакокрасочных материалов в России составило 962 тыс. т, то есть на 24% превышает показатель аналогичного промежутка времени прошлого года. Совокупный объем выпуска ЛКМ в России вырос на 21%, импорта – на 23%.

Следует отметить, что в этом году рынок ЛКМ растет как за счет увеличения продаж материалов декоративного назначения, так и благодаря увеличению спроса на ЛКМ промышленными предприятиями. С начала года потребление полуфабрикатного лака возросло на 21%. Что касается алкидных материалов, то рынок расширился на 36%, а потребление ВД-продукции увеличилось на 34%.

По итогам 9 месяцев 2010 г. основную долю российского рынка ЛКМ (36%) занимают алкидные материалы. На ВД ЛКМ приходится 31%. Но, учитывая, что в осенне-зимний период максимальное снижение продаж наблюдается в группе водных материалов, по итогам года ожидаемого выравнивания долей на рынке не произойдет. Доля алкидных ЛКМ вероятнее всего увеличится до 40%.

По материалам журнала «Хим-Курьер»

Конкуренция на рынке строительных материалов

Эксперты проанализировали все инвестиционные проекты по строительству и реконструкции цементных заводов в стране в исследовании «Производство и потребление цемента в России» и пришли к выводу, что конкуренция на рынке строительных материалов еще усилится.

В завершающейся стадии находится проект по строительству нового цементного завода в г. Новотроицк Оренбургской области. Мощность завода составит 2,5 млн т цемента в год, в том числе первой очереди – 1,3 млн т. Близится к окончанию строительство цементного завода группы ЛСР в г. Сланцы Ленинградской области. Планируется, что завод будет сдан в эксплуатацию в первом полугодии 2011 г. В завершающей стадии строительства находятся заводы «Тулацемент» компании Heidelbergcement и Серебрянский за-

вод компании «Базэлцемент» мощностью 2 млн и 1,5 млн т цемента каждый. Кроме того, несколько цементных заводов заявляют о завершении реконструкции мощностей, например Мордовцемент готовится к вводу новой технологической линии мощностью 2,3 млн т цемента в год.

Всего в 2010–2011 гг. в России будут реализованы проекты по строительству и реконструкции цементных заводов общей мощностью более 10 млн т цемента в год. И это еще не так много, потому что будут реализованы только те проекты, которые прошли «точку невозврата» на момент кризиса. Учитывая сокращение объема строительства и ввода жилья во многих регионах, в том числе в Пермском крае, после запуска новых мощностей по производству цемента конкуренция на этом рынке крайне обострится.

По материалам информационного агентства «INFOLine»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Новый завод в Волгоградской области

В конце октября 2010 г. состоялось открытие нового завода сухих смесей ВОЛМА-ВТР корпорации ВОЛМА. Мощность завода 600 тыс. т сухих строительных смесей в год. Решение о строительстве завода было принято в 2007 г. Оборудование поставила компания «Эришим Маккина» (Турция). Проект предполагает производство не только сухих строительных смесей, но и гипсового вяжущего, на основе которого производятся смеси, а также блоков, плит торговой марки ВОЛМА. На предприятии также работает участок по производству перлита. Объем капитальных вложений в реализацию проекта составил более

800 млн р. (средства корпорации). На заводе создано 250 рабочих мест.

ВОЛМА-ВТР – это четвертое возрожденное предприятие корпорации ВОЛМА. Предприятия восстанавливаются, полностью реконструируются из полуразрушенных заводов, которые были построены еще в 1940–1950-е гг. В Волгограде таких заводов два: завод ВОЛМА-Волгоград (Волгоградский гипсовый завод), новый завод ВОЛМА-ВТР (завод ЖБИ-2). Еще два аналогичных предприятия работают в Московской области и Челябинске (ВОЛМА-Воскресенск и ВОЛМА-Челябинск).

По материалам корпорации ВОЛМА

«Уралмаш-Инжиниринг» поставит «под ключ» дробильно-сортировочный завод в Республику Беларусь

Компания «Уралмаш-Инжиниринг» подписала контракт с республиканским унитарным производственным предприятием «Гранит» (Республика Беларусь) на поставку дробильно-сортировочного завода, который будет ежегодно выпускать 3 млн м³ щебня улучшенной формы для производства высококачественного бетона и дорожных покрытий. Все оборудование должно быть изготовлено до конца 2011 г.

Это первый контракт дивизиона на целый завод «под ключ», когда поставляется технология и оборудование для ее реализации. Контракт подписан по итогам открытого тендера, в котором помимо «Уралмаш-Инжиниринг» участвовали поставщики горного оборудования: компании Metso (Финляндия), Sandvik

(Швеция), белорусская инжиниринговая компания «Центр». Предложенные «Уралмаш-Инжиниринг» машины по своим технико-экономическим параметрам превосходили зарубежные аналоги, прежде всего по надежности и производительности. Кроме того, они обеспечивают минимальный (не более 21%) выход мелких фракций продукта дробления, так называемого отсева.

Основное оборудование дробильно-сортировочного завода будет изготовлено на Уралмашзаводе. Это каскад из пяти дробилок: головная щековая дробилка крупного дробления ШДП-15х21У, две дробилки среднего дробления КСД-2200Гр-ДМ с дистанционным управлением и две новейшие дробилки мелкого дробления КМД-2200Т7-Д.

По материалам корпорации «Уралмаш»

Начато строительство второй очереди завода кровельных материалов в Нижнем Новгороде

В ноябре 2010 г. международная группа Ондулин приступает к строительству второй очереди завода в Нижнем Новгороде. ООО «Ондулин – Строительные материалы» (Москва) входит в состав Onduline Group (Франция), которая планировала вложить около 24 млн USD в строительство завода в Нижнем Новгороде, для чего был выкуплен один из цехов Горьковского автозавода.

Выпуск новой продукции запланирован на первый квартал 2012 г. После выхода на проектную мощность будет производить 30 млн м² кровельных материалов ОНДУЛИН. Будет создано более 220 рабочих мест.

Мощность производства, строительство которого было начато в декабре 2005 г., составляет 14 млн м² в год, есть возможность увеличения мощности производства до 15 млн м² в год.

Кроме того, на базе нижегородского предприятия создается новый логистический центр, который будет способен обслуживать до 100 грузовиков в сутки и позволит оптимизировать сроки доставки товара по всей России.

Общий объем инвестиций Onduline Group в Нижегородской области с 2007 г. составит более 2 млрд р.

По материалам «Ондулин – Строительные материалы»

Создана ассоциация «УкрБетон»

В конце октября в Киеве состоялось первое учредительное собрание ассоциации. На совещании присутствовали руководители предприятий по изготовлению бетонов и железобетонов, заводы – производители оборудования и добавок в бетон, профильные научно-исследовательские институты и вузы.

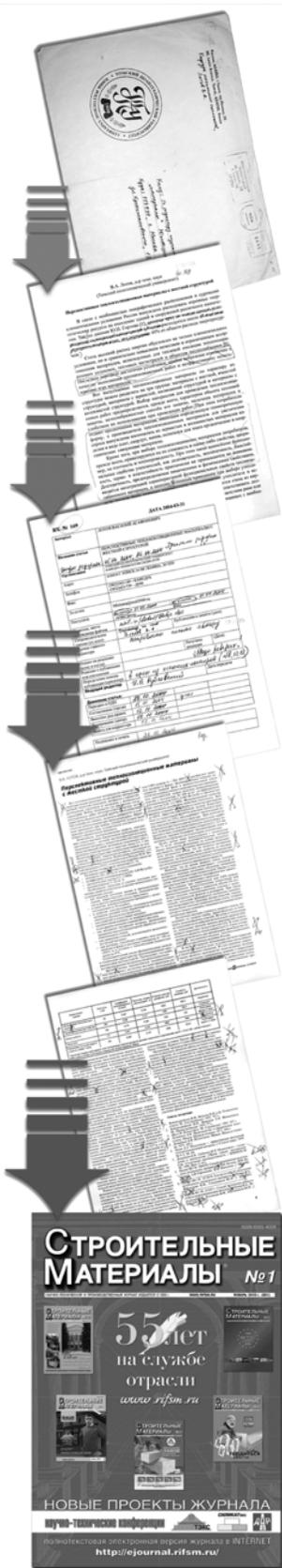
Определены цели ассоциации «УкрБетон», первоочередной среди которых является консолидация всех украинских производителей бетонных смесей, сборного железобетона, дорожных бетонов, мостовых железобетонных конструкций и других изделий из бетонов в единое профессиональное объединение. В рамках реализации данной цели ассоциация пла-

нирует координировать работу профильных предприятий; проводить анализ рынка бетона и железобетона; на основании статистических данных формировать паспорта предприятий-производителей; создавать условия по обмену и обсуждению актуальной профессиональной информации, проблем отрасли и выработке предложений по их решению как на отраслевом, так и на государственном и международном уровнях.

Одним из главных общеотраслевых вопросов является устаревшая база стандартов, которая действует еще с советского периода.

По материалам компании «Бетон Нова»

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до 4-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Строительные материалы»® для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи и не содержать перечень всего ранее опубликованного автором, что перегружает объем статьи и часто является элементом саморекламы.

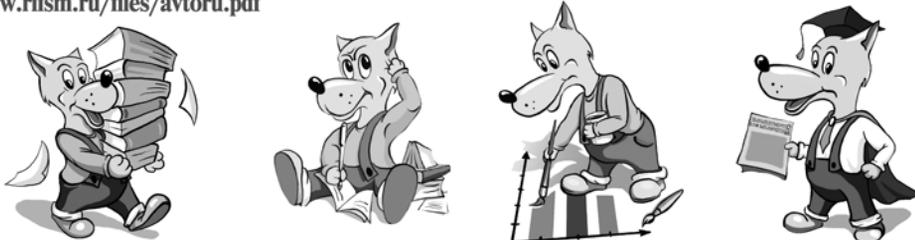
Кроме того, статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий. Статьи, направляемые в редакцию журнала «Строительные материалы»®, должны соответствовать следующим **требованиям:**

