

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, корп. 3
Тел./факс: (495) 976-22-08
(495) 976-20-36
Телефон: (926) 833-48-13
E-mail: mail@rifsm.ru
http://www.rifsm.ru

Силикатный кирпич: наука и практика

И.Г. ПОНОМАРЕВ

Российский рынок силикатного кирпича 4

Представлена динамика объемов производства силикатного кирпича в Российской Федерации за период 2001–2008 гг., а также корреляция этого показателя с общим объемом производства стеновых материалов и объемом жилищного строительства. Проанализировано состояние силикатной промышленности по федеральным округам, показано, что лидерами производства и потребления силикатного кирпича являются Приволжский ФО и Центральный ФО. Приведены данные о крупнейших производителях в регионах. Отмечено, что объемы внешней торговли силикатным кирпичом незначительны, хотя наблюдается постоянный рост этого показателя.

Текущее состояние и перспективы развития в 2009–2012 гг. строительной индустрии и потребления строительных материалов в РФ (Информация) 12

Бартер как инструмент выхода из финансово-экономического кризиса (Информация) 13

В.Н. ЧЕЛОМИН

Развитие строительного комплекса Нижегородской области 14

И.В. БАЖЕНОВ

Состояние и перспективы развития силикатного кирпича в Нижегородской области 16

Н.В. СОМОВ

Решение проблем силикатной отрасли – дело самих силикатчиков 18

Экономические аспекты применения различных пресс-форм 20

С Боровичским кирпичом Вам и кризис нипочем! 22

Л.А. КРОЙЧУК

Типы известеобжигательных печей, используемых в странах Европейского союза 25

Обзор рынка печей для обжига извести в странах ЕС-27. Рассматриваются печи различных конструкций: шахтные пересыпные печи, регенеративная печь с параллельным потоком материала, кольцевые шахтные печи и др. Приведены их конструктивные особенности, преимущества и недостатки.

Кирпичный завод «Ликолор» в Новосибирске введен в эксплуатацию фирмой Келлер ХЦВ (Информация) 30

В.П. БОНДАРЕНКО

Модернизация одношахтных печей большого диаметра с целью повышения производительности и снижения затрат на топливо 32

Показана возможность модернизации одношахтных печей с переводом на использование бурого угольной пыли и уменьшением внутреннего диаметра шахты до 2,2 м. Описан опыт реконструкции печи с внутренним диаметром 3,5–4,5 м с использованием специальной центральной горелки.

А.В. МОНАСТЫРЕВ

Магнезиальная и доломитовая известь, ее свойства, получение и применение 36

Обжиг доломитизированного известняка в шахтных печах при нормальном режиме обжига приводит к высокому содержанию в извести рекристаллизованного MgO, который гасится в автоклаве при производстве силикатного кирпича или ячеистого бетона, вызывая разрушение изделий. Предлагаются как временные технологические приемы использования магнезиальной извести для выпуска силикатного кирпича, так и реконструкция действующего или строительство современного эффективного оборудования для получения высококачественной магнезиальной или доломитовой извести без рекристаллизованного MgO.

А.Б. ЛИПИЛИН, М.В. ВЕКслЕР, Н.В. КОРЕНЮГИНА

Ударный помол как действенное средство снижения себестоимости производства негашеной извести39

Рассматриваются основные физико-технические параметры негашеной извести, определяющие степень помола. Приведены сравнительные показатели работы различных помольных агрегатов и выявлен наиболее экономически целесообразный способ получения молотой извести – ударный помол.

В.В. БЕЛОВ

Влияние капиллярного сцепления на уплотнение прессованием дисперсий из непластичных материалов42

Качество прессованных силикатных изделий в значительной степени зависит от правильного выбора режима прессования, который в свою очередь зависит от влажности и других свойств формовочной массы. На модельных системах показано, что влияние влажности на уплотнение пресс-порошков связано с действием сил межчастичного взаимодействия, в том числе капиллярных сил.

В.И. СИНЯНСКИЙ, Е.Н. ЛЕОНТЬЕВ

Роль синтеза гидросиликатов из оксидов кальция и кремния в технологии автоклавных ячеистых бетонов44

Проанализированы физико-химические процессы синтеза высокопрочных гидросиликатов кальция в производстве бесцементного ячеистого бетона. Показано, что физико-химические особенности производства изделий из ячеистого бетона позволяют исключить из сырьевой смеси – цемент и гипс.

С.В. ФЕДОСОВ, А.М. ИБРАГИМОВ, Л.Ю. ГНЕДИНА, А.Ю. СМЕРНОВ

Силикатный кирпич в условиях высокотемпературных воздействий48

Установлена зависимость термостойкости силикатного кирпича от его марки. Приведены результаты экспериментального определения прочности различных видов силикатного кирпича до и после нагревания и резкого охлаждения водой с целью имитации процесса пожаротушения.

Эргономичные прецизионные строительные блоки KS-Ratio-Planstein

для рациональной кладки стен (Информация)50

Отрасль в современных экономических условиях

А.А. ЖУРАВЛЕВ

Предприятия нерудных строительных материалов в условиях кризиса52

На примере конкретных предприятий проанализировано состояние промышленности нерудных строительных материалов в настоящее время. Предложены пути улучшения финансового положения предприятий, в частности, за счет оптимизации потребления электроэнергии, повышения производительности труда, реструктуризации производственной структуры.

В.М. ГОРИН, С.А. ТОКАРЕВА, М.К. КАБАНОВА

Эффективный керамзитобетон в России54

Представлен опыт развития производства и применения керамзита и керамзитобетона, ставших основой для индустриального домостроения и решения жилищной проблемы в нашей стране. Приводятся строительно-технические свойства и сферы применения керамзита в ограждающих и несущих конструкциях. Дается сравнительная оценка и показаны преимущества применения керамзита и керамзитобетона в строительстве. Доказывается технико-экономическая эффективность использования керамзита и керамзитобетона разных видов для современного домостроения: при каркасном, монолитном, сборно-монолитном строительстве. Обосновывается перспективность их применения в антикризисной программе для возведения зданий повышенной этажности, высотных и для малоэтажного строительства.

Материалы и конструкции

М.Н. ВАУЧСКИЙ, А.Н. ИВАНОВ

Выбор компонентов самоуплотняющихся бетонных смесей для высокопрочных бетонов58

Приведена краткая история создания и применения самоуплотняющихся бетонных смесей. Описаны их особенности и требования к составу смесей для высокопрочных бетонов. Рассмотрены достоинства и недостатки компонентов, методы воздействия на свойства самоуплотняющихся бетонных смесей. Показано, что приготовление самоуплотняющихся смесей для высокопрочного бетона возможно без использования дорогостоящих импортных пластификаторов.

А.В. КОРОЧКИН

Расчетные параметры асфальтобетонных слоев на жестком цементно-бетонном основании61

Анализируются особенности работы асфальтобетонного покрытия на жестком цементно-бетонном основании, параметры и физико-механические свойства материалов, составляющих конструкцию. Проводится сопоставление с результатами исследования аналогичных конструкций на других дорогах. Проведен анализ фактических значений с расчетными, представленными в действующих нормативных документах.

Система Lindab Rainline™ – высочайший класс и безупречное качество64

А.А. СЛЮСАРЬ, В.А. ПОЛУЭКТОВА, В.Д. МУХАЧЕВА

Бетон на основе вяжущего низкой водопотребности и модификатора СБ-ФФ65

Исследована возможность применения разработанного суперпластификатора СБ-ФФ на основе флороглюцинфурфурольных олигомеров в качестве модификатора при получении ВНВ. Показано, что СБ-ФФ оказывает пластифицирующее и интенсифицирующее действие при помолке. Исследовано влияние СБ-ФФ на подвижность бетонных смесей и свойства бетонов на основе ВНВ и ТМЦ. Установлено, что пластифицирующая добавка СБ-ФФ может быть использована в качестве эффективного модификатора при получении ВНВ и высокопрочных бетонов на их основе.

А.И. НИЖЕГОРОДОВ

Узкополосное фракционирование как фактор качества вермикулитовых концентратов68

Рассматривается метод узкополосного фракционирования вермикулитовых концентратов Татарского месторождения, как фактор повышения их качественных показателей, в том числе – коэффициента вспучивания. Затрагиваются другие вопросы качества и, как следствие, возможность повышения объемов производства данного материала.

Ю.В. КРАСОВИЦКИЙ, Е.В. РОМАНЮК, И.А. ЧУГУНОВА, М.Н. ФЕДОРОВА

Комбинированные фильтровальные структуры для высокоэффективного пылеулавливания70

Рассмотрены особенности применения комбинированных фильтровальных структур. Предложены две конструкции аппаратов с использованием комбинированных фильтровальных структур, обеспечивающие высокоэффективное пылеулавливание в производстве строительных материалов.

Новости72

Л.Ю. ОГРЕЛЬ, В.В. СТРОКОВА, Яхо ЛИ, Баоде ЗАНГ

Наследование полимерными композитами структур наноразмерных неорганических наполнителей75

Обсуждается гипотеза наследования полимерными композитами структуры наномодификатора. Показано преимущество введения наномодификатора для изменения свойств полимерного композита.

Т.А. НИЗИНА, П.А. КИСЛЯКОВ

Оптимизация свойств эпоксидных композитов, модифицированных наночастицами78

Приведены результаты экспериментальных исследований влияния многослойного синтетического наномодификатора астрален NTC на свойства эпоксидных композитов. Выполнена оптимизация по определению рациональных составов эпоксидного композита с помощью метода экспериментально-статического моделирования на полях трех свойств (пределов прочности при растяжении, сжатии и изгибе).

А.А. СМОЛИКОВ, Л.Ю. ОГРЕЛЬ, А.И. ВЕЗЕНЦЕВ

Нанотрубчатый наполнитель на основе хризотила для теплостойких композиционных материалов81

Разработана промышленная технология получения эффективного нанотрубчатого наполнителя из природного хризотила для теплостойких композиционных материалов на основе полисилоксановых полимерных связующих и приведены свойства полученного композита.

С.В. ФЕДОСОВ, В.И. БОБЫЛЕВ, А.М. СОКОЛОВ

Математическое моделирование температурно-временных зависимостей удельной проводимости бетонных смесей84

Предложена математическая модель удельной проводимости бетона, которая учитывает влияние всех факторов тепловой обработки. Проведено сравнение экспериментальных и расчетных данных, которое показало удовлетворительное совпадение результатов расчета и эксперимента, что дает основание для использования полученной математической модели удельной объемной проводимости бетона в расчетах промышленных процессов и установок электротепловой обработки железобетонных изделий.

А.О. ЛЮТЕНКО, М.А. НИКОЛАЕНКО, А.Ф. ЩЕГЛОВ, Е.И. ХОДЫКИН

Экспресс-метод определения количества цемента для получения заданного класса прочности грунтобетона86

Разработана экспресс-методика определения минимального количества вяжущего, необходимого для получения заданного класса прочности грунтобетона в зависимости от типа укрепляемого глинистого сырья. Приведены соответствующие номограммы.

В.В. БЕЛОВ, М.А. СМЕРНОВ

Формирование оптимальной макроструктуры строительной смеси88

Рассматриваются методы формирования оптимальных зернисто-дисперсных систем с учетом межчастичных взаимодействий, установления количественных взаимосвязей между основными характеристиками сырьевых материалов и составом смеси.

Ш.М. РАХИМБАЕВ, М.В. КАФТАЕВА

О влиянии формы цементного кольца на его собственные деформации и напряжения91

Максимальное сцепление садовых цементов с наполнителем и арматурой наблюдается при отношении наружного диаметра кольца к внутреннему, равном 2–3. При уменьшении этого отношения понижается трещиностойкость камней, а когда оно больше 6–8, камень отстает от зерен наполнителя.

Подписка на журнал «Строительные материалы» с приложением «Строительные материалы: наука» осуществляется по индексам:

70886 каталог «Пресса России»

79809 каталог агентства «Роспечать»

Не забудьте оформить подписку своевременно!

И.Г. ПОНОМАРЕВ, канд. техн. наук, генеральный директор ИКФ «ИТКОР» (Москва)

Российский рынок силикатного кирпича

Данная статья подготовлена к проведению III Международной научно-практической конференции «Развитие производства силикатного кирпича в России – СИЛИКАТэкс–2009» по материалам соответствующего раздела аналитического обзора «Российский рынок стеновых материалов» (ИКФ «ИТКОР», 2008 г.). Он отражал состояние и тенденции развития подотрасли в предкризисный период. Конечно, финансово-экономический кризис внесет существенные коррективы в прогнозные оценки рынка, однако аналитические данные актуальности не утратили.

Силикатный кирпич – одна из разновидностей строительного кирпича, в настоящее время являющегося основным стеновым материалом. Однако в отличие от керамического кирпича, история которого насчитывает тысячелетия, использование в строительстве силикатного кирпича началось в конце XIX в. В России силикатный кирпич известен с начала XX в., однако его массовое производство было развернуто после Великой отечественной войны.

К разновидностям силикатного кирпича относятся известково-шлаковый и известково-зольный кирпич. В производстве шлакового кирпича используются доменные шлаки с добавками-активизаторами. При производстве зольного кирпича измельчение известки производится совместно с золой ТЭЦ. Использование шлака и золы для изготовления этих стеновых материалов считается целесообразным, так как представляется возможным расширить сырьевую базу и снизить себестоимость производства силикатных строительных материалов.

Объемы предложения силикатного кирпича, общая динамика и региональная структура производства

Силикатный кирпич в РФ производится более чем на 100 заводах. Мощности по производству силикатного кирпича по состоянию на 01.01.2006 г. составляли 6,1 млрд шт. усл. кирпича, коэффициент использования мощностей в 2006 г. был около 70%. Совокупный объем производства согласно данным Росстата составил в 2006 г. 4,33 млрд шт. усл. кирпича (8,66 млн м³); в 2007 г. – 5,01 млрд шт. (10,02 млн м³); в 2008 г. – 4,88 млрд шт. (9,76 млн м³).

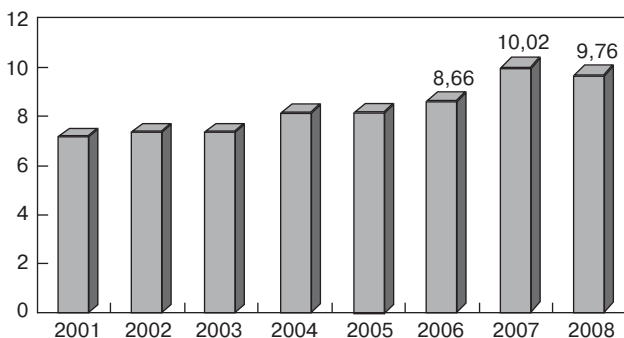


Рис. 1. Динамика производства силикатного кирпича в РФ (млн м³)

При этом общий объем производства стеновых материалов составил в 2006 г. 32,5 млн м³; в 2007 г. – 37,4 млн м³; в 2008 г. – 39,2 млн м³.

В общей структуре производства стеновых материалов на долю силикатного кирпича приходится порядка 26–27%, т. е. он занимает второе место после кирпича керамического (44–45%). В 2006–2007 гг. темпы роста производства силикатного кирпича опережали темпы роста производства кирпича керамического. Прирост производства силикатного кирпича в 2006 г. относительно уровня 2005 г. составил 5,6%, в 2007 г. объемы выпуска его увеличились еще на 14%.

Рынок этого продукта, как всех стеновых материалов, имеет ярко выраженный региональный характер, в связи с чем распределение производственных мощностей по территории страны и темпы развития этой промышленности от региона к региону существенно различаются.

Основной объем мощностей по производству силикатного кирпича сосредоточен в Центральном и Приволжском федеральных округах, обладающих наибольшим объемом освоенных и разрабатываемых месторождений карбонатных пород, необходимых для получения известки, используемой в производстве силикатных материалов (рис. 2).

Производство силикатного кирпича на душу населения находится в пределах от 8,7 шт. (ДФО) до 52,2 шт. усл. кирпича (ПФО).

В 2006 г. производство силикатного кирпича увеличилось весьма значительными темпами в Уральском, Южном, Сибирском федеральных округах (табл. 1).

В Южном и Уральском федеральных округах темпы роста производства силикатного кирпича значительно опередили темпы роста производства стеновых материалов в целом, в то время как в Центральном и Северо-Западном они были значительно ниже последних (рис. 3).