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате *.doc или *.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах *.cdr, *.ai, *.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т.п.) необходимо сохранять в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество «8 – максимальное») или *.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами;** рефератом объемом до 500 знаков на русском и английском языке; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Строительные материалы»®, ранее нигде не публиковалась, и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов. Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 году в журнале «Строительные материалы»® был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомится с которыми можно на сайте журнала

www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf

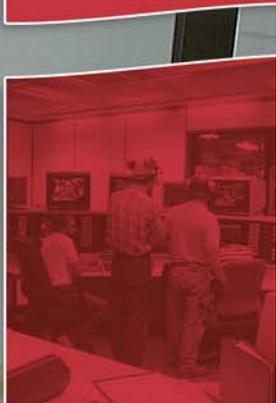
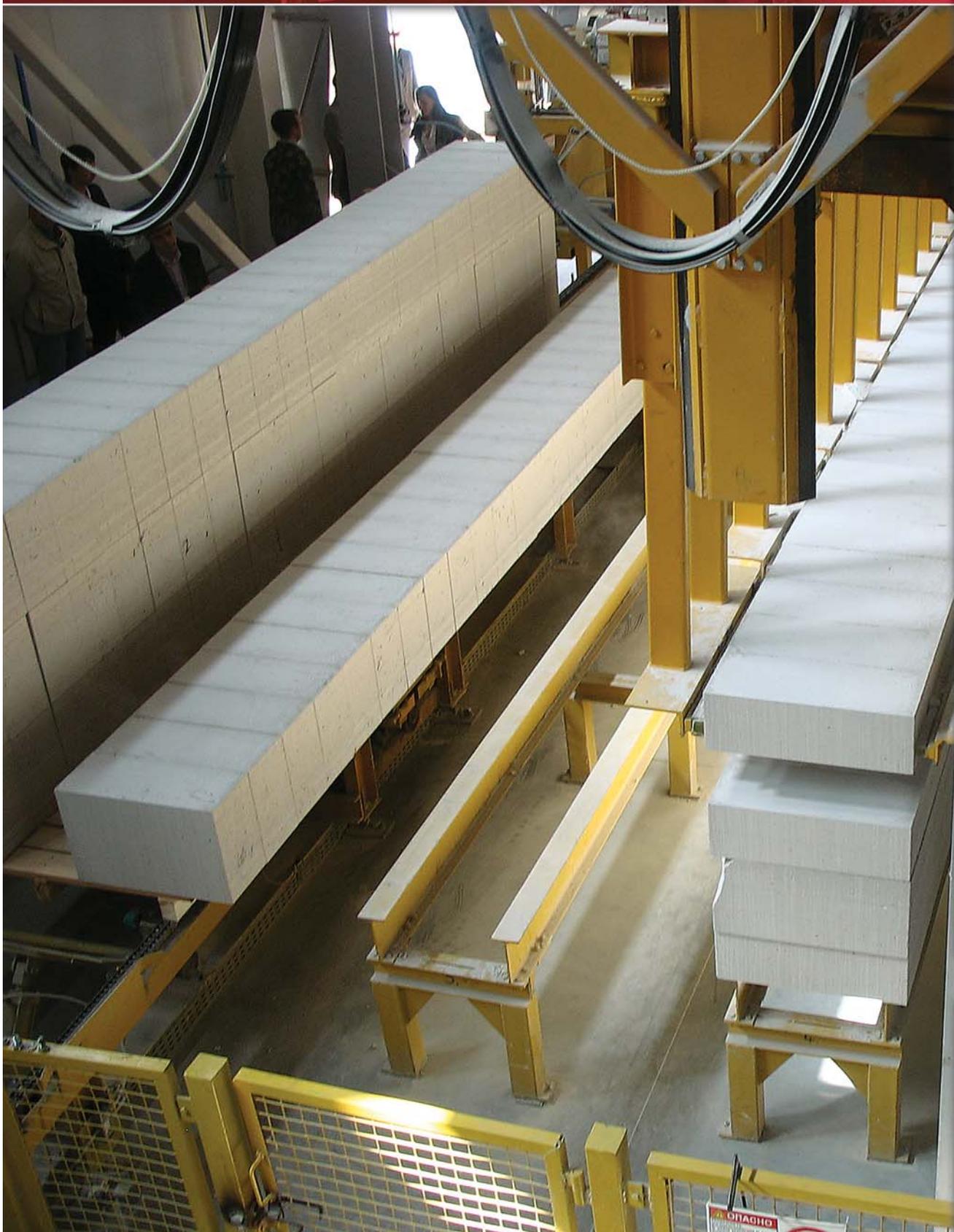


Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства www.rifsm.ru/page/7

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

тематический раздел журнала «Строительные Материалы» №11-2010 г.

К
б
о
л
о
г
и
ч
е
с
к
и
е
т
е
х
н
о
л
о
г
и
ч
е
с
к
и
е





«ЗАБУДОВА» – ЭТО 5 ЗАВОДОВ ПО ПРОИЗВОДСТВУ:

- *строительных конструкций (блоки из ячеистого бетона, перемычки армированные, армированные плиты покрытия и перекрытия);*
- *оконных и дверных блоков (брус стеновой клееный);*
- *кровельной черепицы;*
- *сухих смесей, строительных материалов (извести и гипса).*



Предприятием получены гигиенические удостоверения и сертификаты соответствия стандартам РБ; в системе сертификации ГОСТ Р (Россия); сертификат системы контроля производства извести гидратной с правом маркировки СЕ; сертификаты производственного контроля продукции блоков из ячеистого бетона, сухих смесей для кладки с правом маркировки СЕ; сертификат соответствия требованиям EN 490 на черепицу бетонную.

Вся продукция производится в контролируемых условиях, установленных сертификационной BVQI Системой Менеджмента качества, соответствующей требованиям ISO 9001:2008, а также действует СМК, соответствующая требованиям СТБ - ИСО 9001:2009.



ОТ ФУНДАМЕНТА ДО КРОВЛИ



УНП 600042819 Лич. № 62380/0202215-20.07.2012 Молодечненский район, д. 12

ОАО «УПРАВЛЯЮЩАЯ КОМПАНИЯ ХОЛДИНГА «ЗАБУДОВА»

222321, Республика Беларусь, Минская обл.,
Молодечненский р-н, п. Чисть, ул. Заводская, 1

www.zabudova.by

Тел.: +375 (176) 72-45-00

Сбыт: +375 (176) 72-49-06, 72-45-35

Фирменный магазин: +375 (176) 72-46-17



E-mail: market@zabudova.by

АДРЕСА РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ:

ООО "АнВик"

РФ г.Москва, ул.Красная Сосна,3/707

тел.:+7 495 233-51-24

+7 916 850-00-18

e-mail:omag@rambler.ru

ООО "Забудова-Санкт-Петербург"

РФ 196603 г.Пушкин,

Красносельское шоссе,14/28

тел.:+7 812 467-12-02; +7 812 467-09-50

+7 921 310-45-15

e-mail:zabudovaSPB@bk.ru

ООО "Забудова-Кристалл-Атомстрой"

РФ 214031 г.Смоленск, ул.25 Сентября,64

тел.: +7 4812 31-70-00; 31-28-27

+7 910 726-68-60

<http://zabudova-sm.ru>

e-mail:zabudova-smol@yandex.ru

УДК 666.973.6

С.Б. БЕЛАНОВИЧ, генеральный директор, Д.П. БУХТА, главный инженер,
Н.П. САЖНЕВ, канд. техн. наук, помощник руководителя,
ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» (п. Чисть, Республика Беларусь)

ДОМОСТРОИТЕЛЬНОМУ КОМПЛЕКСУ «ЗАБУДОВА» 20 ЛЕТ

История ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова», мощного индустриального гиганта в области строительства, корнями уходит в 1980-е гг., когда в п. Чисть началось строительство завода железобетонных изделий и крупнопанельного домостроения (КПД). Первая очередь его вступила в строй в 1987 г. Пока вводились корпуса второй очереди домостроительного комбината, время домов КПД безвозвратно ушло. На базе Чистинской ассоциации по жилищному строительству по решению собрания учредителей в январе 1990 г. создано акционерное общество «Забудова». Появление его было востребовано временем социальных, политических и экономических катаклизмов. В 2010 г. создано ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова».

В конце 1980—начале 1990-х гг. рушатся государственные образования, рвутся устоявшиеся социально-политические связи, отделяются и воссоединяются государства. На родину возвращаются бывшие советские военнослужащие, ранее дислоцировавшиеся в Германии. Возникает острая необходимость в жилье. Государством начинаются поиски путей разрешения этой проблемы, и ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» активно включается в реализацию государственной программы по строительству жилья для военнослужащих. Оно выступило с предложением отдать цеха второй очереди завода, которые продолжали пустовать, для размещения домостроительного комбината, поставляемого из Германии. До начала проектирования и строительства специалистами ОАО «Забудова», министерств обороны Российской Федерации и Республики Беларусь и Минского облисполкома была проведена аналитическая и исследовательская работа по изучению и отбору предложений известных фирм Германии, Финляндии, Турции и др. стран. При этом все работы были направлены на достижение показателей, соответствующих лучшим миро-

вым аналогам, по повышению эффективности экономики региона, ресурсосбережению, охране окружающей среды и здоровья населения. Результатом этой творческой работы явились построенные и успешно действующие современные заводы домостроительного комбината, являющегося градообразующим предприятием.

Формирование ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» в его сегодняшнем статусе было завершено в 1998 г. в соответствии с межправительственным соглашением между СССР и ФРГ от 9 октября 1990 г. «О некоторых переходных мерах в части обеспечения жилья советским военнослужащим, выводимым из Германии» и соглашением между Республикой Беларусь и Российской Федерацией от 19 сентября 1996 г. «О совместном завершении строительства в п. Чисть домостроительного комбината». Был взят курс на использование передового европейского технологического оборудования.

Структура ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» в настоящее время выглядит так (рис. 1).

В состав ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» также входит ряд подразделений строительного, торгового, промышленного, сельскохозяйственного и иных направлений, которые обеспечивают занятость 2,5 тыс. человек. Сегодня это современный производственно-экономический комплекс, который обладает огромным производственным, строительным и проектным потенциалом, позволяющим строить «под ключ» жилые дома, объекты культурно-бытового и производственного назначения с высоким уровнем комфорта.

Завод строительных конструкций — пионер домостроительного комплекса был создан в 1996 г. и уже в 1997 г. дал первую продукцию. Сегодня это одно из крупнейших предприятий по производству изделий из

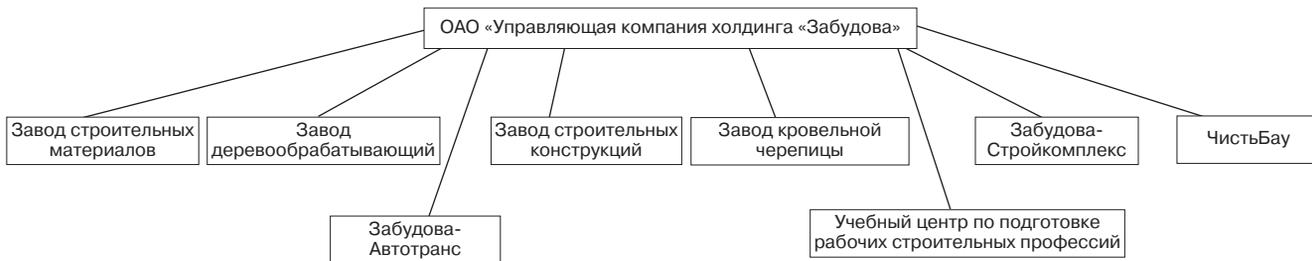


Рис. 1. Структура холдинга «Забудова»

ячеистого бетона в Республике Беларусь. Завод выпускает изделия из ячеистого бетона автоклавного твердения на оборудовании и по технологии немецкой фирмы «Hebel». Производственная мощность цеха по выпуску изделий из ячеистого бетона — 200 тыс. м³ в год, тяжелого бетона — 30 тыс. м³ в год. Максимальная мощность цеха ячеистого бетона была достигнута в 2008 г. — 419 тыс. м³ в год.

Краткое описание технологии производства ячеистого бетона

Песок местного карьера Бояры поступает на завод. В шаровой мельнице совместно с водой и гипсовым камнем его измельчают до заданных параметров и в виде шлама подают в смесеприготовительное отделение. Песчаный шлам, молотая негашеная известь, цемент, алюминиевая суспензия и вода поступают на дозирочно-смесительный узел, управляемый компьютером.

С помощью компьютерной системы производится расчет состава ячеисто-бетонной смеси:

А — изменяемые параметры: плотность бетона, В/Т, плотность песчаного и возвратного шлама, процентное содержание песчаного и возвратного шлама, содержание извести, содержание химически связанной воды;

В — расчетные параметры 1 м³ смеси: расходы цемента, извести, песчаного и возвратного шлама, воды, алюминиевой пудры (суспензии);

С — постоянные параметры: начальная температура и вязкость смеси при заливке форм, удельная поверхность песчаного шлама, время выдержки массива до транспортировки и резки на изделия заданных размеров.

Все компоненты, отдозированные в определенной пропорции, перемешивают в смесителе и подают в специальные формы, в которых происходит всгущивание и созревание бетона-сырца до определенной пластической прочности, позволяющей ячеисто-бетонный массив подавать на стол резательной машины (рис. 2). Резательная технология позволяет изготавливать широкий диапазон типоразмеров ячеисто-бетонных изделий и обеспечивает точные геометрические параметры.

При производстве армированных изделий (рис. 3) используется сталь арматурная гладкая класса А1п диаметром 6,8 и 10 мм, упрочненная протягиванием из арматуры класса А1 по ГОСТ 5781 Жлобинского металлургического завода. Протяжка арматуры наряду с увеличением в 1,5–2 раза механических характеристик стали (временное сопротивление разрыву и предел текучести) обеспечивает механическую очистку стали от коррозии и других загрязнений, что значительно повышает качество и долговечность антикоррозионного покрытия арматуры и в конечном итоге прочность сцепления арматуры с бетоном.

Использование резательной технологии производства армированных изделий, впервые освоенной в Рес-

публике Беларусь, снижает в 3 раза металлоемкость форм в расчете на 1 м³ готовой продукции, увеличивает в 4,7 раза производительность формовочного пролета и снижает на 16% удельные капитальные вложения в производство. Кроме того, высокая точность геометрических размеров готовых изделий ($\pm 1,5$ мм) при прочих равных условиях обеспечивает снижение расчетной теплопроводности стен ячеистого бетона на 20–25%.

Следующим этапом технологических переделов при производстве ячеистого бетона является гидротермальная обработка изделий в автоклавах, где происходят сложные физико-химические и кристаллизационные процессы, вследствие которых обеспечиваются сравнительно высокие прочностные характеристики ячеистого бетона.

Гидротермальную обработку массивов 6×1,5×0,6 м, разрезанных на изделия заданных размеров, осуществляют в автоклавах диаметром 2,6 м с использованием вакуумирования автоклавного пространства. При этом используются отработанный пар и конденсат, на долю которых приходится около 30 % теплопотерь. Экономия тепла при перепуске пара из одного автоклава в другой составляет 0,03–0,04 Гкал. Применение режимов гидротермальной обработки с вакуумированием автоклавного пространства и перепуском пара позволило сократить продолжительность автоклавирования при расходе пара 160–200 кг на м³ готовой продукции.

Кроме того, осуществляется полная утилизация (до 25%) отходов от резки и калибровки сырца массива, а также переработка твердых отходов некондиционной продукции (армированных и неармированных изделий) и использование их до 5% в ячеисто-бетонной смеси в виде «кристаллической затравки».

После гидротермальной обработки все изделия пакетируют и упаковывают лентой и термоусадочной пленкой. Готовые изделия на европоддонах отправляются на строительные объекты Республики Беларусь, в страны СНГ и Балтии.

Завод производит полный комплект строительных конструкций для дома из ячеистого бетона: стеновые блоки с плоской и пазогребневой торцевой поверхностью, армированные стеновые панели на комнату (рис. 4), плиты покрытия и перекрытия, брусковые несущие перемычки (рис. 5), лотковые блоки для несущих перемычек, лестничные ступени, теплоизоляционные плиты. В производстве внедрено более 30 рецептур, позволяющих производить ячеисто-бетонные изделия и конструкции различной средней плотности и прочностю: D 350, В 1,0; D400, В 1,0–1,5; D 500, В 1,5–2,5; D 600, В 2,5–3,5; D 700, В 3,5–5,0.

Неармированные изделия:

— блоки из ячеистого бетона. Производятся стандартных размеров — длина 600–625 мм, ширина 50–500 мм,



Рис. 2. Перенос массива на линию резки



Рис. 3. Линия по изготовлению армированных изделий

высота 250 мм. Плотность варьируется в пределах 350–700 кг/м³. Блоки используют для заполнения наружных стеновых проемов зданий различной этажности, имеющих монолитный или сборный железобетонный каркас, а также для возведения внутренних стеновых перегородок зданий любых конструктивных систем;

– крупноразмерные стеновые блоки. Длина 1000–2000 мм, ширина 250–375 мм, высота 600–625 мм. Плотность 350–600 кг/м³. Используется при кладке наружных стен в строительстве объектов общественного, коммерческого и других назначений.

Армированные изделия:

- плиты перекрытия и покрытия;
- элементы оконных и дверных проемов (перемычки брусковые, арочные и лотковые);
- панели для наружных стен;
- лестничные ступени.

Блоки из ячеистого бетона, изготовленные на заводе строительных конструкций, имеют SE-маркировку и поставляются в регионы Беларуси, СНГ, страны Балтии и Западной Европы. Качество продукции отвечает требованиям стандартов РБ и России: ГОСТ 31359–2007 и ГОСТ 31360–2007; СТБ 1117–98; СТБ 1330–2002; СТБ 1034–96; СТБ 1185–99; СТБ 1989–2009; СТБ 1570–2005, а также европейского стандарта LVS EN 771–4:2003/A1:2005.

Завод строительных конструкций производит также изделия из тяжелого бетона – пустотные плиты перекрытия, блоки бетонные для стен подвала, плиты ленточных фундаментов, перемычки (плитные и брусковые), прогоны, фундаменты, элементы ограды, плиты теплозащиты, ограждения и др.

Постоянно совершенствуя и модернизируя технологию производства, предприятие расширяет сферу деятельности и осваивает новые виды продукции. В 2004 г. в эксплуатацию введена полностью автоматизированная линия немецкой фирмы «Masa-Henke» по выпуску изделий из вибропрессованного бетона методом полусухого вибропрессования.

Эта линия оснащена:

- высокоточным, управляемым компьютером дозировочно-смесительным отделением;
- автоматическим вибропрессом RECORD 4000 с универсальной линией пакетирования.

Широкий диапазон частоты и амплитуды вибрации и давления, а также мощные и надежные агрегаты позволяют выпускать продукцию с высокими физико-механическими характеристиками: морозостойкость более 300 циклов; прочность при сжатии свыше 35–40 МПа; водопоглощение менее 3%; истираемость менее 0,4 г/см².



Рис. 4. Стеновая панель на комнату

Методом полусухого вибропрессования производят следующую номенклатуру изделий любых типоразмеров и цветовой гаммы:

- плиты тротуарные (кирпич, катушка, брусчатка большая и малая, L-образная, квадрат большой и малый);
- плиты для парковок и стоянок, коробчатое сечение которых допускает закладку в пустоты растительного грунта и прорастание травы среди элементов мощения;
- борт тротуарный прямой и закругленный двух различных радиусов для оформления поворотов;
- борт дорожный;
- элементы благоустройства.

Еще одним направлением деятельности Завода строительных конструкций является добыча на собственном карьере нерудных материалов для собственного производства и реализации сторонним потребителям. Основной ассортимент добываемых материалов: песок – добыча песка на карьере осуществляют на технологической линии с мойкой песка и гравия; гравий (фракция 5–20 мм); щебень (после щековой дробилки фракция 20–80 мм). Заводом закуплена новая конусная установка дробления, позволяющая производить колотый щебень фракции 5–20 мм. Объем добычи продукции составляет 130 846 м³. На карьере завода работают 2 гидравлических экскаватора, 3 бульдозера, 2 ковшевых погрузчика, 6 автомобилей КРАЗ.

В 2005 г. введен в эксплуатацию новый карьер Черченово. На нем добывают песок с повышенным содержанием кварца модулем крупности 0,7–1 мм без глинистых примесей, не требующий промывки. Мощность карьера 60 тыс. м³/год.

Деревообрабатывающий завод введен в эксплуатацию в августе 1996 г. Генеральный проектировщик – фирма Eisenmann (Германия) совместно с Минскпроектмебель. Технологический процесс реализуется на оборудовании ведущих немецких фирм Weinig, Hess, Dimter, лакокрасочное оборудование и сушильные камеры фирмы Eisenmann. Конструирование изделий проводится в автоматическом режиме по программе Prologik.

Ассортимент продукции, выпускаемой деревообрабатывающим заводом, включает практически весь спектр столярных изделий: окна, балконные двери, дверные блоки, паркет, детали профильные (доска пола, обшивка, плинтус, наличник, поручень, подоконная доска). Окна, балконные двери и дверные блоки производятся полной заводской готовности: с нанесением защитно-декоративного покрытия, с установленной фурнитурой, остеклением, упакованными. Производственная мощность завода – 120 тыс. м²/год оконных и



Рис. 5. Брусковая несущая перемычка



Рис. 6. Деревянные окна и балконные двери

дверных блоков, 1,3 тыс. м²/год деталей профильных из древесины.

Качество продукции постоянно контролируется на практике: уникальный стенд для испытания изделий на воздухо- и водонепроницаемость и ветровую нагрузку единственный в Беларуси на заводе-изготовителе.

Окна

Классические требования к окну, т. е. стойкость к влиянию окружающей среды, больших перепадов температур, пополнились в последнее время новыми критериями: звукоизоляция, защита от проникновения, минимальные затраты на уход и др. Все вышеперечисленные требования к оконным конструкциям с успехом решены в продукции деревообрабатывающего завода.