Следует отметить и значительные различия соотношения темпов роста производства силикатного кирпича и объемов жилищного строительства по регионам, что определяется региональными различиями в структуре использования стеновых материалов. В частности, в Сибирском ФО, где рост жилищного строительства в наи-

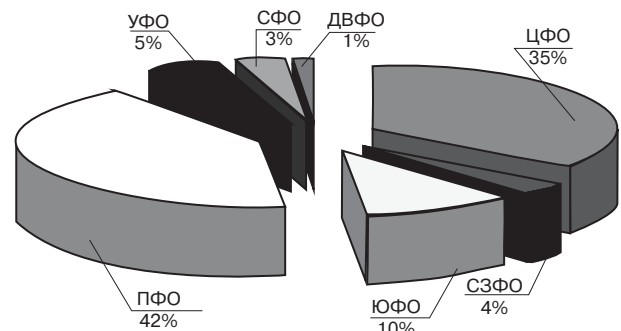


Рис. 2. Структура производства силикатного кирпича по федеральным округам РФ в 2006 г.

Таблица 1

Объемы и темпы роста производства силикатного и шлакового кирпича по федеральным округам РФ

| Федеральные округа РФ | Объем производства, млн шт. усл. кирп. | | | | Темпы роста, % |
|-----------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|---------------|---------------------------|----------------|
| | 2005 г. | | 2006 г. | | |
| | Всего | В т. ч. крупные и средние | Всего | В т. ч. крупные и средние | |
| Всего РФ | 4099,3 | 3934,6 | 4327,3 | 4058,7 | 105,56 |
| Центральный федеральный округ | 1444,6 | 1383,2 | 1450,6 | 1422 | 100,42 |
| Северо-Западный федеральный округ | 187,9 | 149 | 188,5 | 145,4 | 100,32 |
| Южный федеральный округ | 337,3 | 333,2 | 397,5 | 379,7 | 117,85 |
| Приволжский федеральный округ | 1721,2 | 1701,8 | 1798 | 1717,4 | 104,46 |
| Уральский федеральный округ | 202,1 | 199,6 | 253,1 | 202,6 | 125,24 |
| Сибирский федеральный округ | 150,3 | 112 | 183,1 | 135,5 | 121,82 |
| Дальневосточный федеральный округ | 55,9 | 55,8 | 56,5 | 56,1 | 101,07 |

большей мере опережает рост производства стеновых материалов на минеральной основе, серьезный вклад в строительство жилья вносится лесхозами. Например, в Алтайском крае порядка 70% вводимого жилья – это малоэтажное жилье, которое строят индивидуальные застройщики. В крае действует уже около двадцати предприятий лесного комплекса, основной продукцией которых являются комплекты малоэтажные жилые дома и деревянные материалы для их возведения.

Крупнейшие российские производители силикатного кирпича

Приволжский федеральный округ является крупнейшим производителем силикатного кирпича. Порядка 42% этого продукта, производимого в стране, вырабатывается предприятиями округа.

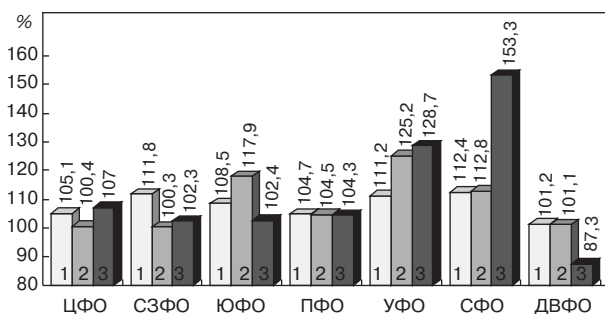


Рис. 3. Динамика производства стеновых материалов в целом, силикатного кирпича и объемов жилищного строительства по федеральным округам РФ в 2006 г. (2005 =100%): 1 – стеновые материалы, всего; 2 – силикатный кирпич; 3 – объем жилищного строительства

Таблица 2

Объемы и динамика производства силикатного и шлакового кирпича по субъектам Приволжского ФО в 2005–2006 гг. (млн шт. усл. кирпича)

| | 2005 г. | | 2006 г. | | Темпы роста производства, % | Доля в общем объеме производства в 2006 г., % |
|------------------------------|---------------|---------------------------|-------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------|
| | Всего | В т. ч. крупные и средние | Всего | В т. ч. крупные и средние | | |
| Приволжский ФО, всего | 1721,2 | 1701,8 | 1798 | 1717,4 | 104,5 | 100 |
| Нижегородская область | 369,4 | 363,2 | 359,8 | 353,9 | 97,4 | 20 |
| Республика Татарстан | 296,3 | 296,3 | 304,2 | 304,2 | 102,7 | 16,9 |
| Самарская область | 211 | 211 | 221,2 | 159,7 | 104,8 | 12,3 |
| Саратовская область | 181,1 | | 187 | 187 | 103,3 | 10,4 |
| Ульяновская область | 163,7 | 163,7 | 177,7 | 177,7 | 108,6 | 9,9 |
| Республика Башкортостан | 146 | 146 | 137,8 | 137,8 | 94,4 | 7,7 |
| Республика Марий Эл | 72,8 | 72,8 | 87,2 | 87,2 | 119,8 | 4,8 |
| Пензенская область | 67,3 | 54,1 | 82,4 | 69,2 | 122,4 | 4,6 |
| Кировская область | 79,8 | 79,8 | 80,8 | 80,8 | 101,3 | 4,5 |
| Оренбургская область | 31,2 | 31,2 | 50,3 | 50,3 | 161,2 | 2,8 |
| Удмуртская Республика | 38,9 | 38,9 | 39,3 | 39,3 | 101 | 2,2 |
| Чувашская Республика | 34,6 | 34,6 | 36 | 36 | 104 | 2 |
| Республика Мордовия | 29,1 | 29,1 | 34,3 | 34,3 | 117,9 | 1,9 |

Крупные производители силикатного кирпича Приволжского ФО

| Предприятие | Регион | Производство в 2006 г., млн шт. усл. кирпича | Темпы роста, % | Доля в региональном производстве, % |
|-------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------|----------------|-------------------------------------|
| ООО «Казанский завод силикатных материалов» | Республика Татарстан | 230 | 103,79 | 12,8 |
| ЗАО «Борский силикатный завод» | Нижегородская область | 105,5 | 89,03 | 5,9 |
| ЗАО «Силикатчик» | Ульяновская область | 104 | 102,77 | 5,8 |
| ОАО «Навашинский завод СМ» | Нижегородская область | 98,8 | 117,62 | 5,5 |
| ОАО «Марийский завод силикатного кирпича» | Республика Марий Эл | 87,2 | 119,78 | 4,8 |
| ОАО «Силикатный завод № 1» | Нижегородская область | 86,4 | 91,72 | 4,8 |
| Завод по производству стройматериалов «Силикат» | Кировская область | 80,8 | 101,25 | 4,5 |
| ООО «ЧСЗ» | Самарская область | 80,3 | 76,48 | 4,5 |
| СГООИ «СИЛК» | Самарская область | 76 | 75,25 | 4,2 |
| ООО «Силикат» | Ульяновская область | 73,7 | 117,92 | 4,1 |
| Стерлитамакский завод силикатного кирпича | Республика Башкортостан | 67 | 106,01 | 3,7 |
| ОАО ЗСК | Саратовская область | 65,2 | 106,89 | 3,6 |
| ООО «Силикатстрой» | Нижегородская область | 63,2 | 103,61 | 3,5 |
| ОАО СИС (Саратовский институт стекла) | Саратовская область | 62,1 | 103,85 | 3,5 |
| ГУП «КСМ» | Республика Татарстан | 60,5 | 107,08 | 3,4 |
| ЗАО СЗСМ | Саратовская область | 59,7 | 99 | 3,3 |
| ОАО «Яснополянский строительные материалы» | Пензенская область | 56,5 | 114,14 | 3,1 |

Общий объем производства силикатного и шлакового кирпича в округе в 2006 г. составил 1,7 млрд шт. усл. кирпича. Объемы производства относительно уровня 2005 г. увеличились на 4,5%. В структуре производства стеновых материалов в Приволжском федеральном округе на его долю приходится более 40%. Это почти столько же, сколько составляет доля керамического кирпича (~42%).

В отчетности Росстата представлены объемы производства 34 производителей силикатного кирпича, не считая мелких, которые в совокупности выпускают менее 5% продукции. Заводы силикатного кирпича расположены фактически во всех субъектах округа, за исключением Пермского края.

Объемы и динамика производства силикатного и шлакового кирпича по областям Приволжского ФО представлены в табл. 2.

Из 17 предприятий округа, объем выпуска которых в 2006 г. превысил 50 млн шт. усл. кирпича, объемы производства относительно уровня 2005 г. снизили только 5 предприятий (табл. 3). При этом наиболее глубокое падение было на ведущих предприятиях Самарской области, где высок удельный вес производства кирпича на малых предприятиях, за счет которых в целом по области выпуск увеличился.

Крупнейшим производителем силикатного кирпича в регионе и в целом по стране является **ООО «Казанский завод силикатных стеновых материалов» (КЗССМ)** – многопрофильное предприятие, выпускающее также керамический кирпич, ячеистый бетон (газобетон), известь, песок и др. Оно является преемником Казанского силикатного завода им. 1 Мая, который был введен в эксплуатацию в ноябре 1930 г.

Крупнейшим предприятием в Нижегородской области и вторым по величине в регионе является **ЗАО «Борский силикатный завод»**. Кроме силикатного кирпича завод выпускает негашеную известь, первым в области применил невозвратную упаковку для силикатного кирпича, начал производство облицовочного цветного декоративного кирпича, освоил выпуск пустотелого кирпича европейского уровня. Кроме того, в 2003 г. заводом налажено производство цементно-песчаного декоративного кирпича типа «Бессер» и брусчатка.

В Ульяновской области расположено третье по величине предприятие округа, производящее силикатный кирпич, – **ЗАО «Силикатчик»**, ведущее свою историю с 1951 г. Предприятие специализируется на производстве силикатного кирпича, а также извести (строительной и технологической). Проектная мощность составляет 200 млн шт. усл. кирпича в год. В 2006 г. предприятием было произведено 104 млн шт. усл. кирпича. Темпы роста производства к уровню 2005 г. составили 2,8%.

В **Центральном федеральном округе (ЦФО)** согласно данным Росстата силикатный кирпич производится более чем на 35 предприятиях. Общий объем производства силикатного и шлакового кирпича в округе в 2006 г. составил 1,45 млрд шт. усл. кирпича. В структуре использования стеновых материалов в ЦФО на его долю приходится около 29%, что всего на 9 пунктов ниже, чем доля керамического кирпича, а темпы производства силикатного кирпича выше, чем керамического.

Несмотря на то что заводы по производству силикатного кирпича расположены во всех областях округа, распределение производственных мощностей имеет значительную концентрацию. Более 55% силикатного кирпича производится в пяти областях региона.

Таблица 4

Объемы и динамика производства силикатного и шлакового кирпича по областям ЦФО в 2005–2006 гг.
(млн шт. усл. кирпича)

| | 2005 г. | | 2006 г. | | Темпы роста производства, % | Доля в объеме производства в 2006 г., % |
|------------------------------|---------------|---------------------------|---------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------|
| | Всего | В т. ч. крупные и средние | Всего | В т. ч. крупные и средние | | |
| Центральный ФО, всего | 1444,6 | 1383,2 | 1450,6 | 1422 | 100,4 | 100 |
| Воронежская область | 231,9 | 231,9 | 206,8 | 206,8 | 89,2 | 14,3 |
| Тверская область | 141,4 | 141,4 | 168,8 | 168,8 | 119,4 | 11,6 |
| Владимирская область | 139,1 | 139,1 | 162 | 162 | 116,5 | 11,2 |
| Липецкая область | 142 | 142 | 138,1 | 138,1 | 97,3 | 9,5 |
| Белгородская область | 149,9 | 149,9 | 128,5 | 128,5 | 85,7 | 8,9 |
| Брянская область | 111,3 | 111,3 | 107,5 | 107,5 | 96,6 | 7,4 |
| Ярославская область | 100,6 | 100,6 | 97,4 | 97,4 | 96,8 | 6,7 |
| Орловская область | 77,1 | 77,1 | 87,3 | 87,3 | 113,2 | 6 |
| Ивановская область | 67,8 | 66,8 | 70,5 | 70,1 | 104 | 4,9 |
| Рязанская область | 64,3 | 61,9 | 66,8 | 66,1 | 103,9 | 4,6 |
| Тамбовская область | 58 | | 52,5 | 25 | 90,5 | 3,6 |
| Калужская область | 45,8 | 45,8 | 45,9 | 45,9 | 100,2 | 3,2 |
| Костромская область | 40,1 | 40,1 | 45 | 45 | 112,2 | 3,1 |
| Смоленская область | 44,8 | 44,8 | 42,1 | 42,1 | 94 | 2,9 |
| Курская область | 29,1 | 29,1 | 29,6 | 29,6 | 101,7 | 2 |
| Тульская область | 1,4 | 1,4 | 1,8 | 1,8 | 128,6 | 0,1 |

Весьма неравномерна и динамика производства по областям. При общем приросте производства в 2006 г. на 0,4% в ряде областей имело место весьма значительное увеличение объемов выпуска (Тверская, Владимирская, Орловская области), в то время как в других спад производства был достаточно глубок (Белгородская, Воронежская области). Объемы и динамика производства силикатного и шлакового кирпича по областям Центрального ФО округа представлены в табл. 4.

Крупные производители силикатного кирпича есть почти во всех областях региона (табл. 5).

Анализ номенклатуры силикатного кирпича показывает, что продукция, выпускаемая различными предприятиями, близка по своим техническим параметрам; почти все предприятия в настоящее время выпускают кирпич, окрашенный в массу. Разброс цен на продукцию несколько шире. В частности, в феврале 2009 г. из рассмотренных предприятий минимальные цены на кирпич рядовой, утолщенный непакетированный были установлены на ЛКСИ – 4,89 р./шт., цены на аналогичный кирпич производства ВКСМ и ОАО «Стройматериалы» (Белгород) составили 5,9 р./шт., а цены КЗСК – 6,63 р./шт. При этом следует иметь в виду, что цена на кирпич меняется в зависимости от способа пакетирования и конъюнктуры.

В целом в ЦФО рынок строительных материалов очень насыщен, конкуренция на нем высокая.

В структуре производства силикатного кирпича Южный федеральный округ занимает третье место, однако на его долю приходится всего 10% производимого в стране продукта. В структуре использования стеновых материалов в Южном федеральном округе на долю силикатного кирпича приходится 18%, в то время как на керамический кирпич – 62,5%.

Общий объем производства силикатного и шлакового кирпича в округе в 2006 г. составил 397,5 млн шт. усл. кир-

пича. Согласно данным официальной статистики темпы роста производства относительно уровня 2005 г. составили 17,9%, что обусловлено включением в отчетность завода ЗАО «Цигель» в Ставропольском крае, ранее отчетность не представлявшего. По нашей оценке роста производства силикатного кирпича в регионе не было (табл. 6).

Число заводов по производству силикатного кирпича в округе достаточно велико (в официальной отчетности представлены данные по 16 заводам), однако только на четырех предприятиях объемы выпуска превышают 50 млн шт. усл. кирпича. В основном производство сосредоточено в Волгоградской области и Ставропольском крае. Здесь выпускается более 75% силикатного кирпича, производимого в округе.

Крупнейшими предприятиями по производству силикатного кирпича в ЮФО являются ЗАО «ПО Завод силикатного кирпича» и ЗАО «Михайловский завод силикатного кирпича» (ЗАО «МЗСК»), расположенные в Волгоградской области.

В Ставропольском крае крупнейшим производителем силикатного кирпича является ОАО «Цигель». Первую продукцию завод выпустил в феврале 1971 г., тогда его мощность составляла 60 млн шт. усл. кирпича в год. В настоящее время мощность завода составляет 110 млн шт. кирпича в год.

ЗАО «Завод стеновых материалов и керамзита», расположенный в Ставропольском крае, также можно отнести к крупным предприятиям. В 2006 г. завод выпустил 51,1 млн шт. усл. кирпича, увеличив производство относительно уровня 2005 г. на 2,2%.

До кризиса успешно наращивал мощности ОАО «Глубокинский завод силикатного кирпича», основанный в 1978 г. В 2006 г. предприятием было произведено 26,6 млн. шт. усл. кирпича, что на 32% больше, чем в предшествующем году. В конце 2006 г. на предприятии была поставлена немецкая прессовая установка, в

Наиболее крупные производители силикатного кирпича в ЦФО

| Предприятие | Регион | Производство в 2006 г. млн шт. усл. кирп. | Темпы роста, % | Доля в региональном производстве, % |
|----------------------------------------------------|----------------------|-------------------------------------------|----------------|-------------------------------------|
| ЗАО «Воронежский комбинат строительных материалов» | Воронежская область | 173 | 88,09 | 11,9 |
| ОАО «Липецкий комбинат силикатных изделий» | Липецкая область | 138,1 | 97,25 | 9,5 |
| ЗАО «Ковровский завод силикатного кирпича» | Владимирская область | 119,4 | 117,64 | 8,2 |
| ЗАО «Тверской комбинат строительных изделий № 2» | Тверская область | 111,9 | 125,31 | 7,7 |
| ОАО «Ярославский завод силикатного кирпича» | Ярославская область | 77,4 | 111,05 | 5,3 |
| ЗАО «Брянский завод силикатного кирпича» | Брянская область | 77,2 | 94,03 | 5,3 |
| ОАО «Стройматериалы» | Белгородская область | 61,7 | 86,78 | 4,3 |
| ЗАО «Рязанский завод силикатных изделий» | Рязанская область | 61,6 | 109,41 | 4,2 |
| ООО «Силикат» | Ивановская область | 57 | 103,83 | 3,9 |
| ОАО «Орловский завод силикатного кирпича» | Орловская область | 50,1 | 121,9 | 3,5 |
| ООО «Завод силикатного кирпича» | Белгородская область | 46,7 | 90,33 | 3,2 |
| ЗАО «КЗСМ» | Калужская область | 45,9 | 100,22 | 3,2 |
| ОАО «Костромской силикатный завод» | Костромская область | 45 | 112,22 | 3,1 |
| ОАО «Петушинский завод силикатного кирпича» | Владимирская область | 42,6 | 113,3 | 2,9 |
| ООО «Гнездово» | Смоленская область | 40,6 | | 2,8 |

сентябре 2007 г. – вторая. Производственные мощности завода увеличились до 140 млн шт. усл. кирпича в год.

В Южном ФО реализуются инвестиционные проекты по производству силикатного кирпича.

В 2004 г. запущен завод «Силикат», принадлежащий ГК «ЭЛКО» мощностью 40 млн шт. усл. кирпича. До этого времени в Астрахани существовал всего один производитель силикатного кирпича – завод «Плинка» мощностью 45 млн шт. усл. кирпича, запущенный в 1999 г. Его мощностей не хватало для удовлетворения потребности в силикатном кирпиче Астраханской области.

Еще один проект связан со строительством завода ООО «СИЛИКАТ-ДОН» по производству силикатного кирпича в Ростовской области (Азовский район) с объемом выпускаемой продукции около 50 млн шт. в год с последующим увеличением объемов до 100 млн шт. в год. Заявленный зарубежный инвестор фирма «Ханиель». Стоимость проекта 320 млн р.

В Краснодарском крае планируется реконструкция завода по производству силикатного кирпича в г. Гулькевичи. Проектом предусматривается приобретение немецкого технологического оборудования, рассчитанного на выпуск 90 млн штук силикатного кирпича в год.

В отчетных материалах Росстата по **Уральскому федеральному округу** учтено шесть производителей силикатного и шлакового кирпича. Общий объем его производства в округе в 2006 г. составил 225,1 млн шт. усл. кирпича. Объем выпуска относительно уровня 2005 г. увеличился на 25,2%, что является самым высоким показателем из всех федеральных округов. Нарастание производства силикатного кирпича отмечено во всех областях, кроме Курганской, имеющей незначительный объем мощностей по его выпуску.

Удельный вес производства силикатного кирпича в общем объеме производства стеновых материалов в округе один из самых низких в стране (порядка 12%). Он уступает не только керамическому кирпичу, но и мелким блокам из ячеистого бетона, и железобетонным стеновым панелям.

Более 50% производства силикатного кирпича выпускает одно предприятие, расположенное в Тюменской области. Порядка 20% выпуска обеспечивают мелкие предприятия. Объемы и динамика производства силикатного и шлакового кирпича по областям Уральского ФО округа представлена в табл. 7.

Ведущим производителем силикатного кирпича в регионе является **ООО «Инвест-Силикат-Стройсервис»**. В 2006 г. предприятием было выпущено 127,1 млн шт. усл. кирпича. Уровень производства 2005 г. был превышен на 24,7%.

Как было отмечено выше, по темпам роста жилищного строительства УФО занимает второе после СФО место, а по душевому уровню производства силикатного кирпича уступает среднероссийским показателям. Таким образом, инвестирование средств в производство стеновых материалов, в частности силикатного кирпича, представляется в данном регионе целесообразным.

В апреле 2009 г. в г. Ялуторовске Тюменской области на базе ЗАО «Комбинат строительных материалов» (Комбинат строительных материалов «Поревит»), более 30 лет выпускающего бетон и железобетонные изделия для гражданского строительства, запущен первый в Тюменской области завод по производству стеновых блоков из автоклавного газобетона. Производство автоклавного газобетона является первым этапом инвестиционного проекта холдинга «Партнер». В даль-

Таблица 6

Объемы и динамика производства силикатного и шлакового кирпича в ЮФО в 2005–2006 гг.
(млн шт. усл. кирпича)

| | 2005 г. | | 2006 г. | | Темпы роста производства, % | Доля в общем объеме производства в 2006 г., % |
|-----------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------|
| | Всего | В т. ч. крупные и средние | Всего | В т. ч. крупные и средние | | |
| Южный ФО, всего | 337,3 | 333,2 | 397,5 | 379,7 | 117,8 | 100 |
| Волгоградская область | 207,1 | 207,1 | 188,2 | 185,5 | 90,9 | 47,3 |
| Ставропольский край | 50 | 50 | 111,6 | 111,6 | 223,2 | 28,1 |
| Краснодарский край | 34,3 | 34,2 | 36,4 | 36,3 | 106,1 | 9,2 |
| Ростовская область | 24 | 20,9 | 30,4 | 27,3 | 126,7 | 7,6 |
| Карачаево-Черкесская Республика | | | 11,9 | | | 3 |
| Астраханская область | 12 | 12 | 11 | 11 | 91,7 | 2,8 |
| Республика Северная Осетия-Алания | 6,7 | 6,7 | 6,1 | 6,1 | 91 | 1,5 |
| Республика Дагестан | 2,3 | 2,3 | 1 | 1 | 43,5 | 0,3 |
| Республика Калмыкия | 0,9 | | 0,9 | 0,9 | 100 | 0,2 |

нейшем будут запущены производства силикатного кирпича и сухих строительных смесей. Инвестиционная стоимость проекта 1,3 млрд р.

Годовая мощность комплекса составляет: газобетонных изделий 350 тыс. м³; силикатного кирпича – 70 млн шт. 3–4 цветов; сухих смесей – 35 тыс. т.

В Северо-Западном федеральном округе производство силикатного кирпича развито слабо. Общий объем его производства в 2006 г. согласно данным Росстата составил 188,5 млн шт. усл. кирпича и оставался фактически на уровне 2005 г. В структуре использования стеновых материалов на его долю приходится около 17%. Объем производства силикатного кирпича в этом регионе более чем в три раза меньше, чем керамического, но превосходит выпуск всех остальных стеновых материалов.

Достаточно крупные заводы расположены в Новгородской и Вологодской областях (табл. 8).

Одним из ведущих производителей силикатного кирпича в Северо-Западном ФО является *Боровичский завод силикатного кирпича* в Новгородской области. Первая очередь Боровичского завода силикатного кирпича годовой производственной мощностью 50 млн штук была завершена в 1974 г. К 1990 г. производственные мощности завода были увеличены, а объем выпуска продукции превысил проектную мощность и составил 102 млн шт. усл. кирпича в год.

Программа по переоснащению производственных мощностей *Павловского завода строительных материа-*

лов (год основания завода 1931) была начата осенью 2002 г. ОАО «ПО «Ленстройматериалы». Производительность ПЗСМ после переоснащения должна составить 100 млн шт. усл. кирпича в год.

Состояние строительной индустрии в **Сибирском федеральном округе** едва ли не самое депрессивное. В 2006 г. темпы роста производства стеновых материалов в округе вообще и силикатного кирпича в частности в полтора раза отставали от темпов жилищного строительства. В округе было произведено 183,1 млн. шт. усл. кирпича. В структуре производства стеновых материалов его доля составила 7,7% (в восемь с половиной раз меньше, чем доля керамического кирпича), хотя темпы роста производства, по данным Росстата, превысили 20%. Заводы силикатного кирпича есть в пяти субъектах округа. Рост его производства зафиксирован фактически по всем областям, кроме Красноярского края (табл. 9).

Крупнейший производитель силикатного кирпича в округе – *ОАО «Силикатный завод»* в Читинской области, основанный в 1963 г. В декабре 2003 г. на заводе состоялся запуск новой технологической линии по производству кирпича европейского качества. Высокотехнологичный пресс был приобретен в Германии на кредитные средства, выделенные областной администрацией.

Относительно крупным предприятием по производству силикатного кирпича является *ЗАО «Барнаул-*

Таблица 7

Объемы и динамика производства силикатного и шлакового кирпича в Уральском ФО в 2005–2006 гг.
(млн шт. усл. кирпича)

| | 2005 г. | | 2006 г. | | Темпы роста производства, % | Доля в общем объеме производства в 2006 г., % |
|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------|
| | Всего | В т. ч. крупные и средние | Всего | В т. ч. крупные и средние | | |
| Уральский ФО, всего | 202,1 | 199,6 | 253,1 | 202,6 | 125,2 | 100 |
| Тюменская область | 101,9 | 101,9 | 127,1 | 127,1 | 124,7 | 50,2 |
| Челябинская область | 57,8 | 57,8 | 62,7 | 33,1 | 108,5 | 24,8 |
| Свердловская область | 34,9 | 32,4 | 57,1 | 36,2 | 163,6 | 22,6 |
| Курганская область | 7,5 | 7,5 | 6,2 | 6,2 | 82,7 | 2,4 |

Таблица 8

Объемы и динамика производства силикатного и шлакового кирпича в Северо-Западном ФО в 2005–2006 гг. (млн шт. усл. кирпича)

| | 2005 г. | | 2006 г. | | Темпы роста производства, % | Доля в общем объеме производства в 2006 г., % |
|----------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------|
| | Всего | В т. ч. крупные и средние | Всего | В т. ч. крупные и средние | | |
| Северо-Западный ФО, всего | 187,9 | 149 | 188,5 | 145,4 | 100,3 | 100 |
| Новгородская область | 50 | 50 | 53,8 | 53,8 | 107,6 | 28,5 |
| Вологодская область | 54,4 | 54,4 | 52,1 | 52,1 | 95,8 | 27,6 |
| Архангельская область | 51,9 | 17,2 | 49,5 | 13,8 | 95,4 | 26,3 |
| Калининградская область | 29 | 27,4 | 30,4 | 25,7 | 104,8 | 16,1 |
| Мурманская область | 2,6 | | 2,7 | | 103,8 | 1,4 |

стройматериалы». Предприятие выпускает рядовой силикатный кирпич. В 2006 г. объем выпуска продукции составил 34,6 млн шт. усл. кирпича, темпы роста производства к уровню 2005 г. составили 100,3%. В 2008–2009 гг. планировалось установить новый высокопроизводительный пресс немецкого производства. Объем инвестиций 30 млн р.

Единственным производителем силикатного кирпича и извести на территории Томской области и одним из немногих сохранившихся в Западной Сибири, является **ОАО «Силикатстройматериалы»** (Копыловский завод силикатного кирпича, входит в холдинг «СУ-13»), запущенный в 1952 г. Производство кирпича составляет около 1 млн штук в месяц. Ассортимент продукции – обычный и утолщенный силикатный кирпич, силикатная плитка.

Производителем силикатного кирпича в Хакасии является **Сорский завод силикатных материалов (в настоящее время ЗАО «Карат-ЦМ»)**. Данных о предприятии в официальной статистике нет. Известно, что завод силикатных материалов в г. Сорск введен в эксплуатацию в 1980 г. Проектная мощность 90 млн шт. усл. кирпича в год.

Доля Дальневосточного федерального округа в общей структуре производства силикатного кирпича в стране составляет 1%. В 2006 г. в округе было произведено 56,5 млн шт. усл. кирпича. Этот объем составляет порядка 22% от общего количества стеновых материалов.

Государственной статистикой учитываются три предприятия, производящие силикатный кирпич, которые расположены в Приморском крае и Амурской области. Единственный крупный производитель силикатного кирпича на Дальнем Востоке – **ОАО «Благовещен-**

ский завод строительных материалов» (БЗСМ), созданный в июне 1960 г. На заводе производят одинарный и полуторный силикатный полнотелый кирпич, строительную известь, тротуарную плитку, стеновую плитку. Завод имеет собственный карьер полевошпатового песка, известняковый щебень завозят с месторождений в Хабаровском крае и Еврейской АО. В 2006 г. было выпущено 53,7 млн шт. усл. кирпича, что на 4% меньше, чем в 2005 г.

Внешняя торговля силикатным кирпичом

Внешняя торговля силикатным кирпичом существенного влияния на его рынок не оказывает. Поставки СК за пределы страны составляют десятые доли процента от объемов его производства, закупки по импорту – сотые доли процента от объемов потребления.

В 2006 г., по данным официальной таможенной статистики, было экспортировано порядка 11 млн шт. усл. кирпича на сумму 2,2 млн USD небольшими партиями с разных заводов. Основные экспортеры – ЗАО СК «АР-ГО», ООО «Челябинскстройматериалы», ОАО «Глубокинский завод СК». Средняя расчетная заявленная стоимость одного условного кирпича составила 0,19 USD.

По импорту было закуплено порядка 0,4 млн шт. усл. кирпича. Стоимость импорта составила 118 тыс. USD. Средняя расчетная заявленная стоимость одного условного кирпича – 0,27 USD. Кирпич поставлялся в Сибирский ФО и Северо-Западный ФО.

Несмотря на столь незначительные объемы внешней торговли, можно отметить определенную тенденцию к росту поставок по импорту. В 2007 г. объем импорта относительно уровня 2006 г. увеличился на 12%.

Таблица 9

Объемы и динамика производства силикатного и шлакового кирпича в Сибирском ФО в 2005–2006 гг. (млн шт. усл. кирпича)

| | 2005 г. | | 2006 г. | | Темпы роста производства, % | Доля в общем объеме производства в 2006 г., % |
|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------|---------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------|
| | Всего | В т. ч. крупные и средние | Всего | В т. ч. крупные и средние | | |
| Сибирский ФО, всего | 150,3 | 112 | 183,1 | 135,5 | 121,8 | 100 |
| Алтайский край | 80,8 | 42,5 | 83,8 | 43,3 | 103,7 | 45,8 |
| Читинская область | 48,8 | 48,8 | 77,4 | 71 | 158,6 | 42,3 |
| Томская область | 10 | 10 | 13,9 | 13,9 | 139 | 7,6 |
| Кемеровская область | 3,5 | 3,5 | 4,5 | 4,5 | 128,6 | 2,5 |
| Красноярский край | 7,1 | 7,1 | 3,5 | 2,8 | 49,3 | 1,9 |

Ценовая конъюнктура рынка силикатного кирпича

Для средней цены на силикатный кирпич характерен постоянный рост достаточно высокими темпами. По сведениям Росстата, цены на кирпич силикатный, закупаемый в 2006–2007 гг. строительными организациями в РФ, увеличились к концу 2007 г. на 13,4% по отношению к аналогичному периоду предыдущего года (4283 р. против 3777 р. за 1 тыс. шт.). Заметного влияния сезонного фактора в изменении цен на кирпич силикатный не проявляется.

Следует отметить, что прецеденты производителей силикатного кирпича в докризисный период менялись примерно два-три раза в год. Средняя цена менялась также в связи с расширением ассортимента продукции. Поскольку все эти изменения на разных предприятиях происходили одновременно, а число предприятий велико, то наблюдался постоянный рост средних отпускных цен.

Разброс цен на силикатный кирпич весьма широк. Он определяется как многообразием ассортимента выпускаемой продукции, ее техническими характеристиками (маркой), так и ценовой политикой конкретного предприятия. Кроме того, цена кирпича зависит и от условий его отпуска (использования той или иной формы пакетирования), условий транспортировки.

Основные тенденции и прогноз рынка

На современном этапе, несмотря на появление новых строительных материалов, силикатный кирпич остается востребованным стеновым материалом, потребление которого в докризисный период хотя и небольшими темпами, но устойчиво росло. Прогнозировалось, что к 2015 г. объем российского рынка силикатного кирпича может достигнуть 6,5 млрд шт. усл. кирпича, или 12,9 млн м³.