Деревянные окна и балконные двери выполняются на первоклассном оборудовании. Возможности его позволяют производить окна любых размеров, соответствующих требованиям СТБ 939–93, а также окна нестандартных форм и размеров, окна архитектурного добора и сложных конструкций, окна с двойным (стеклопакет) или тройным (двухкамерный стеклопакет) остеклением, одно-, двух- и многостворчатые с поворотнo-откидным механизмом открывания и режимом инфильтрации (рис. 6). Режим инфильтрации позволяет обеспечить благоприятный микроклимат в помещении.

Окна и другие изделия производятся из клееного массива, по технологии, которая в сочетании с предварительной сушкой материала обеспечивает стопроцентную защиту конструкции окна от перекосов и скручивания (рис. 7). Кроме того, для защиты окна от попадания влаги по нижнему поясу коробки устанавливается водостойкая алюминиевая планка, по периметру створки устанавливается уплотнитель (один или два ряда уплот-



Рис. 8. Полностью автоматизированная высокотехнологичная линия по производству пазовой черепицы



Рис. 7. Роторный пресс для производства клееного массива

нения), а стеклопакеты и дополнительное остекление герметизируются силиконовым герметиком.

На заводе освоено производство окон и балконных дверей одинарной конструкции с комбинированным сечением створки и коробки 68×78 и 78×78 мм (сопротивление теплопередаче $R = 0,54 - 0,71 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$), а также деревянных окон и балконных дверей с накладным алюминиевым декоративно-защитным профилем. В 2009 г. освоено производство энергоэффективных окон с сопротивлением теплопередаче $R = 1,2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$.

Двери

На ДОЗ выпускаются двери деревянные в соответствии с требованиями СТБ 1138–98. Номенклатура продукции необычайно широка. Это двери:

- внутренние: межкомнатные, входные в квартиры, входные в помещения общественных зданий;
- наружные входные в здания;
- щитовой конструкции со сплошным или мелкопустотным, в том числе сотовым, заполнением полотна и с использованием «скин-панелей»;
- рамочной конструкции, включая филленчатые, с порогом и без порога, с наплавом и без наплава;
- однопольные, двухпольные, в том числе с полотнами разной ширины;
- с полностью или частично остекленными полотнами или глухие;
- из массивной и клееной древесины, с применением высококачественной импортной фурнитуры, с непрозрачным и прозрачным отделочными покрытиями полной заводской готовности.

Завод выпускает также по СТБ 1079-2009 детали профильные из древесины: доску для покрытия пола, обшивку, плинтус ПЛ7, наличник, доску подоконную, планку



Рис. 9. Полный комплект черепицы на кровлю

монтажную и притворную, поручень, рейку для обшивки, рейку пола и по ГОСТ 1454-2004 паркет штучный П1.

В 2005 г. освоено производство деревянных домов из клееного бруса.

Завод кровельной черепицы образован в 1997 г. Предприятие производит цементно-песчаную черепицу по технологии и на оборудовании фирм Schade и Claudius Peters (Германия). Технология основана на лучших мировых образцах и соответствует современному техническому уровню. Мощность завода 20 млн шт. черепицы в год. Продукция соответствует требованиям СТБ 1002-2003 и EN 490:2004+A1:2006.

Высокотехнологичное оборудование (рис. 8), которым оснащен завод, позволяет выпускать полный комплект черепицы на кровлю (рис. 9). В него входит:

- черепица основная (пазовая);
- черепица доборная (фронтонная – правое и левое исполнение, коньковая, половинчатая);
- черепица специальная (подножечная, снегозадерживающая, проходная, вентиляционная).

Жесткий контроль сырья на входе, регулярный контроль качества смесей при экструзии, а также обязательные испытания и контроль готовой продукции гарантируют преимущества кровельной черепицы марки «Забудова», а престижность материала, коим является цементно-песчаная черепица, удовлетворяет всем эстетическим требованиям.

На заводе производят наиболее популярную классическую модель – «франкфуртскую» черепицу. Для ее изготовления используется только высококачественное сырье – натуральные, не содержащие токсичных веществ материалы: портландцемент, промытый кварцевый песок и красители. Черепицу выпускают 6 цветов (бордовый, коричневый, оранжевый, черный, темно-зеленый и серый). Полимерные водоотталкивающие эмульсии со специальными добавками надежно защищают черепицу от коррозии, выцветания, лишайников, плесени и гниения. Такая кровля способна прослужить 100 лет, а гарантийный срок ее эксплуатации 30 лет.

Черепичная кровля прекрасно вентилируется за счет полного комплекта доборных элементов и особой конструкции кровельной системы. Благодаря оптимальному весу и замковому способу крепления крыше не страшны ураганные порывы ветра, резкие перепады температур.

Завод строительных материалов начал работу в 1998 г. Основное направление деятельности – выпуск сухих строительных смесей, извести молотой негашеной, гашеной (гидратной), а также высокопрочного гипсового вяжущего. Завод начинал с четырех рецептов смесей: наружная и внутренняя штукатурка, легкий раствор и клей для кладки.



Рис. 10. Автоклав для дегидратации гипсового камня

Сегодня Завод сухих смесей – современное высокотехнологическое предприятие, один из основных производителей модифицированных сухих строительных смесей в Республике Беларусь. Выпускает более 70 рецептов сухих смесей, начиная от кладочных и заканчивая клеевыми. Разработаны новые перспективные рецептуры – наливные самонивелирующиеся полы, сухие грунтовочные смеси; внедрены в производство рецепты сухих смесей на гипсовом вяжущем – для шпатлевочных работ, внутренней штукатурки, клея для гипсокартонных плит.

Производство сухих смесей осуществляется по технологии и на оборудовании финской фирмы Partek Concrete Engineering Ltd. Проектная мощность завода – 24 тыс. т сухих смесей в год.

Все процессы на предприятии полностью автоматизированы. Продукция изготавливается из местного сырья с добавлением полимерных модифицирующих компонентов европейского производства. Автоматизированная система управления производственными процессами, включающая сушку, рассев песка на фракции, дозировку всех компонентов смеси и упаковку готовой продукции, обеспечивает высокое качество сухих смесей и их стабильность (высокую прочность сцепления с основанием, гидрофобность, низкое поглощение воды, способность высыхать после увлажнения, прекрасную трещиностойкость, улучшенную пластичность, минимальную усадку, высокую атмосферостойкость, а значит, и долговечность), визуальную привлекательность отделки фасадов, простоту в транспортировке и в работе, исключение возможности замораживания в зимний период.

Качество продукции отвечает требованиям стандартов РБ: СТБ 1307-2002, СТБ 1543-2005, СТБ 1263-2001, СТБ 1621-2006, СТБ 1503-2004 и европейского стандарта EN 998-2.

Завод сухих смесей – первое предприятие в Беларуси, которое получило знак СЕ на свою продукцию. Она может поставляться в страны Евросоюза.

Производство извести осуществляется на оборудовании и по технологии немецкой фирмы HUMBOLDT WEDAG ZAG GMBH. Мощность завода, тыс. т/г: молотой негашеной извести – 50, гашеной (гидратной) – 25 и высокопрочного гипсового вяжущего – 3.

Заводом впервые в Республике Беларусь и СНГ освоено производство гидратной извести без добавок.

Универсальная известегасильная установка, работающая в автоматическом режиме, позволяет получать высокодисперсную гидратную известь активностью 67–71%, остатком на сите 009 не более 2% и влажностью 0,05%. Основные ее характеристики: отсутствие примесей и песка, экологическая чистота; она негигроскопична, не изменяет объема при хранении и сохраняет качественные показатели в течение 6 месяцев (негашеная известь – 30 дней).

Еще один стратегический продукт завода – высокопрочное гипсовое вяжущее. В 2004 г. запущена линия по его производству. Дегидратацию гипсового камня производят в автоклаве (рис. 10). Завод сухих смесей – единственный в Беларуси, который выпускает гипсовое вяжущее марок Г6, Г7, Г10, Г13, Г16 и даже Г19. Этот материал имеет высокие показатели по основным свойствам – срокам схватывания, размягчению, стойкости против пластической деформации и влагоотдаче.

В 2005 г. начато производство гипса медицинского для хирургии, травматологии и ортопедии, медицинских гипсовых бинтов. Следует подчеркнуть, что для медицинских целей используется гипсовое вяжущее не ниже марки Г13 – производится оно в Беларуси только на заводе строительных материалов ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова».

На всех заводах в ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» в 2003 г. внедрена и функциониру-



Рис. 11. Одноквартирные жилые дома коттеджного типа



ет в соответствии с требованиями СТБ ИСО 9001–2009 и ИСО 9001–2008 система менеджмента качества. Существующая в ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» система менеджмента качества постоянно совершенствуется. Сегодня здесь действует 106 стандартов. Чтобы удержать свои позиции на рынках сбыта, на предприятиях ведутся работы по улучшению качества, дизайна и расширению ассортимента выпускаемой продукции. На строительную продукцию домостроительного комбината имеются сертификаты соответствия и гигиенические удостоверения Республики Беларусь, России, Литвы, Латвии и города Москвы.

С целью реализации сухих строительных смесей, извести, ячеисто-бетонных блоков, цементно-песчаной черепицы в страны Евросоюза проведен комплекс работ и в 2005 г. получены сертификаты соответствия европейским стандартам с правом маркировки продукции знаком «СЕ».

Из материалов и изделий ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» в Республике Беларусь по-строено значительное количество зданий различного функционального назначения. Идеальным примером комплексного решения, отвечающего самым высоким стандартам комфортности, служат объекты, возведенные ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» в жилом районе Большая Слепянка в Минске. Они представляют собой объемно-пространственную композицию, сочетающую одноквартирные отдельно стоящие и блокированные жилые дома коттеджного типа (рис. 11).

Первая очередь строительства жилого района завершена. Возведено 50 домов коттеджного типа и 4–5-этажный мансардный 24-квартирный жилой дом повышенной комфортности с магазином и гаражом в цокольном этаже. Здесь впервые в таких масштабах для индивидуального жилого строительства применен ячеистый бетон, выполнена кладка стен на клею, монтаж перекрытий и покрытий также из ячеистого бетона. Практически все строительные и отделочные материалы – от пола, стен, окон, плит перекрытий до черепичной кровли – производства ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова».

Кроме жилых и гражданских зданий следует отметить строительство уникальных объектов – Национальная библиотека, Минск-Арена и целый ряд других объектов, где использованы наши материалы

Продукция ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» пользуется огромным спросом и за рубежом. Это в первую очередь ячеисто-бетонные блоки, столярные изделия, сухие смеси. На сегодняшний день строительные материалы и изделия поставляются в Москву,

Санкт-Петербург, Смоленскую, Калининградскую области, Литву, Латвию.

Полный комплект стройматериалов наиболее активно используется для возведения жилья нашими постоянными партнерами – российскими строителями. Вот только несколько примеров.