Однако сформировавшиеся до настоящего времени тенденции при восстановлении экономики несколько изменятся. При условии реализации заявленных крупных инвестиционных проектов опережающего роста можно ожидать в Уральском и Южном регионах.

Кризис может внести существенные изменения в структуру потребления стеновых материалов, а также в расстановку сил на рынке силикатного кирпича.

В настоящее время промышленность силикатного кирпича живет и работает в условиях кризиса экономики. Повсеместно наблюдается снижение покупательской способности, приостанавливаются инвестиционные проекты. Однако именно в кризис промышленность силикатного кирпича имеет возможность укрепить свои позиции, так как ее продукция — силикатный кирпич остается одним из самых доступных материалов для жилищного строительства.

ИТКОР Информационно-консалтинговая фирма
«ИТКОР» (Москва)
 предлагает непубликуемый
 маркетинговый обзор

«РОССИЙСКИЙ РЫНОК СТЕНОВЫХ МАТЕРИАЛОВ»

Работа выполнена в августе 2008 г. и содержит анализ рынка конструкционных материалов полной заводской готовности, изготавливаемых промышленным способом (сборный железобетон, ячеистый бетон, кирпич керамический и силикатный, сэндвич-панели).

Обзор содержит сведения об объемах производства и потребления стеновых материалов, объемах внешней торговли, ценовой конъюнктуре, информацию об основных игроках рынка. Данные структурированы по федеральным округам и субъектам федерации.

**Стоимость обзора – 47 тыс. р. (с НДС),
 объем 250 стр., 114 табл., 51 рис.**

Возможна продажа отдельных разделов обзора.

По всем вопросам обращайтесь по телефону/факсу:
(495) 232-47-56
 E-mail: itkor@mail.ru

Контактное лицо: *Савостьянова Елена Александровна*

В издательстве «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»

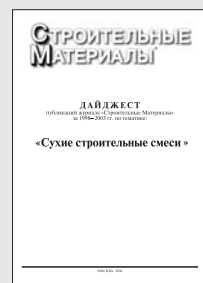
ГОТОВИТСЯ К ВЫХОДУ ДАЙДЖЕСТ

«Сухие строительные смеси»

Часть 2

В дайджест вошли статьи, опубликованные в журнале «Строительные материалы»® за 2004–2008 гг. – всего более 60 статей по тематическим разделам:

- компоненты для производства ССС;
- технология и оборудование;
- результаты научных исследований;
- применение ССС;
- рынок ССС.



Для приобретения дайджеста следует направлять заявку произвольной формы в издательство по факсу или электронной почте.

Не забудьте указать наименование организации, почтовый адрес доставки, ФИО получателя.

**Телефон/факс:
 (495) 976-20-36, 976-22-08**

E-mail: mail@rifsm.ru. rifsm@mail.ru

Текущее состояние и перспективы развития в 2009—2012 гг. строительной индустрии и потребления строительных материалов в РФ



И. Г. Пономарев

Конференция с таким названием состоялась 27 августа 2009 г. в Москве. Ее организаторами выступили информационно-консалтинговая фирма «ИТКОР» и Российская организация переработчиков пластмасс при информационной поддержке журнала «Строительные материалы»®. В конференции приняли участие руководители и ведущие специалисты предприятий-производителей строительных материалов, проектных организаций, компаний-застройщиков, представители инвестиционно-финансовых структур и кредитных организаций.

С основным докладом «Российский строительный комплекс в условиях кризиса» выступил генеральный директор ИФК «ИТКОР» **И. Г. Пономарев**. Докладчик привел основные показатели инвестиционно-строительной деятельности в России за последние 10 лет, провел сравнительный анализ современной ситуации и ситуации, сложившейся после кризиса 1998 г. Был представлен прогноз объемов потребления основных видов строительных материалов, разработанный аналитиками ИФК «ИТКОР» на основании прогноза социально-экономического развития Российской Федерации на 2009–2012 гг. (полностью доклад опубликован в журнале «Строительные материалы»® №8–2009 г.).



X. A. Алиев

О разработке программ развития отечественной стройиндустрии на перспективу до 2020 г. рассказал ведущий инженер проектов ОАО «Проектный институт № 2» **И. М. Гринберг**. Он отметил, что даже при достаточном финансировании национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» невозможно обеспечить производство строительных материалов необходимой номенклатуры, качества и объема без существенного реформирования материальной базы стройиндустрии. С этой целью целесообразно разрабатывать региональные программы развития промышленности строительных материалов на основе анализа существующего состояния и программы социально-экономического развития регионов на длительный период. В программах должны учитываться такие факторы, как наличие в регионе сырьевой базы, основные направления технической политики и структуры жилищного строительства, существующий баланс производства и потребления строительной продукции и др. Результатом разработки региональной программы должны стать конкретные предложения по организации новых производств наиболее эффективных для данного региона строительных материалов и конструкций, а также реконструкции действующих предприятий.



A. A. Семенов

В. И. Ноздря, генеральный директор НПК «Спецбурматериалы», доложил о состоянии сырьевой базы промышленности строительных материалов. Он отметил, что в основном российская промышленность сырьем обеспечена. Одна из главных проблем – получение землекопателей, так как многие месторождения полезных ископаемых находятся в непосредственной близости от активно развивающихся городов. Другая проблема – недостаточно полное использование природного минерального сырья. Например, в России ежегодно добывается 6,5–7 млн т мела, а используется только 2,5–3 млн т. Остальное идет в отвалы вскрышных пород.

Ряд докладов был посвящен ситуации в различных подотраслях промышленности строительных материалов.

Учитывая, что цемент является так называемым «хлебом» строительства, динамика его производства и потребления может служить индикатором состояния строительства. В докладе генерального директора «ГС-Эксперт» **А. А. Семенова** было отмечено, что в 2008 г. впервые за последние 10 лет произошло сокращение объемов производства цемента. Его выпуск по итогам года составил 53,6 млн т (89,4% к уровню 2007 г.). По итогам 1 полугодия 2009 г. ситуация усугубилась. Объем производства цемента составил всего 19,3 млн т цемента (71,4% к аналогичному периоду предыдущего года), т. е. по объему производства цемента Россия вернулась на уровень 2004–2005 гг.

В связи с резко увеличившимся спросом на цемент в 2006–2007 гг. несколько десятков компаний заявили о намерении строительства новых цементных заводов во всех федеральных округах. Однако, в связи с финансовым кризисом большинство из заявленных проектов, очевидно, не будут реализованы. С определенной уверенностью можно ожидать завершения проектов, находящихся в стадии строительства крупными цементными холдингами. С целью поддержки отечественной цементной промышленности Министерство регионального развития РФ и Минэкономразвития РФ сформировали список цементных производств общей мощностью около 17 млн т в год, которые помогут достроить государственные банки (ВЭБ и Сбербанк).

Таким образом, с учетом ежегодного выбытия производственных мощностей в объеме около 1,5–2 млн т в год, российская цементная промышленность в 2012 г. сможет выпускать 90–132 млн т цемента. Однако в условиях существенного снижения спроса на эту продукцию, наращивания объемов производства цемента до этих объемов в ближайшие годы ожидать не приходится. Устойчивый рост объемов выпуска цемента в стране может начаться на ранее 2011 г. К 2012 г. производство цемента в России составит около 50 млн т, а при благоприятном развитии экономической ситуации, не превысит объемов его выпуска в 2003 г.

Рынку мягких кровельных материалов был посвящен доклад директора НТЦ «Гидрол-Кровля» **Я. И. Зельмановича**; состоянию и развитию промышленности теплоизоляционных материалов – доклад заместителя директора института «Теплопроект» В. Б. Пономарева; перспективам производства пластмассовой продукции для строительства – доклад председателя Совета НП «Российское объединение переработчиков пластмасс» В. В. Абрамова.

В сложившейся ситуации участники конференции с большим интересом встретили доклад заместителя генерального директора компании «Росбартер» **X. А. Алиева** об электронном бартере, как одном из инструментов ведения хозяйственной деятельности в условиях дефицита денежных средств (основные положения доклада публикуются в этом номере журнала).

В ходе обсуждения докладов сделан вывод, что «дно» кризиса в 2009 г. достигнуто не будет. Для большинства строительных материалов перелом произойдет только в 2010 г., а для некоторых из них, например, для цемента – в 2011 г.

Участники конференции пришли к выводу, что подобные аналитические мероприятия необходимо проводить на постоянной основе и выразили надежду, что ИФК «ИТКОР» продолжит успешно начатую работу по их организации.



Я. И. Зельманович



В. И. Ноздря

БАРТЕР как инструмент выхода из финансово-экономического кризиса

Возможно, многие производственники не сталкивались с бартером, так как последние годы для строительного бизнеса были вполне благополучными.

Бартер — это прямой обмен товара или услуги на другой товар или услугу без применения денег.

К бартеру прибегают, как правило, когда организация хочет расширить свои финансовые возможности за счет высвобождения оборотных средств и оптимизации налоговой нагрузки, или когда организация испытывает недостаток ликвидности, не располагает денежными средствами для расчетов с поставщиками и подрядчиками.

В современной истории возникновение и течение экономических кризисов основывается на дисбалансе двух базовых факторов — ликвидности и долговых обязательств, то есть причиной кризиса становятся не обеспеченные кредиты.

Не секрет, что в России строительный бум в значительной степени был обусловлен дешевыми иностранными кредитами. Российские финансовые организации в свою очередь кредитовали бизнес под более высокие проценты, и некоторое время такой механизм работал. При этом стоит помнить, что выдачей кредитов по всему миру занималась Федеральная резервная система США, которая является частной организацией. И от того, будет ли ФРС США и дальше выдавать кредиты под низкие проценты, зависит ликвидность почти во всех странах. Это стало одной из причин превращения ипотечного кризиса США в глобальный финансово-экономический кризис.

Ликвидность — способность активов быть быстро проданными, то есть обращенными в деньги, по цене, близкой к рыночной.

Аналитики компании РОСБАРТЕР уверены в том, что кризис продлится не менее 3–5 лет и наиболее драматичные события в экономической, финансовой и социальной сферах еще предстоят. В период финансового кризиса отсутствие денег в обороте нарушает такие их основные функции, как средство платежа и средство обмена. Некоторым образом компенсировать эту функцию денег можно, используя натуральный обмен (бартер), который в некоторых ситуациях становится единственной формой торговли, инструментом существования и развития в условиях финансово-экономического кризиса.

Динамика неплатежей не связана напрямую с жесткостью политики Правительства в вопросах финансовой стабилизации. Неплатежи и неденежные расчеты — это прежде всего микроэкономические феномены, отражающие неспособность или нежелание значительного числа предприятий работать в «обычных» рыночных условиях и слабость механизмов корпоративного управления, создающих стимулы для наращивания как долгов дебиторов, так и долгов кредиторам.

К началу третьего тысячелетия в российской переходной экономике сложилась парадоксальная ситуация. С одной стороны существовали центральный банк, система коммерческих банков и другие атрибуты денежной экономики. С другой стороны, в

1997–1999 гг. до 90% промышленной продукции обменивалось через бартер (в 1991–1994 гг. этот показатель составлял около 40%, а в 1995–1996 гг. — 75%). Феномен бартера как основной формы внутренних транзакций в промышленности резко выделял Россию из числа стран с переходной экономикой. В 1990-х гг. бартер в нашей экономике наглядно продемонстрировал свою жизнеспособность.

В начале 2000-х гг. неплатежи и неденежные расчеты между предприятиями стали широко использоваться с целью уклонения от уплаты налогов. От средства выживания для многих это превратилось в средство извлечения дополнительной выгоды. После увеличения ликвидности в денежной системе необходимость в бартере стала уменьшаться. С введением запретительных механизмов бартер перестал быть популярным. Решить поставленные задачи удалось в том числе и за счет привлечения «дешевых» кредитных денег.

Интерес к бартерным операциям за последние несколько месяцев возрос многократно. Это подтверждают исследования компании «РОСБАРТЕР», в рамках которого было изучено более 1000 бартерных предложений. Среди предприятий, прибегающих к помощи бартера, около 43% составляют средние по размерам предприятия, которые в настоящее время пострадали от кризиса больше всех, 36% — малые предприятия, и только 21% — крупные предприятия.

С сентября 2008 г. — момента вступления кризиса в активную фазу в Российской Федерации, — отмечается более чем пятикратное увеличение интереса к бартерным сделкам. При этом основной интерес сосредоточен в столицах и городах с населением более миллиона человек. Также следует отметить, что существенный интерес к бартерным операциям проявляется не только в России, но также в странах ближнего и дальнего зарубежья.

В качестве главных причин, из-за которых руководители предприятий решили реализовывать продукцию по бартерной схеме, большинство назвало недостаток ликвидности и оборотных средств, затоваривание складов, нежелание останавливать производство (рис. 1).

На вопрос о том, сколько предприниматели готовы заплатить за помощь в поиске контрагента, большинство указали в качестве наиболее приемлемого варианта до 1% от суммы сделки. Около 12% респондентов уверены, что успешно найдут контрагентов без посредников (рис. 2). С таким решением можно согласиться, если речь идет о прямых бартерных сделках. В случае, если необходимо выстраивать бартерную цепочку, состоящую из трех и более участников, то без квалифицированного брокера, по нашему мнению, не обойтись.

С 1 января 2009 г. внесены поправки в Налоговый кодекс РФ, согласно которым не нужно платить НДС при проведении бартерных сделок. Это означает, что Правительство страны учитывает существенное снижение ликвидности и считает бартер эффективным инструментом сохранения дееспособности предприятий.

До недавнего времени значительную сложность представлял поиск контрагента с нужным товаром или услугой для обмена на свой товар. С началом функционирования электронной системы РОСБАРТЕР эта задача существенно упрощается.

РОСБАРТЕР — всероссийская электронная система бартерного обмена, позволяющая предприятиям производить поиск контрагентов для совершения бартерных сделок, и в условиях кризиса сохранить объемы производства, увеличивать товарооборот, оптимизировать налоговые отчисления, производить расчеты без денег.

Х.А. АЛИЕВ,
зам. генерального директора,
компания «РОСБАРТЕР»З



Рис. 1



Рис. 2

В.Н. ЧЕЛОМИН, министр строительства Нижегородской области

Развитие строительного комплекса Нижегородской области

Как и в целом по России, в настоящее время строительный комплекс Нижегородской области переживает непростые времена. Вместе с тем, основной приоритетной задачей министерства строительства Нижегородской области по-прежнему является работа по реализации приоритетного национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» путем наращивания объема ввода жилья и создание условий для его устойчивого роста.

В этих целях совместно с органами местного самоуправления и застройщиками, ресурсоснабжающими организациями и надзорными органами осуществляется координация действий по обеспечению выполнения утвержденной Губернатором Нижегородской области В.П. Шанцевым ежегодной Адресной программы ввода жилых домов.

Благодаря совместной деятельности в 2008 г. в Нижегородской области введено 1353,3 тыс. м² жилья. Адресная программа ввода жилых домов в Нижегородской области была выполнена на 100,2%. Рост составил 126% к 2007 г. В текущем году планируется ввести 1400 тыс. м² жилья.

Для оказания помощи застройщикам в 2009 г. в соответствии с утвержденным Правительством Нижегородской области планом по стабилизации ситуации в экономике и финансовом секторе реализуются следующие меры государственной поддержки:

- предоставление государственных гарантий Нижегородской области организациям застройщикам по кредитам, привлекаемым для завершения строительства домов;
- совместно с региональным оператором АИЖК ГП «НИКА» осуществляется работа по предоставлению ипотечных кредитов гражданам – участникам долевого строительства многоквартирных жилых домов;
- за счет средств областного бюджета и средств Государственной корпорации «Фонд содействия реформированию жилищно-коммунального хозяйства», выделяемых для расселения жителей аварийного жилищного фонда, производится закупка квартир у застройщиков в домах высокой степени готовности.



Продолжая тему жилищного строительства необходимо отметить, что во всем мире одним из основных направлений является возведение индивидуального жилья.

Сегодня практически во всех районах Нижегородской области имеются территории для комплексной малоэтажной застройки. Общая площадь земельных участков, намечаемых под такую застройку, составляет около 4,5 тыс. га, на которых размещено более 13 тыс. участков для индивидуального строительства.

Доля данного сегмента от общего количества, введенного в прошлом году жилья, составила свыше 30%. Перед нами стоит задача строить многоэтажное и индивидуальное жилье в соотношении 50% к 50%. Мы выходим на этот уровень уже в 2009 г.