Посольство Великобритании в Москве возведено из ячеисто-бетонных блоков, в доме по ул. Мосфильмовской, построенном для работников российского МИДа и депутатов Госдумы, все столярные изделия от «Забудовы». Еще в одном жилом доме в Москве «прописались» более 3 тыс. м² столярных изделий. Целые московские микрорайоны – Митино, Куркино, жилой комплекс «Ностальгия» по ул. Маршала Тимошенко построены из ячеистого бетона с применением сухих смесей ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова».

География присутствия материалов ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» постоянно расширяется. Коттеджная застройка в Латвии, отдельные объекты и комплексы в Риге и Вильнюсе, Сибири, Калининградской области – далеко не полный перечень регионов, где хорошо знают продукцию всех заводов белорусского домостроительного комплекса ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова».

Но эта востребованность не только результат возросшего спроса на строительные материалы и изделия. Продукцию ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» всегда отличало высокое качество. Не было года, чтобы наша продукция не становилась лучшей на ежегодных выставках «Лучшие товары Республики Беларусь», не побеждала на выставках и конкурсах. Девиз предприятия: «Качество нашей продукции – это мечта потребителя, воплощенная в жизнь» – не просто красивые слова. Дипломы выставок «Белорусский дом», «Строительные материалы» и многих других – наилучшее тому свидетельство. Также предприятия ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» принимают активное участие в различных конкурсах, где ее изделия неизменно становятся победителями.

ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» – активный участник всех программ по строительству и благоустройству городов в Республике Беларусь. Первая из них – «Программа организации строительства экономичного усадебного жилья в областях и г. Минске» в настоящее время активно участвует в выполнении государственной программы возрождения и развития села.

Дома и жилые комплексы, возведенные ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова» из собственных материалов, выглядят современно и вполне по-европейски.

УДК 699.86

А.В. МАТЮХИНА, инженер (matyhin53@mail.ru), И.Д. КАЩЕЕВ, д-р техн. наук, В.И. МАТЮХИН, канд. техн. наук, А.А. КИЙК, студент, Уральский государственный технический университет – УПИ им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина (Екатеринбург)

Энергоэффективная технология производства формованных минераловатных изделий

Завершающей стадией производства минераловатных изделий на основе природных и шлаковых композиций с применением органического или неорганического связующего является их тепловая обработка в печах в основном конвейерного типа. При ее осуществлении слой формованных в виде горизонтальной плиты волокнистых элементов нагревают продувом (просасыванием) потока теплоносителя с температурой не выше 250–300°C. Одновременно происходят сушка и отверждение связующего с приданием ему определенных прочностных и эластичных свойств. Для этого используют технологические агрегаты, которые включают в себя элементы подготовки и формования слоя минеральной ваты, 1–4 тепловые камеры, топки, камеру охлаждения ковра, устройство для разрезания и упаковки изделий [1]. Важность стадии окончательного формирования геометрических и прочностных свойств теплоизоляционных материалов путем их формования и тепловой обработки делают задачу повышения эффективности всего производства минераловатных изделий актуальной.

Основные направления совершенствования тепловой обработки волокнистых материалов в однокамерных печах полимеризации рассмотрены в [2].

Для обеспечения заданной производительности технологической линии по производству минераловатных изделий часто используют многокамерную печь полимеризации, в которой тепловая обработка осуществляется многократной фильтрацией горячих газов через слой минераловатного ковра в последовательно установленных тепловых камерах. Особенностью таких видов продукции является высокая исходная относительная влажность (до 300%), а их тепловая обработка харак-

теризуется значительной продолжительностью и повышенным расходом топлива.

Для снижения энергетических затрат на сушку и отверждение связующего минераловатный слой предварительно подвергают механическому обезвоживанию в камере вакуумирования. Содержание остаточной воды в изделиях при этом снижается до 50–55%.

Практические данные показывают, что подогрев холодного воздуха, фильтруемого через ковер в камере вакуумирования, до температуры не выше 150°C позволяет улучшить его обезвоживание на величину до 10–15% абсолютной влажности. При этом источником дополнительного теплоносителя может быть сбрасываемый отработанный газ печи полимеризации, имеющий избыточную температуру.

Исследование теплового баланса камеры вакуумирования с подогревом просасываемых газов (табл. 1) показывает, что ее тепловой КПД составляет 46,65%, а отходящие насыщенные водяными парами газы уносят 51,99% тепла.

Организация тепловой обработки в тепловых камерах предполагает использование циркуляционной схемы движения теплоносителя в каждой из них [1]. При этом на входе и выходе теплового агрегата по направлению движения ковra необходимо установить отдельный тамбур для отбора избытка газов и предотвращения подсосов воздуха (рис. 1). Для увеличения эффективности влагуудаления из слоя в первой камере целесообразно осуществлять подачу исходного теплоносителя снизу вверх. Из-за большой удельной поверхности минеральных волокон (около 200 м²/кг) газы, фильтруясь через слой, охлаждаются и насыщаются влагой. При этом обеспечивается удаление избыточной

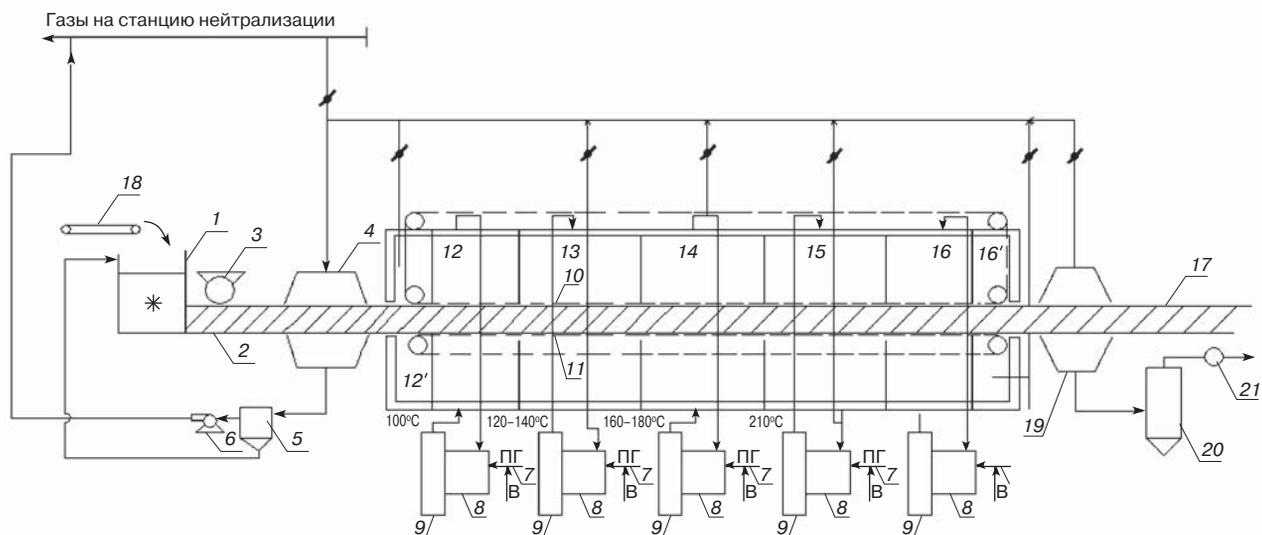


Рис. 1. Рациональная схема производства жесткой минераловатной плиты из гидромассы в многокамерной печи полимеризации: 1 – механическая мешалка; 2 – минераловатный слой; 3 – прикатные ролики; 4 – камера вакуумирования; 5 – циклон; 6 – дымосос; 7 – газогорелочное устройство; 8 – топка; 9 – циркуляционный вентилятор; 10 – верхний транспортер; 11 – нижний транспортер; 12, 13, 14, 15, 16 – тепловые камеры; 12', 16' – сбросные тамбуры; 17 – готовый ковер; 18 – конвейер минеральной ваты; 19 – камера охлаждения; 20 – циклон; 21 – вентилятор

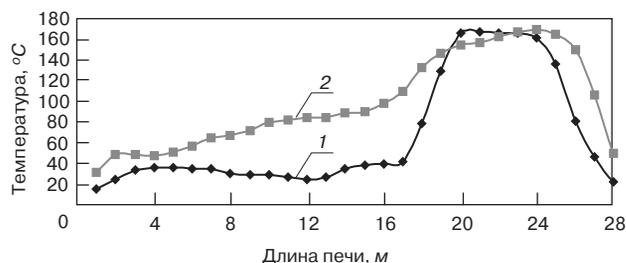


Рис. 2. Изменение средней температуры верхней (1) и нижней (2) поверхностей слоя

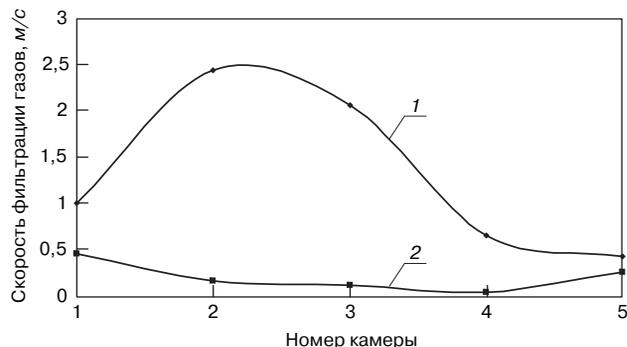


Рис. 3. Изменение расчетной скорости фильтрации газов по тепловым камерам по данным материального (1) и теплового (2) балансов

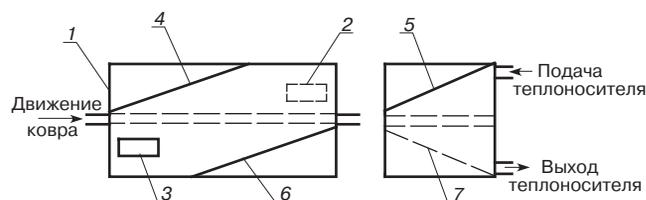


Рис. 4. Схема реконструкции внутренней части тепловой камеры: 1 – тепловая камера; 2 – входной патрубок; 3 – выходной патрубок; 4 – верхняя продольная пластина; 5 – верхняя поперечная пластина; 6 – нижняя продольная пластина; 7 – нижняя поперечная пластина

воды из изделия и формируется зона сушки. Насыщенные влагой газы поступают в более холодную часть минераловатного ковра, где происходит снижение их влагосодержания с конденсацией воды в зоне переувлажнения. Абсолютная влажность этой части слоя возрастает на 5–10%. Поэтому дальнейшую тепловую обработку изделий следует производить реверсированием теплоносителя для влагоудаления за счет увеличения градиента концентрации паров воды.

Закономерность изменения температуры поверхности верха и низа слоя минераловатного ковра на печи

Таблица 1

Приход тепла			Расход тепла		
Статьи	кДж	%	Статьи	кДж	%
Теплота перетока исходного теплоносителя	435119	100	Теплота нагрева изделий и испарения влаги	202989	46,65
			Потери теплоты с отходящими газами	226229	51,99
			Потери теплоты на нагрев транспортера	3372	0,79
			Потери теплоты в окружающую среду	2529	0,59
Итого:	435119	100	Итого:	435119	100

полимеризации типа СМТ 097 приведена на рис. 2. Температура нагреваемых материалов при подаче теплоносителя снизу постепенно повышается и достигает 100°C на нижней поверхности только на 16-м м. После реверса подачи горячих газов в четвертой камере температура слоя повышается до 160–170°C, и создаются условия для отверждения связующего. Однако качество конечной продукции остается низким и характеризуется повышенным (до 6–6,5%) содержанием остаточного фенола.

Для установления причин низкой интенсивности влагоудаления из изделий проведены исследования материального и теплового балансов каждой камеры в отдельности. Измеряли температуру, расход и давление потока газов и температуру минерального слоя (табл. 2). Из табл. 2 следует, что общий расход теплоносителя на каждую камеру, кроме четвертой, остается примерно одинаковым (93–98% общего массового потока). Это обусловлено особенностями работы однотипных циркуляционных вентиляторов при равномерной нагрузке. Следует отметить значительную долю массовых потоков газов сбрасываемого из камер, которые составляют на первой камере 19,74%, второй – 21,3%, третьей – 33,85%, четвертой – 44,89%, пятой – 57,3% общего массового потока на каждую из них.

Установлено (рис. 3), что средняя скорость фильтрации газов в системе топка–тепловая камера имеет максимальное значение во второй камере, обусловленное переувлажнением слоя. При этом общее гидравлическое сопротивление слоя возрастает за счет накопления влаги, а движение газов происходит через неплотности бортовых уплотнений по краям минераловатного ковра.

Таблица 2

Статьи баланса	Приход массы по камерам, кг/%				
	1	2	3	4	5
Поток газов из топки	27808/93,64	64258/97,64	44669/98,15	13750/53,03	16490/96,83
Исходный ковер	1890/6,36	1350/2,06	840/1,85	540/1,19	540/2,08
Организованный сброс газов	–	–	–	11642/44,89	–
Итого приход массы	29698/100	65608,3/100	4550/100	25932/100	17030/100
Статьи баланса	Расход массы по камерам, кг/ч/%				
	1	2	3	4	5
Рециркулят	22549/75,93	50791/77,42	29562/64,96	25392/97,92	6761/39,7
Сброс газов на камеру вакуумирования	81/0,27	–	–	–	–
Сброс излишков газов	5719/19,24	13977/21,3	15407/33,85	–	9729/57,13
Масса ковра	1350/4,56	840/1,28	540/1,19	540/2,08	540/3,17
Итого расход массы	29698/100	65608,3/100	45509/100	25932/100	17030/100

Таблица 3

Статьи	Приход теплоты по камерам, кВт/%				
	1	2	3	4	5
Физическая теплота исходного теплоносителя	442,71/100	505,39/100	421,67/100	116,51/100	–
Физическая теплота ковра	–	–	–	–	104,79/45,64
Физическая теплота колосников	–	–	–	–	124,8/54,36
Итого приход теплоты	442,71/100	505,39/100	421,67/100	116,51/100	229,58/100
Статьи	Расход теплоты по камерам, кВт/%				
	1	2	3	4	5
Теплота нагрева ковra и испарения влаги	251,21/56,74	173,34/34,28	43,89/10,41	8,58/7,36	45,14/19,66
Физическая теплота отходящего газа на: рециркуляцию сброс	111,77/25,24 24,43/5,52	255,01/50,46 51,68/10,22	223,09/52,91 87,21/20,68	80,91/15,16 –	130,58/56,88 –
Потери теплоты на нагрев колосников	45,85/10,36	15,28/3,02	58,25/13,81	17,66/15,16	53,87/23,46
Потери теплоты из рабочего пространства	9,39/2,12	9,39/1,86	9,39/2,23	9,39/8,06	–
Итого расход теплоты	442,71/100	505,3/100	421,67/100	116,51/100	229,58/100

В третьей камере наблюдается дальнейшее удаление влаги из слоя и уменьшение общего гидравлического сопротивления. При этом газы частично фильтруются через слой и скорость фильтрации стабилизируется в 4-й и 5-й камерах, где обезвоживание уже завершено.

Исследования тепловых балансов тепловых камер печи полимеризации (табл. 3) позволили установить величину скорости фильтрации газов в слое (рис. 3). Значительная разница скоростей фильтрации теплоносителя по материальному и тепловому балансам обусловлена отсутствием бортовых уплотнений в печи полимеризации. Доля неорганизованных прососов газов через бортовые уплотнения составила в первой камере 92,5% общего объема, во второй – 92,53%, третьей – 93,65%, в четвертой – 91,94%, в пятой – 38,18%. Такое распределение скоростей ограничивает производительность всей технологической линии.

Анализ результатов тепловых балансов камер позволяет установить, что по мере перемещения минераловатного ковra в печи полимеризации тепловой КПД камер снижается и составляет, %: в первой – 56,74, во второй – 34,28, в третьей – 10,41, в четвертой – 7,36.

При этом доля теплоты готовых изделий (19,66%) и подогретых колосников транспортеров (24%) частично (~50%) утилизируется в камере охлаждения, где минераловатный ковер продувается потоком холодного воздуха в количестве 8000 м³/ч. В результате его температура на выходе из ковra повышается до 55–60°C. Получаемый поток нагретых газов целесообразно утилизировать непосредственно в печи полимеризации, например в камере вакуумирования, первой тепловой камере и т. д. По оценочным данным, такое техническое мероприятие позволит повысить производительность агрегата на 10–15% при снижении общего расхода топлива на 8–12%. Сбор и использование всех газовых потоков (сброс излишков газов из тепловых камер, горячего воздуха из зоны охлаждения) является способом повышения энергоэффективности технологии производства минераловатных изделий.

Анализ особенностей движения теплоносителя в рабочей камере через газораспределитель постоянного или переменного сечения [3] позволил установить причины неравномерной тепловой обработки минераловатного ковra. Они связаны с особенностями движения газа через слой при боковой подаче и отводе. Была изменена конструкция подводящих и отводящих патрубков в печи полимеризации (рис. 4). В верхней части камеры

от ввода основного потока установлена наклонная пластина, соединяющая боковую сторону ввода теплоносителя с нижней частью на выходе из камеры. Место установки пластины выбирается из удобства.

В поперечном сечении камеры установлена наклонная пластина, соединяющая боковую сторону ввода теплоносителя с нижней образующей противоположной стороной камеры. В нижней части камеры выполнено зеркальное изменение сечения рабочего пространства: наклонная пластина установлена от начала выходного патрубка к началу камеры по ее длине, а в поперечном направлении – от стороны ввода теплоносителя к верхней образующей нижней части камеры. Промышленные испытания реконструированных камер по предложенной схеме позволили снизить средний перепад температур по ширине с 55–60°C /м до 1–2°C /м, обеспечить повышение производительности технологической линии на 5–6% и снизить количество брака на 1–2%.

Таким образом, разработанные на основании анализа физико-химических и газодинамических процессов при тепловой обработке минераловатного ковra технические решения позволили снизить энергетические затраты на производство и улучшить качество получаемых изделий.

Работа выполнена в соответствии с государственным контрактом Федерального агентства по науке и технике и инновациям № 02.523.11.3015 «Технология опытно-промышленного производства нанокерамических теплоизоляционных и легковесных высокотемпературных изделий на основе природного кремнийсодержащего сырья».

Список литературы

1. Горяинов К.Э., Коровников В.В. Технология производства полимерных и теплоизоляционных изделий. М.: Высшая школа, 1975. 296 с.
2. Матюхина А.В., Кащеев И.Д., Матюхин В.И. Выбор и обоснование конструкции печи для тепловой обработки формованных волокнистых изделий // Новые огнеупоры. 2009. № 3. С. 48–55.
3. Матюхина А.В., Матюхин В.И., Советкин В.Л. Обоснование конструкции воздухоподогревателя в термических камерах печи полимеризации минераловатных изделий: Сб. тр. I научно-практической конференции «Металлургия и образование на Урале». Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2005. С.166–170.

УДК 637.523.25-035.38

А.Б. ЛИПИЛИН, генеральный директор, М.В. ВЕКСЛЕР, инженер,
Н.В. КОРЕНЮГИНА, главный технолог, МП «ТЕХПРИБОР» (г. Щекино, Тульская обл.)

Оборудование и технология получения тонкодисперсных порошков из древесных отходов

В настоящее время многие полимерные материалы, выпускаемые промышленностью, имеют в своем составе «усиливающие» тонкодисперсные наполнители, улучшающие эксплуатационные свойства композиций, одновременно делая их более экономичными.

Одним из самых распространенных материалов органического происхождения, используемого в качестве тонкодисперсного наполнителя полимеров, является древесная мука. Высокая прочность на изгиб и растяжение при малой средней плотности, низкая теплопроводность, волокнистая структура обусловили ее применение в производстве изделий из полипропилена, поливинилхлорида, резины и т. д. Свойства получаемых композитов во многом определяются характеристиками древесного наполнителя, и прежде всего его гранулометрическим составом. С уменьшением размера частиц (при условии их хорошего перемешивания) физико-механические характеристики наполненных полимеров, как правило, улучшаются, а максимальная концентрация наполнителя смещается в сторону более высоких значений (до 70–80%).

Однако решение такой, казалось бы, тривиальной задачи, как тонкий помол древесины, на деле сопряжено со значительным расходом энергии, а само производство порошков-наполнителей отличается большой громоздкостью и металлоемкостью.

Для получения древесной муки традиционно используются молотковые мельницы, по сути являющиеся модифицированными дробилками, способными выдавать порошок нужного качества только в замкнутом цикле помола с большой циркуляцией «крупки». Попытки использования для помола древесных отходов вибрационных мельниц хотя и позволили получить порошки, соответствующие марке 100, однако расход энергии оказался очень велик – порядка 1000–1200 кВт·ч/т продукта. К тому же обязательным условием применения вибромельниц являлось предварительное тонкое дробление сырья, а также его сушка до влажности не бо-

лее 4%, что еще больше увеличивало энергозатраты на получение древесной муки. Эксперименты с воздушными мельницами также не увенчались успехом в плане повышения тонкости помола и снижения расхода энергии. Из-за плохой по сравнению с природными каменными материалами измельчаемости древесины эти агрегаты оказались не приспособлены для производства тонких марок 120 и меньше [1].