Вместе с тем, основными причинами, сдерживающими рост индивидуального жилищного строительства, являются отсутствие инженерной инфраструктуры и низкие доходы населения, особенно в сельской местности. Поэтому основные усилия направляются на обеспечение опережающего развития инженерной инфраструктуры территорий застройки, и в связи с высокой стоимостью ее создания – развитие мер государственной поддержки населению в части инженерного и транспортного обустройства территорий застройки.

В целях ускорения развития территорий комплексного малоэтажного строительства в настоящее время министерством подготовлен проект областной целевой программы «Развитие малоэтажного жилищного строительства в Нижегородской области в 2010–2015 годах», предусматривающий в качестве основной задачи предоставление средств областного бюджета для строительства объектов коммунального назначения, сетей инженерно-технического обеспечения и транспортной инфраструктуры на территориях малоэтажной застройки. Уже реализуется шесть пилотных проектов освоения территорий малоэтажного строительства. Объем



средств областного бюджета, направленный для реализации пилотных проектов составил 230 млн р. Завершение освоения территорий этих проектов намечается к 2010–2011 гг. Всего на шести пилотных площадках прошлого года будет построено 923 дома общей площадью около 140 тыс. м².

В целях закрепления и увеличения числа молодых специалистов в государственных учреждениях образования, здравоохранения, спорта и культуры, находящихся в ведении органов исполнительной власти Нижегородской области, реализуется областная целевая программа «Социально-экономическая поддержка молодых специалистов, работающих в учреждениях образования, здравоохранения, спорта и культуры Нижегородской области на 2006–2020 годы». В рамках целевой программы в 2008 г. было возведено 196 домов в 33 районах Нижегородской области. В текущем году за счет средств областного бюджета будет построено 170 домов в 27 районах области.

В целях популяризации здорового образа жизни в рамках областной целевой программы «Развитие социальной и инженерной инфраструктуры как основы повышения качества жизни населения Нижегородской области» с 2007 г. осуществляется строительство физкультурно-оздоровительных комплексов (ФОК). В состав типового проекта ФОК входит здание комплекса и футбольное поле с искусственным покрытием. ФОК состоит из трех блоков, включающих универсальный спортивный зал; бассейн, тренажерные залы, кинозал; крытую ледовую арену, предназначенную для хоккея и фигурного катания.

В 2008 г. построены и введены в эксплуатацию пять физкультурно-оздоровительных комплексов в городах Семенове, Лысково, Кулебаки, Перевозе и Первомайске. В 2009 г. ведется строительство 11 физкультурно-оздоровительных комплексов в районах Нижегородской области. Несмотря на сложную экономическую ситуацию Правительством Нижегородской области было принято решение о продолжении строительства данных спортивных сооружений и вводе в эксплуатацию в 2009 г. восьми ФОКов.

Большое внимание в Нижегородской области уделяется дорожному строительству. Благодаря слаженной работе Министерства строительства и подведомственного Главного управления строительства автомобильных дорог на начало 2009 г. введен в эксплуатацию 21 объект дорожного строительства и реконструкции протяженностью 41 км, в том числе три мостовых перехода (через реки Вол, Медяна, Пукстерь). Наиболее значимым событием для Нижегородской области и соседних регионов стало открытие автомобильного движения по второй очереди автодороги М–7 «Волга» на участке Южного обхода Нижнего Новгорода (14 км). По экспертным оценкам, ввод в эксплуатацию второй очереди Южного обхода позволил вывести более 30% транзитного транспорта за пределы областного центра. В первом полугодии 2009 г. введено в эксплуатацию 4,6 км автодорог и 85,4 п. м искусственных сооружений на них. В текущем году ведутся работы на 17 объектах дорожного

строительства, 13 из которых предусмотрены к вводу в эксплуатацию. В целом объем финансирования в текущем году составит 2,85 млрд р.

Не менее важным для нас является и строительство метрополитена. В 2008 г. бюджетные инвестиции в строительство метрополитена и совмещенного моста через реку Оку составили более 4,1 млрд р., что позволило соединить правый и левый берега реки Оки мостовым переходом и начать строительство правобережного и левобережного автодорожных подходов к совмещенному мосту. В 2009 г. планируется направить на строительство объектов метрополитена свыше 4,7 млрд р., что позволит закончить строительство автодорожных подходов и автодорожной части моста и открыть автомобильное движение.

Для обеспечения запланированных объемов строительства необходимо и соответствующее развитие индустрии строительных материалов. Поэтому одной из приоритетных задач является поддержка промышленности строительных материалов, которая в настоящее время полностью обеспечивает Нижегородскую область основными строительными материалами. Для этого Минстроем проводится активная инвестиционная политика. Если в 2006 г. объем собственных и привлеченных средств, направленных на реконструкцию и техническое перевооружение предприятий по выпуску строительных материалов, составил 1 млрд р., то в 2007 г. этот показатель равен 1,4 млрд р. В 2008 г. на эти цели было привлечено более 2 млрд р.

Среди наиболее значимых инвестиционных проектов, реализованных в Нижегородской области в последнее время, необходимо выделить:

- первый в России завод по выпуску кровельных материалов по французской технологии мощностью 14,3 млн м² в год на ООО «Ондулин – строительные материалы» в Нижнем Новгороде;
- первую в России мощность по выпуску гипсостружечных плит объемом 6 млн м² в год на ООО «Пешеланский гипсовый завод «Декор-1» в Арзамасском районе;
- первую в Нижегородской области линию по производству газосиликатных блоков мощностью 200 тыс. м³ в год на ЗАО «Борский силикатный завод»;
- предприятие по выпуску изделий для малоэтажного строительства мощностью 150 тыс. м² жилья в год на ЗАО «Малоэтажные комфортные дома» в Семеновском районе.

Подводя итоги хочется также отметить, что в соответствии с концепцией административной реформы, Министерство строительства постоянно работает над повышением эффективности своей деятельности как органа государственного управления. Для этого в 2008 г. Минстрой первым из структурных подразделений Правительства Нижегородской области прошел сертификацию по системе менеджмента качества (стандарт ГОСТ Р ИСО 9001–2001). Модернизация стиля и методов деятельности позволит министерству еще более эффективно решать стратегические и тактические задачи развития Нижегородской области.

И.В. БАЖЕНОВ, почетный строитель России,
вице-президент ОР «Союз нижегородских строителей» (Нижний Новгород)

Состояние и перспективы развития силикатного кирпича в Нижегородской области

За последние 15 лет в Нижегородской области в конструктивных схемах жилищного строительства произошли значительные изменения. Доля жилья в кирпичном исполнении и с применением кирпича, в основном силикатного, возросла с 39,4% в 1993 г. до 66% в 2008 г. Основной тип жилья советского периода – крупнопанельное строительство уменьшилось с 54,7% до 6,5%. При этом многоэтажные жилые дома в Нижнем Новгороде из керамического кирпича за этот период по ряду причин не проектировались и не строились.

Проведенные социологические исследования среди населения показали явные предпочтения жителей Нижнего Новгорода домам в каменном исполнении (54% опрошенных), за крупнопанельные жилые дома проголосовало 11%. Необходимо отметить, что производители стеновых материалов недостаточно используют этот агитационный фактор в свою пользу при работе с застройщиками-заказчиками.

В общем объеме выпуска стеновых материалов, производящихся в регионе, силикатный кирпич составляет 80%. Существующие мощности четырех предприятий по выпуску силикатного кирпича используются на уровне 70–90%, при этом полностью закрываются все потребности строительного комплекса и 10–20% вывозится из региона.

На рисунке видно, что темпы роста объемов жилья превосходят темпы выпуска силикатного кирпича и в значительной степени влияют на производство и реализацию. В индивидуальном жилищном строительстве доля домов в кирпичном исполнении составляет 77%.

Жилищный бум последних лет резко обострил конкуренцию среди производителей конструкций и стеновых материалов. В Нижнем Новгороде дома устремились вверх в каркасно-монолитном исполнении с самонесущими стенами, вытесняя 9-этажные кирпичные с

несущими стенами. Тем не менее объем потребления стенового материала не снизился; уменьшился не объем, а доля, занимаемая кирпичом на строительном рынке жилья.

В стратегии развития строительного комплекса до 2020 г. запланировано, что в 2012 г. из общего объема ввода жилья 50% будет приходиться на индивидуальные дома. В этом случае по такому показателю, как цена-качество, силикатному кирпичу в малоэтажном строительстве альтернативы нет. Так что будущее кирпича скорее всего за коттеджным домом.

Есть два разных понятия: строительство и капитальное строительство. Первое означает: построил, а лет через двадцать снесли. Капитальное строительство подразумевает, что в вашем доме будут жить дети, внуки и правнуки. И это можно сделать только из кирпича. Из бетона вряд ли кто-то будет строить свой собственный дом.

В стратегии развития строительного комплекса до 2020 г. предусмотрено более полное использование местной сырьевой базы для выпуска кирпича и извести. Так, существующие технологии получения извести на силикатных заводах требуют для обжига в шахтных печах высококачественного известняка с содержанием солей углекислого магния менее 6%. Таких месторождений в области нет, поэтому известковый камень в объеме 350–400 тыс. т ежегодно ввозится из других регионов.

Учеными ННГАСУ разработан и апробирован эффективный метод получения извести из местных доломитов во вращающейся печи. Запасы доломитового сырья в области неограничены. Практическое внедрение этой технологии позволило бы снизить затраты при производстве извести и кирпича.

Если в вопросе использования сырьевой базы среди руководителей заводов преобладает консерватизм, то конкуренция на строительном рынке заставила их оперативно решать вопрос реконструкции и технического перевооружения производств, и прежде всего с использованием новейших технологий известных немецких фирм.

Так, ОАО «Борский силикатный завод» за последние годы израсходовал на эти цели около 500 млн р., в том числе для введения линии по выпуску газосиликата. ОАО «Силикатстрой» затратило около 300 млн р. Подтягиваются к конкурентам ОАО «Нижегородский силикатный завод № 1» и ОАО «Навашинский завод стройматериалов». Качество и номенклатура стеновых материалов этих заводов удовлетворяют всем требованиям архитекторов, проектировщиков и строителей.

Тем не менее классический стеновой материал кирпич не везде выдерживает наступление новых технологий домостроения и постепенно сдает свои позиции. С целью

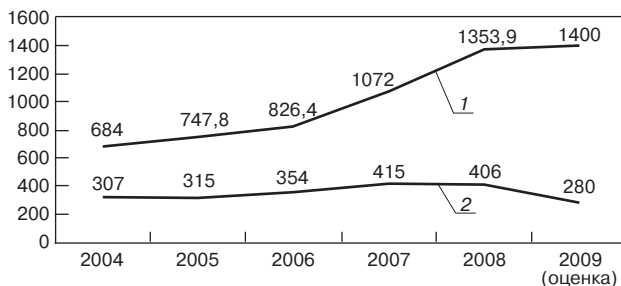


График ввода жилых домов и объема выпуска силикатного кирпича: 1 – объем ввода жилья (тыс. м²); 2 – объем выпуска (млн шт. условного кирпича)

оказания поддержки предприятиям отрасли, где заняты около 8 тыс. человек, Минстрой Нижегородской области совместно с ОР «Союз нижегородских строителей» в ноябре 2008 г. на Нижегородской ярмарке организовал и провел «День кирпича», в котором приняли участие все предприятия региона, выпускающие стеновые материалы. Такое же мероприятие запланировано в ноябре текущего года. Приглашаем принять в нем участие.

С целью максимального использования имеющихся мощностей по выпуску газосиликата и силикатного кирпича ОР «Союз нижегородских строителей» принял решение по организации и разработке территориальных строительных норм «Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением местных строительных материалов (ячеистых бетонов и силикатного кирпича)». Необходимость этого нормативно-технического документа определяется временем и следующими факторами.

В 1995 г. были внесены изменения в СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника». По новым нормативам следовало строить жилье с толщиной стен не менее метра или применять утеплитель. Принятое решение было мотивировано минимизацией теплопотерь. На самом деле эти потери через ограждающие конструкции не превышают 10–15% от общей потери тепла. В основном тепло уходит через окна и двери и в значительной степени через вентиляционные каналы. На протяжении последних 50 лет строили таким образом: 51 см составляла толщина стены административных и промышленных зданий и 64 см – жилых домов, что равно двум с половиной кирпичам. Время и практика показали, что этой толщины стен вполне достаточно для наших климатических условий.

Нет необходимости критиковать недостатки конструкции 3-слойных стен. Достаточно отметить, что в Московской области и Санкт-Петербурге уже запретили применять ряд технических решений 3-х слойных стен, как небезопасных и неремонтопригодных.

Выполненные расчеты для нашей климатической зоны показывают возможность проектирования стен зданий из газосиликата и кирпича. При этом несущие стены рекомендуется возводить высотой до 5 этажей, а самонесущие до 9 этажей при стандартной ширине (толщине) ячеисто-бетонного блока 400 мм.

Более того, возникла идея возврата к сооружению жилых домов до 9 этажей из однородного материала – силикатного кирпича как одного из эффективных стеновых материалов по показателю цена-качество. Если раньше хватало толщины 64 см обычного полнотелого кирпича, то эффективный пустотелый кирпич, изготовленный по самой современной технологии, имеет более высокие теплотехнические показатели.

Если в доме, квартире холодно, то проблему надо решать комплексно. А это и окна, и конструкции крыш, и рекуперация тепла через вентиляционные каналы и др. При этом не стоит забывать, что зимы в последнее десятилетие стали более мягкими.

Сейчас на Западе в моде «пассивные» дома. В них минимизирован уровень потребления электроэнергии. Так вот, в Германии такие дома строят из силикатного кирпича марки «КС-оригинал».

Считаем, что внедрение в практику сооружений стен из местных строительных материалов является важным шагом повышения качества строительства зданий и жилых домов, а также снижение стоимости строительства.



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 | 22 кВт.ч | 55 кВт.ч |
| габариты, мм | 1020×570×1230 | 1122×750×1500 | 1710×925×1815 | 2850×1700×2950 |
| вес, кг | 170 | 650 | 1300 | 5100 |



подготовка шихты для керамической плитки

помол пигментов

получение сухих смесей

активация цемента

смешение компонентов пенобетона

*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".

[>>](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: eugene@activator.ru

Н.В. СОМОВ, директор ООО «Силикатстрой»
(г. Дзержинск Нижегородской обл.)

Решение проблем силикатной отрасли – дело самих силикатчиков



Современный рынок строительных материалов значительно расширился и предлагает потребителю самые разнообразные продукты, реагируя таким образом на потребности строительства. В то же время российская действительность свидетельствует о том, что именно рынок строительных материалов ведет за собой строительство.

При отсутствии единого координационного центра, каким был Госстрой, и практически ликвидированной строительной науки материалы (кровельные, теплоизоляционные, стеновые, отделочные и др.) и строительные технологии без всякого разбора стали поставляться из-за рубежа. Да и зачем тратить деньги на свои исследования, на свои конструкционные решения, на внедрение уже изобретенного, зачем модернизировать свои заводы строительных материалов, машиностроительные предприятия и др., когда можно получить деньги, продвигая на рынок тот или иной зарубежный материал или проект? К сожалению, с начала перестройки и до сих пор эта тенденция не меняется.

В результате мы имеем массу технологий со всего мира, которые не прошли никаких научных экспертиз, но зато подкреплены псевдонаучной рекламой. Как поведут себя здания и сооружения в условиях российского климата, можно ли в них жить и работать, не теряя здоровья, как отремонтировать уже начинающие разрушаться «новые дома», никто не задумывается.

В результате этих перемен промышленность строительных материалов имеет:

– устаревшую базу оборудования, которую невозможно обновить машиностроительной продукцией России;

– государственные стандарты, строительные нормы и правила, инструкции, разработанные 20–30 лет назад.

На этом фоне не происходит формирования нового поколения специалистов-производственников. Вузы строительного профиля в последние годы массово готовили инженеров и технологов в основном с теоретической подготовкой относительно широкого профиля. Собственных средств на целевую подготовку специалистов для промышленности у вузов не было, а предприятия отрасли не часто готовы оплачивать индивидуальное обучение и трудоустройство молодых специалистов. В результате на многих предприятиях инженерно-технические работники не имеют профильного образования, обучаются в процессе работы.