Основная проблема получения древесной муки с использованием мельниц, изначально созданных для работы с хрупкими материалами поликристаллического строения, связана с реализуемой ими моделью измельчения. Минеральное сырье, как правило, имеет прочность при сжатии в 8–10 раз больше, чем на изгиб и растяжение, то есть для его измельчения рационально использовать удар. И молотковые и воздушоструйные мельницы относятся к типу измельчительного оборудования ударного действия, вибрационные мельницы – ударно-стирающего [2]. Древесные отходы, такие как опилки, стружка, щепа и т. д., – материалы не хрупкие, а напротив, упругие, удар по ним не приводит к их разрушению, значит, измельчение таких материалов должно производиться другими способами.

Низкий КПД используемых в производстве древесной муки молотковых мельниц связан главным образом с неподходящей моделью измельчения. Шарнирные ударные элементы сами по себе не способны разрушить упругие частицы древесины, они лишь сообщают им вихревой характер движения. Более чем скромные результаты измельчения получают за счет закручивания материалопотока и самоистирания частиц в этом потоке. Но сама конструкция молотковых мельниц ввиду больших рабочих зазоров и массивности ротора не способствует усилению положительного эффекта взаимного измельчения частиц. Для кардинального уменьшения расхода энергии на получение тонкодисперсного древесного порошка требуется создание измельчительной машины принципиально иного типа, отличной от молотковых, вибрационных и струйных мельниц.

Машиностроительным предприятием «ТЕХПРИБОР» разработана импеллерная мельница «МИКРОКСИЛЕМА» (рис. 1), предназначенная для тонкого помола сырья органического происхождения.

Мельница относится к типу измельчительного оборудования истирающего действия, ее рабочим органом является лопастной ротор-импеллер. Основное ее отличие от оборудования аналогичного назначения – это возможность формирования в камере помола зоны интенсивного самоизмельчения тороидальной формы, где вихревой характер движения частиц дополняется их радиальным перемещением в плотном слое.

Оригинальная конструкция импеллера и статора мельницы позволяет создать две практически независимые области измельчения. Первая – с увеличенными рабочими зазорами для предотвращения поломок рабочих органов, связанных с попаданием в камеру помола недробимых включений, а вторая, напротив, с малыми

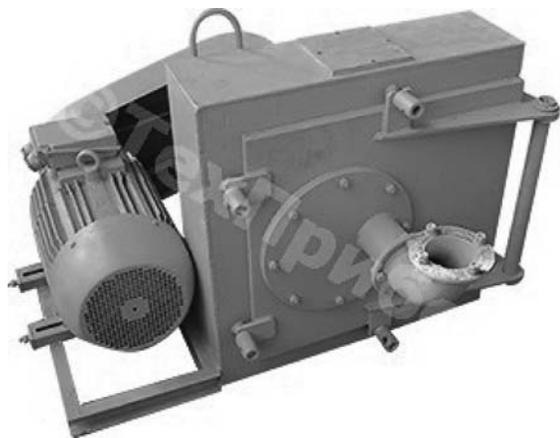


Рис. 1. Импеллерная мельница «МИКРОКСИЛЕМА»



Рис. 2. а – исходный материал – опилки, сучья, ветки \varnothing 30 мм, длина до 20 мм; б – материал после измельчения на импеллерной мельнице «МИКРОКСИЛЕМА»

зазорами для эффективного помола и динамической классификации частиц согласно их размерам.

От своих функциональных аналогов импеллерная мельница «МИКРОКСИЛЕМА» отличается не только меньшей энергоемкостью, высокой размольной мощностью и компактными габаритными размерами. Ее основное преимущество – это возможность экономичной сушки влажного сырья одновременно с его измельчением. При этом тепло не подается в мельницу извне, оно генерируется внутри камеры помола за счет интенсивного взаимодействия частиц материала или так называемой кинетической сушки. За один «проход» через камеру помола влажность древесины снижается в среднем на 20%, что позволяет подавать на помол влажное сырье.

Импеллерная мельница «МИКРОКСИЛЕМА» работает следующим образом. В загрузочной горловине биоматериал подхватывается воздушным потоком, образованным вращающимся ротором-импеллером, и увлекается в камеру помола. Под действием преобладающей центробежной силы крупные частицы отбрасываются на периферию помольной камеры, где образуют слой интенсивного самоизмельчения. При этом часть механической энергии, сообщаемой ротору-импеллеру его приводом, переходит в тепло, за счет которого и происходит высушивание биоматериала.

Время пребывания частиц в камере помола, дисперсность получаемого порошка, а также степень его нагрева могут изменяться в широких пределах без остановки работы мельницы. Для этих целей служит встроенное устройство классификации частиц согласно их размерам. Изменение основных параметров обработки биоматериала осуществляется по следующему алгоритму: более тонкий помол – выше нагрев, и наоборот, грубый помол – меньше нагрев.

Испытания импеллерной мельницы «МИКРОКСИЛЕМА» подтвердили ее высокую эффективность при помоле неподготовленных опилок хвойных и лиственных пород древесины естественной влажности (рис. 2).

Полученный порошок состоит из частиц размерами 2–5 микрон (70%) и 7–10 микрон (30%) (исследования по изучению гранулометрии порошков проводились государственным НИИ «Синтезбелок»). Производительность мельницы составляет 100 кг/ч. Расход энергии на получение одной тонны тонкодисперсного порошка 300 кВт.

На базе мельницы «МИКРОКСИЛЕМА-ДМ» разработана компактная линия сушки-измельчения для производства тонкодисперсных древесных порошков (рис. 3). Ее технические характеристики приведены в таблице.

Таким образом, по сравнению с известными видами оборудования тонкого помола древесины импеллерная мельница «МИКРОКСИЛЕМА» имеет в 2,5–3 раза

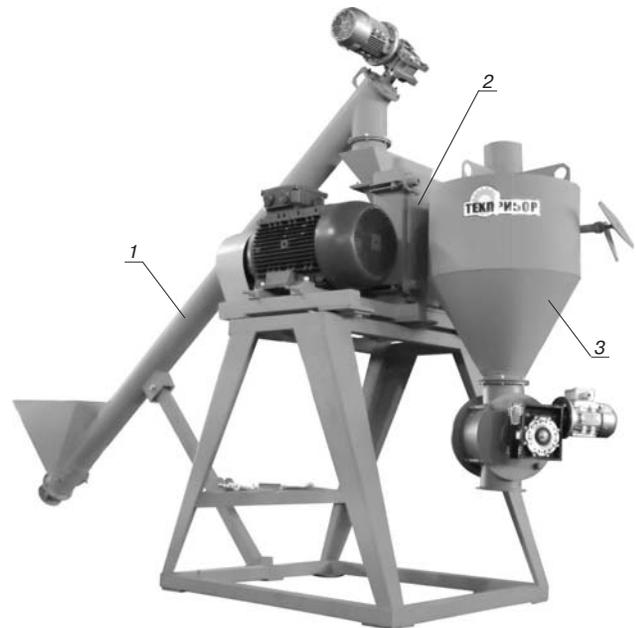


Рис. 3. Установка по производству тонкодисперсных древесных порошков: 1 – питатель шнековый; 2 – импеллерная мельница «МИКРОКСИЛЕМА»; 3 – циклон и бункер-накопитель

Параметры	Величины
Габаритные размеры (L×B×H), мм	5000×3000×4500
Масса, кг	1900
Напряжение питания, В	380
Установленная мощность, кВт	39
Крупность питания, мм, не более	20
Производительность, м ³ /ч	0,01–2
Объем воды, проходящей по контуру охлаждения, м ³ /ч	1–4

меньший расход энергии на получение древесной муки, что позволяет говорить об успешной реализации в данном аппарате одной из наиболее эффективных моделей измельчения волокнистых материалов – самоистирание частиц в воздушном потоке.

Список литературы

1. *Ходаков Г.С.* Тонкое измельчение строительных материалов. М.: Стройиздат, 1972. С. 188–240.
2. *Сиденко П.М.* Измельчение в химической промышленности. М.: Химия, 1977. С. 135–234.

УДК 66.074.6

Ю.В. КРАСОВИЦКИЙ, д-р техн. наук; Н.Н. ЛОБАЧЕВА, инженер,
 Е.В. АРХАНГЕЛЬСКАЯ, канд. техн. наук (aspirant@vgta.vrn.ru),
 Воронежская государственная технологическая академия (ВГТА);
 Н.В. ПИГЛОВСКИЙ, ведущий инженер (piglovsky@vagon.vrn.ru),
 Воронежский вагоноремонтный завод (ВВРЗ);
 Р.Ф. ГАЛИАХМЕТОВ, директор (grf@rosizvest.ru),
 ООО «ПРИДОНХИМСТРОЙИЗВЕСТЬ», (г. Россошь, Воронежская обл.)

Теплоизоляция пылеуловителей и газоходов в производстве строительных материалов

При эксплуатации пылеуловителей особое внимание уделяют теплоизоляции газоходов и аппаратов.

Теплоизоляция газоходов и пылеулавливающей аппаратуры повышает эффективность пылеулавливания, так как снижение температуры газов ниже точки росы неизбежно вызовет залипание распределительных и фильтрующих устройств, изменение их геометрии и резкое увеличение значения коэффициента гидравлического сопротивления ζ .

К теплоизоляционным материалам предъявляют следующие требования: низкая объемная плотность — до 650 кг/м^3 ; низкий коэффициент теплопроводности — не выше $0,10 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ при температуре 200°C (средняя температура изоляции) для высокоэффективных теплоизоляционных материалов; высокая температуроустойчивость — материал не должен гореть и поддерживать горение, тлеть после удаления открытого пламени, должен выдерживать температурные пределы его применения; механическая прочность, определяющая долговечность изоляции и надежность ее в эксплуатации; низкая водопоглощающая способность при погружении в воду и низкая гигроскопичность; морозостойкость; биостойкость — материал не должен подвергаться гниению; антикоррозионность — материал не должен способствовать коррозии металла; воздухо- и газонепроницаемость; удобство в монтаже.

Таблица 1

Теплоизоляционный материал	Объемная плотность, кг/м^3	Коэффициент теплопроводности $\lambda_{из}$, $\text{Вт/(м}\cdot\text{°C)}$
Асбест листовой	770	0,117
Асбозурит	450–500	0,1+0,00035
Войлок шерстяной	330	0,053
Диатомит молотый	450	0,091+0,00028
Минеральная вата	150–250	0,047–0,07
Шлак доменный гранулированный	350–500	0,14–0,164
Шлак котельный	700–1000	0,117–0,29
Штукатурка	1680	0,784

Теплоизоляционный материал, отвечающий всем перечисленным требованиям, найти достаточно трудно. Однако многие требования можно удовлетворить созданием рациональной изоляционной конструкции с покровным слоем, предохраняющим изоляцию от увлажнения и увеличивающим ее механическую прочность.

В табл. 1 приведены объемная плотность и коэффициент теплопроводности наиболее распространенных теплоизоляционных материалов.

Как следует из этих данных, исключительными преимуществами перед другими материалами обладает минеральная вата. Она состоит из тончайших стекловидных волокон, полученных путем распыления жидкого расплава шихты из шлаков, горных пород или иных силикатных материалов.