Просматривая литературу по строительной тематике, можно заметить, что в настоящее время вопросам производства силикатного кирпича, научным исследованиям в области силикатных бетонов уделяется мало внимания. Реклама и статьи о керамическом кирпиче, о различных бетонных конструкциях, о фанерных и пенополистирольных домах, о ячеистых бетонах во много раз превосходят скудные сведения о силикатном кирпиче. Минис-

терство регионального развития РФ изучает опыт США по строительству каркасно-щитовых домов, хотя в нашей стране этот опыт может быть использован весьма ограниченно. В Ставрополе малоэтажные дома строят из бруса и пенобетона. Широко распространены трехслойные стены из железобетона, утеплителя и кирпича.

В рамках Российского архитектурно-строительного форума-2009, организуемого Нижегородской ярмаркой, было представлено много проектов домов из различных бетонных «пирогов» и «бутербродов» с пенополистиролом, из ориентированно-стружечных плит и др. Конечно, различных строительных материалов должно быть много. И собственник должен иметь возможность выбирать среди различных материалов, ориентируясь на свои возможности, и определять, где и как ему жить и работать. Однако неспециалист может не иметь достаточной информации для принятия правильного решения.

Скорее всего обыватель не читал статью С.И. Хвостенкова в журнале «Строительные материалы»[®] (№ 11–2008) «Актуальные проблемы производства и применения силикатного кирпича в России», где подчеркнуто: «Наиболее оправданной конструкцией наружных стен является трехслойная стена, состоящая из несущей кирпичной кладки толщиной 250–380 мм, ячеисто-бетонных блоков и отделки снаружи сайдингом или другим материалом. Кирпичная часть стены является несущей и обеспечивает надежное соединение с железобетонными плитами перекрытий. Массивная часть стены повышает тепловую изоляцию наружной стены и, следовательно, нивелирует перепад температуры в помещении в течение суток. Такая конструкция в течение суток отвечает в наибольшей степени требованиям прочности и надежности здания, тепловой комфортности жилья и экономичности строительства».

К сожалению, это один из немногих примеров квалифицированной популяризации нашей продукции. Негативных статей гораздо больше. По одиночке мы не можем вести широкомасштабное продвижение силикатного кирпича на строительный рынок, а какого-либо научного центра по нашему профилю, который давал бы рекомендации заводским специалистам, потенциальным инвесторам, органам государственного управления, в России больше не существует. Вот мы и варимся в собственном соку, а объединиться хотя бы с этой целью не хотим, считая друг друга конкурентами.

Об устаревшей строительной документации на страницах журнала «Строительные материалы»[®] говорилось много, но воз и ныне там.

ООО «Силикатстрой» и руководство Ярославского завода силикатного кирпича столкнулись с этой проблемой, начав выпуск силикатных блоков (камней) крупных размеров. Ни в каких ГОСТах, СНиПах и рекомендациях нет таких строительных материалов. В связи с этим практически невозможно убедить проектировщиков заклады-

вать новую продукцию в проекты многоэтажных жилых домов и зданий гражданского назначения.

В Белоруссии правительство дало задание АП «Белпроект» разработать рекомендации по подбору перспективных типоразмеров силикатных камней, производимых Михановичским заводом для строительства зданий, с чем он успешно справился и даже рекомендовал дополнить ряд государственных стандартов.

В России НИИСФ РААСН и ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко зялись за огромные деньги разработать минимально необходимую документацию. На разработку рекомендаций и чертежей с использованием стеновых силикатных блоков требуется еще 4,5–5 млн р. Так будет с каждым предприятием, которое пойдет по этому пути, потому что все документы разработаны для ассортимента наших предприятий.

Принимая решение о покупке штампов и прессформ для прессования блоков, мы столкнулись с проблемой выбора размеров. Суть ее в том, что в России не существует узаконенного ГОСТом размерного ряда строительных материалов. В результате нам пришлось разрабатывать собственные размеры блоков или использовать немецкие. Это общестроительная проблема, но кто ее будет решать в наше время, непонятно.

Во многих регионах России, в том числе и в Нижегородской области, традиционные строительные материалы, и особенно силикатный кирпич, признаются руководством регионов как материалы, не имеющие перспективы. Однако силикатчики России не использовали еще и половины европейского опыта применения строительных материалов. В книге «KS-Maurer-fibel» J. Wessig 1992 г. издания показаны 42 типа силикатных изделий (кирпичей и блоков). Самый большой из них имеет размеры 100×300×499 мм. Сейчас возможности

прессов производства ведущих европейских фирм значительно расширены.

В Германии накоплен огромный опыт строительства из силикатных изделий. Поэтому важнейшей задачей в современных условиях является использование опыта немецких строителей, адаптация европейских технологий к условиям российского строительного рынка. Так, в результате использования силикатного кирпича большого формата время кладки сокращается на 1/3 при ручной кладке, а при применении механизмов — даже на 1/2 по сравнению с обычной кладкой. При этом следует учитывать, что расход раствора сокращается в три раза. Проведенные нами расчеты подтверждают выводы С.И. Хвостенкова и П.Н. Хавкина, что самое дешевое, добротное, экологичное жилье при малоэтажном строительстве — из силикатного кирпича и еще дешевле — из силикатных блоков. Добиться понимания этого строителями, проектировщиками, административными структурами — вторая наша наиважнейшая задача.

Руководители и специалисты производственных предприятий выражают благодарность руководству и сотрудникам журнала «Строительные материалы»®, который традиционно выступает последовательным проводником интересов производителей силикатного кирпича. Уже третий год редакция организует Международную научно-практическую конференцию СИЛИКАТэкс «Развитие производства силикатного кирпича в России», где мы, специалисты и руководители предприятий, можем получить научно-техническую информацию, ознакомиться с предложениями различных зарубежных фирм, обменяться опытом и обсудить общие проблемы. Однако только объединение производителей может обеспечить решение всех отраслевых производственных, нормотворческих, маркетинговых задач.

ОДИННАДЦАТАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА



ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ 2010



27–30 ЯНВАРЯ
МОСКВА, ЦВК "ЭКСПОЦЕНТР"

ОРГАНИЗАТОРЫ: ПРАВИТЕЛЬСТВО МОСКВЫ
ДЕПАРТАМЕНТ РАДИАЦИОННОЙ
ПОЛИТИКИ И СТРОИТЕЛЬСТВА Г. МОСКВЫ

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА: ЕВРОЭКСПО АСКОМ

ПРИ СОДЕЙСТВИИ: ЭКСПОЦЕНТР

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ СПОНСОР: Столица ГРУППА ФИРМ

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА: СТРОИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРТ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ СТРОИТЕЛЬНАЯ ОРБИТА СИБУР

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР: VanDor.RU

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР: OSMEXPO

WWW.OSMEXPO.RU
E-mail: osm@osmexpo.ru

Тел.: +7 (495) 925 65 61/62
Факс: +7 (499) 248 07 34

Экономические аспекты применения различных пресс-форм

В современных экономических условиях приоритетной задачей производителей строительных материалов становится экономическая целесообразность использования тех или иных расходных материалов и запасных частей. Необходимо обратить внимание на выгодность использования различных видов пресс-форм для изготовления кирпича.

Прежде чем принимать решение о покупке пластин, попробуем соотнести стоимость комплекта пресс-форм к количеству выпущенного кирпича. Введем понятие удельной стоимости C_y , равной стоимости комплекта пресс-форм C_k , деленной на количество произведенного кирпича K_k :

$$C_y = C_k / K_k.$$

Это соотношение представляет собой простейший вариант оценки экономической целесообразности покупки пресс-форм.

Теперь на примере подсчитаем, всегда ли дешевый комплект *реально* дешевле.

Пример

Первый комплект стоит 15 тыс. р., и на нем произвели 300 тыс. шт. кирпича.

Второй комплект стоит 30 тыс. р., и на нем произвели 750 тыс. шт. кирпича.

Получим в первом случае:

$$C_{y1} = 15000 / 300000 = 50 \text{ р. на } 1000 \text{ шт. кирпича.}$$

Во втором случае:

$$C_{y2} = 30000 / 750000 = 40 \text{ р. на } 1000 \text{ шт. кирпича.}$$

Очевидно, что покупка второго комплекта выгоднее, хотя стоит он в два раза дороже.

Кроме того, если проследить «историю» производства 1 млн штук кирпича, то получается, что использование так называемых дешевых пластин требует *дополнительных затрат*, связанных с их частыми заменами (см. рисунок).

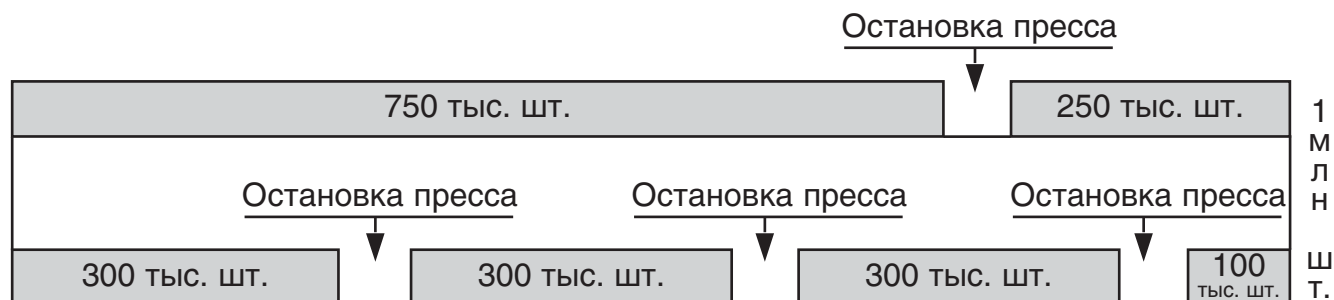
Увеличение срока службы пластин кроме прямой выгоды несет ряд дополнительных преимуществ, таких как:

- сокращение расходов на переустановку;
- уменьшение простоев оборудования;
- перераспределение человеческих ресурсов, занятых в обслуживании прессового оборудования и др.

Фирма «ВИЗО» изготавливает пресс-формы для заводов по производству кирпича более 15 лет. Изначально технологическая политика заключалась в увеличении сроков службы пластин в повышении их качества, что, по мнению специалистов компании, наиболее перспективно во всех отношениях.

В то же время цена на продукцию должна быть привлекательной для клиента. Так, при увеличении износостойкости пластин в 3–4 раза в сравнении с продукцией других производителей, увеличение цены составляет всего 1,5–2 раза, C_y в этом случае значительно меньше. На прессах гиперпрессования, где эксплуатационные свойства пластин ВИЗО еще выше (более чем в 10 раз) в сравнении с аналогами, процент увеличения цены еще меньше и соответственно удельная стоимость очень выгодна.

На основании изложенного хотелось бы обратить внимание руководителей служб, принимающих решение о покупке пресс-форм, взглянуть на вопрос несколько шире и не руководствоваться только арифметической разницей в цене, а учитывать все аспекты данного вопроса, и прежде всего эксплуатационные. Фирма «ВИЗО» со своей стороны готова предоставить опытную партию продукции по *специальным ценам*, чтобы заказчик мог объективно и непредвзято оценить качество продукции и уже после этого сделать объективное заключение о целесообразности сотрудничества.





ООО "ВИЗО"

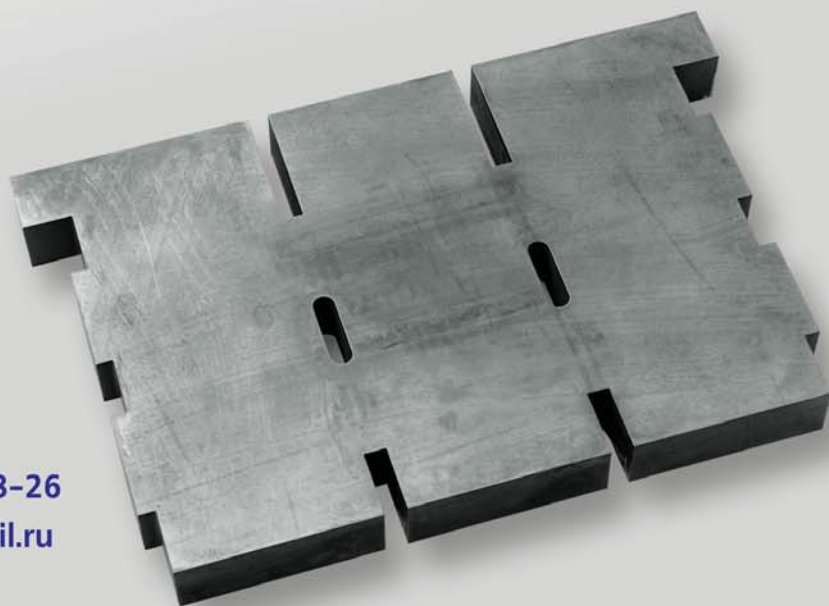
Лидер в области
производства
пресс-форм
для заводов
силикатного кирпича

Любые пресс-формы для всех типов и любого вида прессования

- Более 15 лет на рынке пресс-форм
- Более 350 типоразмеров и наименований деталей с высокоизносостойким упрочнением
- Конструкторско-технологические консультации по эксплуатации пластин
- Возможность получения опытных партий на взаимовыгодных условиях
- Самые «ходовые» пластины и плиты всегда на складе



440600, Пенза, ул. Антонова, д. 3
Тел./факс: (8412) 69-82-28,
69-82-29, 69-88-26
www.firmavizo.ru vizo7777@mail.ru



С БОРОВИЧСКИМ КИРПИЧОМ ВАМ И КРИЗИС НИПОЧЕМ!

Боровичский завод силикатного кирпича основан 1 апреля 1974 г. в г. Боровичи Новгородской области и непрерывно действует более 35 лет. Своей проектной мощности — 100 млн шт. кирпича завод достиг только в 1990 г. при 4-сменной работе с численностью работающих около 500 человек.

С начала деятельности завода выпущено более 2 млрд шт. силикатного кирпича, из которого построены жилые микрорайоны не только в Новгородской области. Продукцию Боровичского завода силикатного кирпича знают и активно используют на всем Северо-Западе: в Псковской, Ленинградской, Тверской, Архангельской, Ярославской и Вологодской областях, в Карелии.

Упорная конкуренция на российском рынке строительных материалов требует от производителей высокого качества продукции при приемлемой стоимости, разнообразия ассортимента, чем стимулируется инновационная деятельность предприятия.

Наряду с обычным силикатным кирпичом, появившимся на рынке стройматериалов более 100 лет назад, сейчас завод производит объемно окрашенный цветной кирпич (11 цветов, от ярко-желтого и красного до бирюзово-зеленого и темно-коричневого) и колотый, с фактурной поверхностью, придающей стенам эффект натурального камня и благородной старины. Здания, облицованные таким материалом, яркие, стильные, непохожие «на соседей», служат настоящим украшением городов и сел.

Оборудование в цехах завода постепенно модернизируется. Совершенствуется линия окрашивания кирпича, что позволит увеличить объемы производства востребованного в настоящее время цветного кирпича. Произведена замена одного из старых прессов, установлен немецкий пресс для производства облицовочного кирпича с улучшенными потребительскими свойствами. Особенности этой продукции заключаются в сочетании точных геометрических форм с легкостью в укладке, высокой теплоизоляционной способностью.

Боровичский силикатный кирпич отличается экологической и радиационной безопасностью. Сооружения из силикатного кирпича неприхотливы и устойчивы к агрессии окружающей среды. Капризы природы не оказывают существенного влияния на его внешний вид,

и фасад сохраняет цвет, не требуя дополнительного ухода. На заводе налажена система ресурсосбережения, что позволяет получать недорогую продукцию.

Для расширения ассортимента установлено оборудование для производства тротуарной плитки, бордюрного камня, лотков, парапетов, перегородочных блоков методом полусухого прессования на цементной основе. Бетонные изделия — тротуарную плитку («брусчатку» и «глазок»), бордюрные камни, водосборные лотки, парапеты используют для благоустройства территорий, дворов, дорожек, автомобильных стоянок. Продукция проходит обработку паром в автоклаве, что повышает ее прочность, и по желанию заказчика может быть изготовлена красного и серого цвета.

Особый интерес у строителей вызывает пазогребневый перегородочный камень. Пазогребневые соединения обеспечивают:

- высокую прочность стены;
- ровную поверхность без впадин и выпуклостей;
- экономию раствора (или клея) при кладке;
- высокую производительность работ (технологичность сборки);
- экономию шпаклевочных материалов.

Также стены, выполненные их пазогребневых блоков, не требуют оштукатуривания.

При работе на отечественном оборудовании (прессах СМС-152, вибропрессе «Рифей-универсал») получается недорогая продукция. Некоторые оптовые продавцы называют ее сельской.