Минеральную вату используют в качестве теплоизоляционного материала при температуре изолируемых поверхностей до 600°C . Широкое применение получили минеральные маты, представляющие собой полотнища прямоугольной формы и равномерной толщины с обкладкой провололочной сеткой с двух сторон и прошитые отоженной проволокой диаметром $0,8 \text{ мм}$. Маты имеют продольную или поперечную прошивку. Размеры типовых матов следующие: длина 1000 , ширина 500 , толщина $30, 40, 50, 60, 70, 80, 90$ и 100 мм .

В табл. 2 приведены нормы теплопотерь q поверхностями. Для газоходов диаметром более 1000 мм их принимают как для плоских поверхностей. Среднюю температуру изоляционного слоя t_{cp} определяют по формуле:

$$t_{cp} = (t_m + t_{из}) / 2, \quad (1)$$

где $t_{из}$ — температура на поверхности основного изоляционного слоя под штукатуркой, $^\circ\text{C}$, принимают в зависимости от t_m — температуры теплоносителя и t_g — температуры окружающего воздуха по табл. 3.

Расчетные средние температуры основного изоляционного слоя t_{cp} при других расчетных температурах окружающего воздуха t_g приближенно находят по формуле:

$$t_{cp} = t_{cp25^\circ\text{C}} - (25 - t_g) / 2. \quad (2)$$

Необходимое термическое сопротивление изоляции определяют по формулам:

а) для плоских поверхностей и цилиндрических объемов диаметром более 1000 мм :

$$R_{из} = (t_m - t_g) / q - m_1; \quad (3)$$

б) для цилиндрических поверхностей диаметром менее 1000 мм :

Таблица 2

Наружный диаметр, мм	q, Вт/м, при t _г , °C										
	75	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
520	180	198	267	336	408	480	551	625	698	770	834
620	203	233	314	390	465	546	620	684	766	853	916
720	226	267	360	441	510	603	690	754	835	936	1018
820	250	302	398	490	562	670	760	830	920	1020	1110
920	280	335	445	545	615	740	830	910	1020	1120	1230
Плоская поверхность*	76	88	110	135	160	180	205	220	245	270	295

*Теплопотери, Вт/м².

Таблица 3

Температура воздуха, °C	t _{из} , °C, при t _г , °C					
	100	200	300	400	500	600
+25	40	50	60	70	80	90
+15	30	40	50	60	70	80
0	15	20	25	30	40	50
-10	5	10	15	20	25	30
-30	-15	-10	-5	0	5	10

$$R_{из} = (t_m - t_g) / q - m_2, \quad (4)$$

где t_m – температура теплоносителя, °C; q – теплопотери с 1 м² поверхности изоляции, или с 1 м цилиндра, Вт/м (табл. 2).

Значения m₁ и m₂ в формулах (3) и (4) приведены в табл. 4.

Зная необходимое термическое сопротивление изоляции и коэффициент теплопроводности используемого материала (табл. 1), толщину основного изоляционного слоя δ_{из} можно определить по номограммам, приведенным на рис. 1 для трубопроводов диаметром до 1000 мм и на рис. 2 для трубопроводов диаметром более 1000 мм и плоской поверхности [1].

Сборку и монтаж пылеулавливающих установок производят в полном соответствии со строительными нормами и правилами, разработанными для газоочистного оборудования. Монтаж установок должен проводиться под наблюдением шеф-инженера завода-изготовителя или проектной организации.

Элементы пылеулавливающего оборудования (корпуса, аппараты, циклонные элементы, бункера, коллекторы входа газов, сборники чистых газов) изготавливают в соответствии с общими требованиями к изготовлению сварных стальных сосудов.

Защитную футеровку, применяемую для аппаратов газоочистки, выполняют специализированные организации по техническим условиям с соблюдением повышенных требований к качеству выполняемых работ.

Оборудование изготавливают в соответствии с техническими условиями для данных конструкций и видов оборудования.

Таблица 4

Диаметр газохода, мм, или форма изолируемой поверхности	m, м ² .°C/Вт, при t _г , °C					
	в помещении			вне помещения		
	100	300	500	100	300	500
значение m ₂						
630	0,071	0,063	0,056	0,041	0,037	0,033
720	0,063	0,057	0,053	0,036	0,034	0,031
820	0,057	0,053	0,048	0,033	0,031	0,028
920	0,057	0,048	0,043	0,03	0,028	0,027
значение m ₁						
Плоская поверхность	–	0,19	–	–	0,12	–

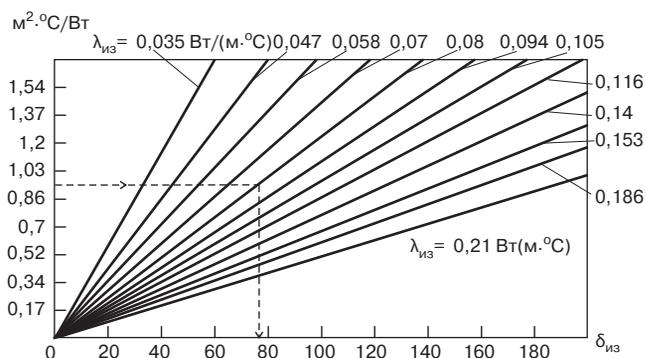


Рис. 1. Номограмма для определения толщины изоляции газопроводов диаметром до 1000 мм [1]

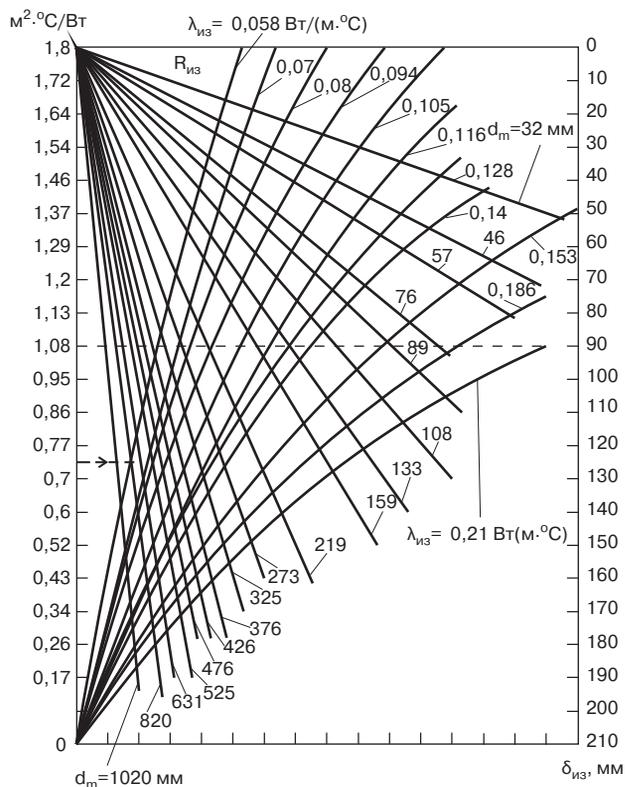


Рис. 2. Номограмма для определения толщины изоляции газопроводов диаметром более 1000 мм и плоских поверхностей [1]

Вновь смонтированные или реконструированные пылеулавливающие установки принимает в эксплуатацию специальная комиссия, состав которой утверждает руководитель предприятия.

Большинство технологических аппаратов относится к третьей и четвертой группам источников загрязнения атмосферы. Установки санитарной очистки газов для источников загрязнений третьей группы, имеющих выбросы более 5 тыс. м³/ч, и четвертой группы независимо от объема выбросов регистрируют в инспекции технического надзора на основании письменного заявления администрации предприятия с представлением паспорта установки, акта приемки установки и удостоверения о качестве монтажа.

В период пусконаладочных работ администрация предприятия предъявляет пылеулавливающую установку инспекции технического надзора для первичного обследования. Цель его — установить, что газоочистное оборудование построено в соответствии с проектом.

Приемка в эксплуатацию законченных строительством газопылеулавливающих установок, подлежащих регистрации в инспекции технического надзора, проводится при участии промышленного врача СЭС.

В ходе капитальных ремонтов выполняют мероприятия по модернизации пылеулавливающего оборудования, позволяющие увеличить длительность непрерывной работы аппаратов, а также повысить эффективность их работы с учетом достигнутого передового опыта. Ремонт аппаратов газоочистки проводят одновременно с ремонтом технологического агрегата и при необходимости независимо от него. Эксплуатация технологического оборудования в период ремонта пылеулавливающей установки с выбросом отходящих газов в атмосферу без очистки запрещается. Изменение конструкции или модернизация аппаратов газоочистки не разрешается без согласования с проектной организацией.

Испытание (опрессовку) корпусов аппаратов всех видов на герметичность проводят пробным давлением в соответствии со СНиП. Аппарат считается выдержавшим испытание, если утечка воздуха к концу испытания составляет не более 8%. В случае невозможности проведения гидравлических и пневматических испытаний допускается проверка швов на герметичность керосином по ГОСТ 324—69 или фреоновыми течеискателями. По результатам испытаний составляют акт.

На пылеулавливающих установках должны находиться следующие инструкции и правила: производственные инструкции по эксплуатации установки; правила по технике безопасности и производственной санитарии для данного производства; инструкции на случай аварий и пожара; правила оказания первой помощи; чертежи пылеулавливающей установки и схемы коммуникаций.

На установке должны находиться в исправном состоянии защитные средства (перчатки, коврики, очки и др.), предупредительные плакаты, средства для тушения пожара, аптечка, противогазы.

Внутренний осмотр пылеулавливающих установок допускается после отключения установок от газа и тщательной вентиляции корпусов аппаратов и коммуникаций.

Персонал, обслуживающий эти установки, должен руководствоваться Правилами технической эксплуатации и безопасного обслуживания газопылеулавливающих установок [2], а также производственными инструкциями по эксплуатации соответствующих аппаратов.

На всех пылеулавливающих установках поверхность корпусов аппаратов, работающих при температуре выше 80°C, должна быть изолирована. Установки, в которых очищаются легковоспламеняющиеся газы или взрывоопасные пыли, должны быть снабжены взрывными пластинами (мембранами) либо предохранительными клапанами в соответствии с проектом их установок.

Для обслуживания пылеуловителей на высоте более 1,8 м для доступа к люкам, шиберам и заборным устройствам приборов должны быть выполнены стационарные лестницы и площадки с ограждениями.

Ключевые слова: теплоизоляция, теплопроводность, температура, асбестоцемент, абсозурит, толщина изоляции, правила приема теплоизоляционных работ.

Список литературы

1. Справочник по пыле- и золоулавливанию / Под ред. А.А. Русанова. М.: Энергия, 1975. 296 с.
2. Швидкий В.С., Ладыгичев М.Г. Очистка газов: Справочное издание. М.: Тэплоэнергетик, 2002. 640 с.