Одним из последних технических достижений Боровичского завода силикатного кирпича стало освоение производства газосиликатных блоков. Во ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова разработан проект линии газосиликатных изделий. Линия разместилась на существующих площадях. В настоящее время на заводе производятся газосиликатные блоки нескольких типоразмеров, а также теплоизоляционные плиты. Этот современный строительный материал может применяться для кладки стен и внутренних перегородок и как утеплитель при возведении стен зданий и сооружений. Блоки характеризуются невысокой средней плотностью (350–600 кг/м³), достаточно высокой прочностью (1–5 МПа) и низким коэффициентом теплопроводности (0,09–0,14 Вт/(м·°С)). Точные размеры и ровная поверхность блоков обеспе-



Боровичский завод силикатного кирпича



Храм во имя Рождества Иоанна Предтечи Крестителя Господня



В.К. Зыков, ген. директор ООО «Завод силикатного кирпича»

чивают значительную экономию отделочных материалов и позволяют сделать швы минимальной толщины. Блоки не надо подгонять друг к другу. Кроме того, газосиликатные блоки просты в обработке — их можно пилить, сверлить и обтесывать.

Для удобства наших клиентов открыты представительства ООО «ЗСК» в Великом Новгороде и Санкт-Петербурге.

Производственные успехи предприятия позитивно дополняет и активная социальная политика, направленная на повышение благосостояния сотрудников и их семей. В рамках улучшения социальной инфраструктуры при финансировании завода построены детский сад на 140 мест, школа в микрорайоне Сосновка, продольственный и промтоварный магазины, спортивный комплекс, храм во имя Рождества Иоанна Предтечи Крестителя Господня, часовня «Живоносный источник». Ежегод-



Современный дом из боровичского кирпича в Псковской области

но ведется дальнейшее благоустройство рабочего поселка, открыт пост помощи нуждающимся, где производится санитарная обработка, всегда можно получить горячую пищу и выдается одежда.

Достоинства продукции и успехи в бизнесе подтверждены многочисленными наградами. Завод отмечен званием «Флагман XXI века», является лауреатом конкурса «10 лучших товаров Новгородской области», награжден золотой медалью «За качество»; продукция завода отмечена золотыми сертификатами Центра стандартизации г. Великого Новгорода. ООО «ЗСК» и его руководитель В.К. Зыков внесены в энциклопедию «Лучшие люди России».

Боровичский завод силикатного кирпича — это стабильно работающее предприятие, прочно занимающее свое место на рынке стройматериалов, надежный партнер и достойный конкурент.

Строишь дом? В Боровичи приезжай по кирпичи!



Кирпич силикатный

- рядовой (утолщенный и одинарный)
- лицевой (по немецкой технологии)
- объемно окрашенный (более 11 цветов)
- фактурный (под дикий камень)

Купишь газосиликат — будешь счастлив и богат!



Газосиликатные блоки и плиты размерами

- 500x300x190 мм
- 500x300x120 мм
- 500x500x100 мм

А также

Бетонные вибропрессованные изделия

Плитка тротуарная «брусчатка» и «глазок»
Камни бордюрные, дорожные, карнизные
Лотки водосборные
Камни перегородочные пазогребневые



ООО «Завод силикатного кирпича»

г. Боровичи Новгородской области

Тел.: (81664) 46-597, 46-606, 90-234

e-mail: bzsk2@sointel.ru www.borsilikat.com

Представительство в Великом Новгороде. Тел.: (8162) 67-93-42

Представительство в Санкт-Петербурге. Тел.: (812) 346-90-68

Реклама

Вы ищете лучшее решение.

Маза-Хенке

Установки и оборудование для производства силикатных изделий и газобетона



Проектирование, изготовление, модернизация



Оригинальные системы управления



Окончательный монтаж



Ввод в эксплуатацию, обучение персонала и сервисное обслуживание



www.roethe.de

Все от одного производителя для успешной реализации проекта.

masa-henke
a member of the international MASA group

«Маза-Москва»

Россия, 123-557, Москва, Средний Тишинский переулок, дом 28, Бизнес-центр «Чайка-плаза 2», офис 220
Тел.: +7 (495) 232 51 27 ; Факс: +7 (495) 232 51 28
e-mail: info@masa.ru ; http://www.masa.ru

Л.А. КРОЙЧУК, канд. техн. наук, ЗАО «НИИЦемент»

Типы известеобжигательных печей, используемых в странах Европейского союза

По материалам справочника «Draft Reference Document on Best Available Techniques in the Cement, Lime and Magnesium Oxide Manufacturing Industries», February 2009. P. 219–237.

В странах ЕС-27 накоплен большой опыт использования для обжига извести печей различных конструкций. При выборе печей необходимо учитывать прочность известняка до и после обжига, доступный вид топлива и качество продукции. Многие производители извести применяют два и более типа печей, используют известняк различных размеров и выпускают известь различного качества. Это обеспечивает более полное использование природных ресурсов и способствует лучшему сохранению окружающей среды. В ЕС-27 используют шесть основных типов печей (табл. 1). Срок эксплуатации печей составляет 30–45 лет.

Шахтные печи проектируют вертикальными высотой до 30 и диаметром до 6 м. Известняк загружают в верхнюю секцию, и он опускается вниз через внутреннее пространство печи, выходя из ее основания в форме извести. При этом трудно обеспечить равномерное распределение тепла по поперечному сечению печи и равномерное продвижение материала по печи.

Шахтные пересыпные печи

В этих печах используют известняк с крупностью от 20 до 200 мм с примерным соотношением размеров 2:1, а в качестве топлива используют плотный малозольный

Таблица 1

| Тип печей | Диапазон мощности, т/сут | Размер кусков питания, мм |
|------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Шахтные пересыпные печи | 60–200 | 20–200 |
| Регенеративные печи с параллельным потоком материала | 100–600 | 10–200 |
| Кольцевые шахтные печи | 80–300 | 10–150 |
| Печи другой конструкции | 10–200 | 20–250 |
| Длинные вращающиеся печи | 160–1500 | 2–60 |
| Вращающиеся печи с запечным теплообменником | 160–1500 | 10–60 |

кокс. По размеру куски топлива близки к известняку. Поэтому топливо продвигается с сырьевым камнем, проходя через его поверхность раздела вниз струйка-

Таблица 2

| | |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подача топлива | В смесь с известняком |
| Суточная мощность, т/сут | 60–200 |
| Расход тепла, МДж/т извести | 3800–4700 |
| Расход электроэнергии, кВтч/т извести | 5–15 |
| Гранулометрия известняка, мм | 20–200 |
| Вид топлива | Кусковой металлургический кокс и антрацит |
| Воздух для горения | Охлаждающий воздух из основания печи |
| Выгрузка извести | Вращающаяся эксцентричная пластина |
| Особые требования | Однородное перемешивание камня и топлива Равномерное распределение камня по сечению |
| Преимущества | Простота Небольшие инвестиции и стоимость эксплуатации Удобна для производства извести с пониженной активностью Низкий расход электроэнергии Охлаждающий воздух используют для горения Пониженный коэффициент избытка воздуха Повышенное содержание CO ₂ для производства технологической извести осажденного карбоната кальция (в сахарном и содовом производстве) |
| Недостатки | Трудность достижения однородной смеси топлива с воздухом, поэтому она непостоянна Технология процесса обжига сопряжена с выбросами CO Следствием повышенного потребления крупного камня является сокращение срока эксплуатации месторождения Невозможность изменить параметры процесса из-за его продолжительности (24 ч) Высокое попадание в известь серы из топлива |

ми. Камень и кокс смешивают и подают в печь таким образом, чтобы минимизировать сегрегацию. Ввиду проблем с доступностью и дороговизной металлургического кокса в печах этого типа все больше используют антрацит.

При обжиге в печах такой конструкции получают известь среднего качества с существенно меньшей активностью по сравнению с известью, обожженной из того же CaCO_3 во вращающейся печи. При этом известь поглощает из топлива много серы. В табл. 2 приведены основные технические характеристики шахтной пересыпной печи.

Регенеративная печь с параллельным потоком материала

Характерной особенностью печи с параллельным потоком материала является наличие двух соединенных переходным каналом цилиндрических шахт. Недавно спроектирована печь с тремя шахтами; разработаны печи и с прямоугольными шахтами.

При эксплуатации печей этой конструкции осуществляются ключевые принципы: зона подогрева каждой шахты кроме того, что подогревает камень до температуры обжига, действует как регенеративный теплообменник. Избыточное тепло газов передается камню в другой шахте в течение первой стадии процесса. Затем от камня оно передается воздуху для горения, который при этом нагревается до 800 °С. Поэтому печь характеризуется очень низким удельным расходом тепла. Обжиг протекает при относительно умеренной температуре, обычно 900–1100 °С. Поэтому эти печи идеально пригодны для обжига извести со средней и повышенной активностью, с пониженным содержанием CO_2 .

На практике порции известняка, которые загружают попеременно в каждую шахту, опускаются и, проходя через зону подогрева и огибающая трубки, через которое подается топливо, поступают в зону обжига. Отсюда они попадают в зону охлаждения.

Эксплуатация такой печи при полной производительности подразделяется на два равных по продолжительности (8–15 мин) периода. На первом топливо

впрыскивается по топливным трубкам в первую шахту и сгорает в атмосфере вдуваемого в нее воздуха. Выделяющееся тепло частично используется на обжиг находящегося в этой шахте известняка. Для охлаждения известни снизу в каждую шахту вдувает охлаждающий воздух. Охлаждающий воздух из первой шахты в сочетании с газообразными продуктами горения и с выделяющимся при обжиге CO_2 с температурой около 1050 °С попадает через соединительный канал во вторую шахту. Во второй шахте газы из первой шахты смешиваются с вдуваемым в нее снизу охлаждающим воздухом и поднимаются вверх. При этом они нагревают воздух в зоне подогрева второй шахты.

Если такой режим продолжается, температура отходящих газов может превысить 500°С. Однако после 8–15 мин цикла топливно-воздушную смесь в первой камере останавливают и реверсируют. После загрузки известняка в первую шахту топливо и воздух вдувают во вторую шахту, а отходящие газы отбирают сверху первой шахты.

Печи можно отапливать газообразным, жидким и измельченным твердым топливом, а также горючими отходами или биомассой. Печи характеризуются возможностью регулирования производительности, при пониженной производительности снижается их тепловая эффективность. Особенностью печей является пониженная стойкость футеровки, которая в зоне обжига и в соединительном канале составляет 4–8 лет.

Для печи требуется чистый камень, идеальное соотношение камня по гранулометрии (не выше 2:1), минимальный размер камня 30 мм. Модифицированные печи могут работать с мелким (10–30 мм) чистым известняком. В табл. 3 приведены технические характеристики регенеративных печей с параллельным потоком материала.

Кольцевые шахтные печи

Основной особенностью печей является наличие центрального цилиндра, который ограничивает ширину кольцевого пространства и вместе с арками для распределения горючих газов обеспечивает хорошее распределе-

Таблица 3

| | |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подача топлива | Через топливные трубки в слой камня |
| Суточная мощность, т/сут | 100–600 |
| Расход тепла, МДж/т извести | 3600–4200 |
| Расход электроэнергии, кВтч/т извести | 20–41 |
| Гранулометрия известняка, мм | 10–200 |
| Вид топлива | Газ, жидкое, измельченное твердое, горючие отходы и биомасса |
| Воздух для горения | 90% подается сверху и 10% через топливные трубы |
| Выгрузка извести | Вращающаяся эксцентричная пластина |
| Важные особенности | Очень важно обеспечить высокое качество футеровочных работ |
| Преимущества | Гибкая производительность Высокая активность извести в зависимости от свойств известняка Отличное распределение топлива вследствие того, что каждая топливная трубка взаимодействует с небольшим поперечным сечением Низкий расход топлива и электроэнергии Продолжительная (5–7 лет) кампания |
| Недостатки | Ограниченная гибкость процесса пуска/остановки Не подходит камень с высокой склонностью к растрескиванию Ограниченная возможность умеренного и мягкого обжига Используемый огнеупорный материал самый дорогой по сравнению с другими типами печей |

ние тепла. Центральная колонна позволяет направлять вниз шахты часть горючих газов из горелок нижнего яруса и вновь вдуть их в нижерасположенную камеру.

Это снижает температуру у нижних горелок и обеспечивает завершающие стадии обжига при пониженной температуре, что способствует получению извести с высокой активностью и пониженным содержанием остаточного CO_2 . Отходящий из печи газ содержит высокую концентрацию CO_2 .

В табл. 4 приведены технические характеристики кольцевых шахтных печей.

Другие типы шахтных печей

В эту группу попадает ряд не рассмотренных выше конструкций печей. В этих печах топливо вводят через стенки и сжигают в зоне обжига, продукты горения поднимаются вверх в противотоке извести и известняка. В некоторых конструкциях топливо частично сжигают во внешних газогенераторах. В других оно подается через центральную горелку, балочные горелки или вдвигается под внутренние своды.

Печи с двумя наклонами шахты

В печах можно получить продукт высокой активности. Печь обычно имеет прямоугольное сечение и две наклонные секции в зоне обжига. В расположенных напротив каждой наклонной секции компенсирующих сводах создается пространство, где в камерах горения сжигаются топливо и подогретый воздух.

Охлаждающий воздух подается в основание печи, он подогревается, удаляется и вновь инжектируется в камеры горения. Извилистые пути как газов так и шихты сочетаются в двухстороннем обжиге, обеспечивая эффективное распределение тепла. Для обжига можно использовать твердое, жидкое и газообразное топливо, но его необходимо тщательно подбирать, чтобы предотвратить возникновение приваров из золы топлива и сульфата кальция.

Многошахтные печи

Это вариант печи с двумя наклонами шахты. Он представляет собой четыре или шесть имеющих различный наклон участков зоны обжига, напротив которых располагаются компенсирующие своды.

В зоне охлаждения известь подогревает охлаждающий воздух, который затем отбирают, очищают от пыли и вновь подают в камеры горения.

Для регулирования активности извести можно изменять в широком диапазоне температуру в нижних камерах горения. Такие печи можно отапливать твердым, жидким и газообразным топливом, возможно использовать топливную смесь.

Печи с движущейся решеткой

Для известняка с размером кусков в диапазоне 15–45 мм используют разработанную в Германии печь с движущейся решеткой или печь CID с прямоугольной шахтой зоны подогрева, откуда известняк поступает в зону обжига, где он каскадом перемещается по пяти вибрирующим плитам, против которых располагается ряд горелок. Известь поступает в прямоугольную зону охлаждения.

Для обжига в такой печи можно использовать газообразное, жидкое и измельченное твердое топливо, которое обеспечивает получение мягко обожженной извести с остаточным содержанием CaCO_3 менее 2–3%. Построенные на данный момент четыре печи имеют производительность 80–139 т негашеной извести в сутки.

Печи с надстройкой

Эта относительно новая японская разработка позволяет использовать для обжига камень с размером 10–25 мм.

У печи имеется кольцевая зона подогрева, из которой известняк с помощью толкающей штанги передается в цилиндрическую зону обжига. Горячие газы из центральной расположенной ниже в центре зоны подогрева отапливаемой мазутом горелки с помощью эжектора направляются в зону обжига. Готовая известь переходит в коническую зону охлаждения.

По сообщениям в печи получают высококачественную негашеную известь, отвечающую требованиям производства стали и осажденного карбоната кальция. Производительность печи 100 т негашеной извести в сутки. Ввиду небольшой высоты такой печи в ней можно обжигать низкопрочный известняк.

Печи для обжига в газовой суспензии

Печи для обжига в газовой суспензии (GSC) представляют собой новое решение для обжига измельченных известняка, доломита и магнезита с получением высокоактивного и однородного продукта. В печной установке использовано стационарное оборудование с минимальным количеством подвижных деталей.

Таблица 4

| | |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подача топлива | В верхние и нижние камеры горения, иногда в смеси с известняком |
| Суточная мощность, т/сут | 80–300 |
| Расход тепла, МДж/т | 3300–4900 |
| Расход электроэнергии, кВтч/т | 18–35 (может составить 50 при использовании камня мельче 40 мм) |
| Гранулометрия известняка, мм | 40–150 |
| Вид топлива | Газ, жидкое или измельченное твердое, горючие отходы и биомасса |
| Подача воздуха для горения | Сверху через трубу с обеспыливанием и использованием вентилятора |
| Выгрузка извести | Вращающаяся эксцентричная пластина |
| Важная особенность | Необходим очень строгий контроль за прохождением процесса |
| Преимущества | Малое остаточное CO_2 в извести Высокая средняя активность извести Экономия топлива за счет регенерации Центральный цилиндр ограничивает ширину кольцевого пространства Хорошее распределение тепла |
| Недостатки | Необходимость обслуживания рекуператора тепла и других камер Относительно высокая стоимость инвестиций |

Таблица 5

| | |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Подача топлива | Подается в горелку на участке выгрузки извести |
| Производительность, т/сут | 160–1500 |
| Расход тепла, МДж/т извести | 6000–9200 |
| Расход электроэнергии, кВтч/т извести | 18–25 |
| Тип подогревателя | Отсутствует |
| Тип холодильника | Используют различные виды: планетарный вокруг корпуса печи; движущийся колосниковый; вращающийся барабанный; неподвижный шахтный холодильник |
| Гранулометрия известняка, мм | 2–60 |
| Вид топлива | Газообразное, жидкое, измельченное твердое, горючие отходы и биомасса |
| Подача воздуха для горения | Охлаждающий воздух на выходе из холодильника и первичный воздух с топливом |
| Удаление отходящих газов | На выходе из печи со стороны подачи известняка через стадии: трубопровод, охлаждение, обеспыливание, дымосос |
| Выгрузка извести | На обресе холодильника |
| Важно контролировать | – качество футеровки – гранулометрию топлива для обеспечения хорошего горения и исключить восста новительную атмосферу в печи – непрерывно содержание CO и O ₂ для обеспечения горения и безопасности |
| Преимущества | Гибкая производительность Очень быстрая реакция на изменение параметров Широкая гранулометрия способствует более полному использованию сырьевых ре- сурсов Возможность сильно уменьшить остаточное CO ₂ в извести Возможность регулирования характера обжига, получать мертво обожженный доломит Широкий выбор топлива Возможно использовать неприемлемый для шахтных печей слабый известняк |
| Недостатки | Высокие энергозатраты (с отходящими газами и через корпус печи) Образование т. н. колец из золы, сульфатов кальция и глины |

Количество материала, находящегося в этой систе- ме, незначительно, поэтому после обработки в течение нескольких минут получается качественный продукт. Не происходит потерь материала или снижения его ка- чества при пуске или остановке, и поэтому в продукции нет некачественных включений. При большой полноте обжига получается материал с высокой активностью.

Для того чтобы обрабатывать материал в газовой су- спензии, его необходимо довести до соответствующей дисперсности, исключить частицы крупнее 2 мм.

Ниже приведены некоторые данные, характеризующие условия ее эксплуатации в Норвегии:

- производительность 430 т/сут;
- расход топлива 4,8 ГДж/т продукции;
- расход электроэнергии 33 кВтч/т продукции.

Печи с вращающимся подом

Полностью устаревший тип печи, предназначен для производства комовой извести. Печь представляет со- бой кольцевой под, на котором находится известняк. Вращающийся на поде известняк обжигают несколько горелок. Воздух для горения подогревается избыточным теплом отходящих газов и/или используется для охлаж- дения негашеной извести.

Ввиду пониженного по сравнению с вращающимися и шахтными печами истирания обжигаемого материала в продукте обжига печей с вращающимся подом преоб- ладает комовая известь.

Длинные вращающиеся печи

Печь представляет собой длинный (до 150м) вращаю- щийся цилиндр, установленный с 1–4° наклоном к гори- зонтالي, его диаметр составляет 2–4,5 м. Известняк за- грузают в верхний конец печи, а топливо и воздух для го- рения поступают из нижнего конца. Обожженная известь выгружается из печи в холодильник, в котором она, охлаждаясь, подогревает воздух для горения. Используются различные типы холодильников извести, в том чис- ле планетарные, располагающиеся вокруг корпуса печи, а также движущиеся колосниковые и разнообразные про- тивоточные шахтные холодильники. В табл. 5 приведены основные характеристики длинных вращающихся печей

Для эффективности и надежности эксплуатации пе- чей очень важна конструкция горелки, обеспечивающая стабильность пламени при использовании различных видов топлива.

Условия процесса можно легко и быстро изменять: печи могут производить известь, отличающуюся более широким диапазоном активности и содержанием оста- точного CO₂, чем шахтные печи, в них можно обжигать неприемлемые для шахтных печей слабый камень и ра- кушечник.

Для отопления вращающихся печей подходит разно- образное топливо. Поскольку теплообмен в зоне обжига в большой степени определяется радиацией и ин- фракрасное излучение возрастает в ряду газ–мазут– твер-

Таблица 6

| | |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Способ подачи топлива | Горелкой в зоне выгрузке извести |
| Производительность, т/сут | 100–1500 |
| Расход тепла, МДж/т извести | 5100–7800 |
| Расход электроэнергии, кВтч/т извести | 17–45 |
| Тип теплообменника | Вертикальная шахта Движущаяся решетка |
| Тип холодильника | Используют различные виды: планетарный вокруг корпуса печи; движущийся колосниковый; вращающийся барабанный; неподвижный шахтный холодильник |
| Гранулометрия известняка, мм | 10–60 |
| Вид топлива | Газообразное, жидкое, измельченное твердое, горючие отходы и биомасса |
| Подача воздуха для горения | Охлаждающий воздух с обреза холодильника |
| Удаление отходящих газов | Горячие газы проходят через теплообменник по газоходу, охлаждаются, обеспыливаются и попадают в дымосос |
| Выгрузка извести | На обресе холодильника |
| Важно контролировать | – качество огнеупора – гранулометрию топлива для обеспечения хорошего горения и исключения создания восстановительной атмосферы – уплотнение на участке соединения теплообменника и печи – гранулометрию известняка: наличие избытка мелочи забивает теплообменник – непрерывно содержание CO и O ₂ для обеспечения горения и безопасности |
| Преимущества | Гибкая производительность Очень быстрая реакция на изменение параметров Широкая гранулометрия сырья способствует более полному использованию месторождения Возможно очень сильно сократить остаточное CO ₂ в извести Возможность регулирования характера обжига и даже получать мертво обожженный доломит Широкий выбор топлива Возможно использовать неприемлемый для шахтных печей слабый известняк Вследствие эффективного теплообмена не столь высокие требования к топливу |
| Недостатки | Образование т. н. колец из золы, сульфатов кальция и глины Теплообменник является дополнительным агрегатом, эксплуатацию которого необходимо контролировать |

дое топливо, выбор топлива оказывает существенное влияние на расход тепла. Потери излучением и конвекцией в этих печах существенно выше, чем у других типов известкообжигательных печей, с этим связано существенно большее потребление тепла в этих печах.

Преимуществом вращающихся печей является то, что сера из топлива и в меньшей степени из известняка может удаляться из печи с отходящими газами при обеспечении регулирования температуры и содержания CO в зоне обжига. В результате при использовании высоко серного топлива получается известь с пониженным содержанием серы.

Вращающиеся печи с запечным теплообменником

Вращающаяся печь соединена с теплообменником и за счет этого имеет существенно меньшую, чем длинные вращающиеся печи, длину (40–90 м).

Основную массу теплообменников составляют шахтные или оборудованные движущимися колосниками. Выбор теплообменника зависит от размера и свойств подаваемого камня. Для большинства теплообменников допустим минимальный размер 10 мм, некоторые допускают использование 6 мм; недопустимо использование слабого камня, склонного к разрушению.

В печах рассматриваемого типа более сложно удалить серы, но имеется ряд способов достижения этой цели:

– поддержание в печи восстановительной атмосферы и подача дополнительного воздуха в заднюю часть печи (только при использовании определенных типов холодильников);

– ввод в питание достаточно тонкоизмельченного известняка, для того чтобы обеспечить предпочтительное поглощение SO₂ и либо собрать его в пылесадителе, расположенном в задней части печи, либо выделить грохочением из охлажденной извести. В табл. 6 приведены основные характеристики эксплуатации вращающихся печей с запечным теплообменником.

Шахтные печи составляют до 90% печного парка ЕС-27, включающего 595 печей. Шахтных пересыпных печей 116 (в странах Центральной Европы). Регенеративных печей с параллельным потоком материала насчитывается 158, а кольцевых шахтных печей – 74. Печей других типов – 203.

В странах ЕС-27 на севере эксплуатируется 29 длинных вращающихся печей; в 2008 г. эксплуатировалось 20 вращающихся печей с запечным теплообменником.

Кирпичный завод «Ликолор» в Новосибирске введен в эксплуатацию фирмой Келлер ХЦВ

С впечатляющей церемонией открытия в июле 2009 г. в Кировском районе г. Новосибирска введен в эксплуатацию завод по производству кирпича. Стоимость проекта около 2 млрд р. Современный завод, включая инфраструктуру, разместился на земельном участке 7 га.

Мощность завода «Ликолор» – 63 млн шт. условного кирпича в год рассчитана на обеспечение потребностей как самого инвестора, «Первого строительного фонда» – самой большой строительной компании Новосибирска, так и других строительных организаций региона.

«Заказы уже есть. Где-то 60% пойдет на наше собственное потребление, а 40% – на продажу. Первый кирпич пойдет на строительные площадки в Первомайском, Ленинском и Завельцовском районах. Основными заказчиками станут наши коллеги – строительные фирмы Новосибирской области», – сказал журналистам после церемонии открытия председатель правления «Первого строительного фонда» Майис Мамедов.

Себестоимость производства кирпича составит порядка 3,5-4 р. за штуку. Такого показателя, по словам М. Мамедова, удалось достигнуть за счет полной автоматизации производственной линии, оборудование для которой поставила немецкая фирма Келлер ХЦВ.

Общая стоимость проекта составила около 2 млрд руб. Почти 80% из них – заемные средства НОМОС-банка. По словам старшего вице-президента НОМОС-банка Александра Ройко, кредитная линия была открыта на 6 лет, однако из-за кризисного положения строительной отрасли условия кредитования могут быть пересмотрены, но финансирование проекта не остановится.

«Завод нельзя бросать. Во-первых, сейчас сложное время, во-вторых, впереди зимний период, когда уменьшается спрос. Значит, надо работать на склад, значит, надо снова кредитовать, чтобы были оборотные средства. Чтобы кирпич расходился, надо вписываться в государственные программы, которые также требуют банковских гарантий», – сказал А. Ройко.

По словам губернатора Новосибирской области Виктора Толоконского, технология, по которой завод будет производить кирпич, самая современная и единственная в Западной Сибири.

«Поддержка власти заключалась в согласовании проекта в кратчайшие сроки, в поиске и выделении участка под строительство. Сейчас важно сделать так, чтобы это уникальное производство было востребовано, чтобы наши строители, которые везут кирпич из Красноярска, из Прибалтики, стали покупать его здесь», – сказал мэр Новосибирска Владимир Городецкий.

Завод расположен в Кировском районе Новосибирска. Выбор места строительства обусловлен тем, что в 8 км от площадки находится месторождение глин и суглинков Верх-Тулинское (площадь 32,7 га), которое стало сырьевой базой нового производства. Рабочая смесь состоит из 80% глины и 20% песка.

«Первый строительный фонд» – многопрофильная компания, объединяющая предприятия, основная деятельность которых связана со строительством. Стратегия компании заключается в ведении полного комплекса строительных работ собственными силами – от производства бетона и кирпича до сдачи объекта «под ключ».



Церемония официального открытия



Слева направо: Виктор Толоконский (губернатор Новосибирской области); Владимир Городецкий (мэр г. Новосибирска); Майис Мамедов (председатель правления «Первого строительного фонда»); Александр Ройко (вице-президент НОМОС-банка); Лилия Вилькенс (фирма Келлер ХЦВ) и Роберт Коль (директор фирмы Келлер ХЦВ)



Слева направо: Виктор Толоконский (губернатор Новосибирской области); Надежда Болтенко (председатель горсовета депутатов); Майис Мамедов (председатель правления «Первого строительного фонда»); Роберт Коль (директор фирмы Келлер ХЦВ); Александр Ройко (вице-президент НОМОС-банка); Владимир Городецкий (мэр г. Новосибирска)

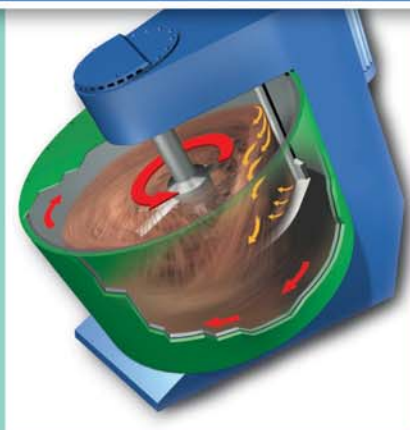


КЕЛЛЕР ХЦВ ГМБХ

ул. Карл-Келлер-Штрассе, 2–10 49479 г. Иббенбюрен
Тел.: +49 5451 85 0 Факс: +49 5451 85 310
www.keller-hcw.de info@keller-hcw.de



Смесительная техника для производства высококачественных строительных материалов



Бетон – Сухие смеси – Силикатный кирпич

С уникальной во всем мире системой смешивания

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

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

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

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

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



EIRICH

В.П. БОНДАРЕНКО, канд. техн. наук, ООО «Полизиус» (Москва)

Модернизация одношахтных печей большого диаметра

Сложившаяся экономическая ситуация и все более ужесточающиеся требования к экологической безопасности промышленных предприятий настоятельно требуют дальнейшей оптимизации работы имеющегося парка печей для обжига извести за счет увеличения их удельной производительности и оптимизации потребления топлива. Несмотря на значительное количество современных высокопроизводительных двухшахтных печей для обжига извести, построенных фирмой Мерц АГ за последние годы, по всему миру продолжает работать большое количество устаревших одношахтных печей пересыпного типа или работающих на природном газе или мазуте. В производстве силикатного кирпича требуется мягкообожженная (среднеобожженная) известь, а для производства блоков из ячеистого бетона — негашеная известь с низкой реактивностью, так называемая жесткообожженная известь. Последняя на большинстве заводов до сих пор обжигается в классических пересыпных печах, использующих кокс в качестве топлива. Значительное повышение цен на металлургический кокс и антрацит и их дефицит, выявившиеся несколько лет назад, побудили фирму Мерц разработать стратегию модернизации одношахтных печей устаревшего типа на использование природного газа, угольной пыли или мазута.

В настоящее время фирма Мерц уже модернизировала достаточно много одношахтных печей, в том числе пять пересыпных печей в Германии, которые сейчас работают на буроугольной пыли. В этих печах топливо подается только через подвижные периферийные горелки, в различной степени вдвинутые в материал загрузки пе-

чи. Для гарантированного равномерного распределения тепла в шахте печи их внутренний диаметр пришлось уменьшить до 2,2 м. Однако на многих предприятиях известь производят в печах с гораздо большим внутренним диаметром (3,5–4,5 м). Обжиг в таких печах при помощи только периферийных горелок невозможен, так как температура в центре шахты будет недостаточно высокой для полной кальцинации известняка.

Для решения этой проблемы разработана специальная центральная горелка. С ее помощью обеспечивается достаточная подача топлива в центральную зону шахты печи и полная кальцинация известняка. Данная комбинация центральной горелки с подвижными периферийными горелками,двигаемыми в загруженный материал на разную глубину, оказалась очень успешной и является новой экономичной технологией обжига высококачественной извести различной активности.

Системы подачи и распределения жидкого, газообразного или измельченного твердого топлива к периферийным и центральной горелкам модернизированной печи аналогичны системам дозирования, успешно используемым в двухшахтных печах Мерц PFR уже много лет.

Существующие системы загрузки известняка и разгрузки извести одношахтной печи могут использоваться и после модернизации, если они имеют достаточный резерв производительности, чтобы соответствовать увеличившейся производительности. Модернизированная печь может продолжать обжиг камней той же крупности, в том числе и относительно большого диаметра — от 50 до 150 мм и может работать под разрежением или под давлением.

Модернизация одношахтной пересыпной печи

Фирма Фельс-Верке ГмБХ, г. Мюнхехоф (Германия), использовала четыре пересыпные печи для производства жесткообожженной извести. Компания Мерц получила контракт на модернизацию этих печей с использованием в качестве топлива буроугольной пыли. Три печи имели внутренний диаметр 3,9 м, а еще одна, более поздней постройки, имела внутренний диаметр 4,1 м.



Рис. 1. Печь 4 (слева) и печь 3 в г. Мюнхехофе



Рис. 2. Подвижные боковые горелки с жидкостным охлаждением



Рис. 3. Центральная горелка с воздушным охлаждением



Рис. 5. Система дозирования пылеугольного топлива в периферийные и центральную горелки

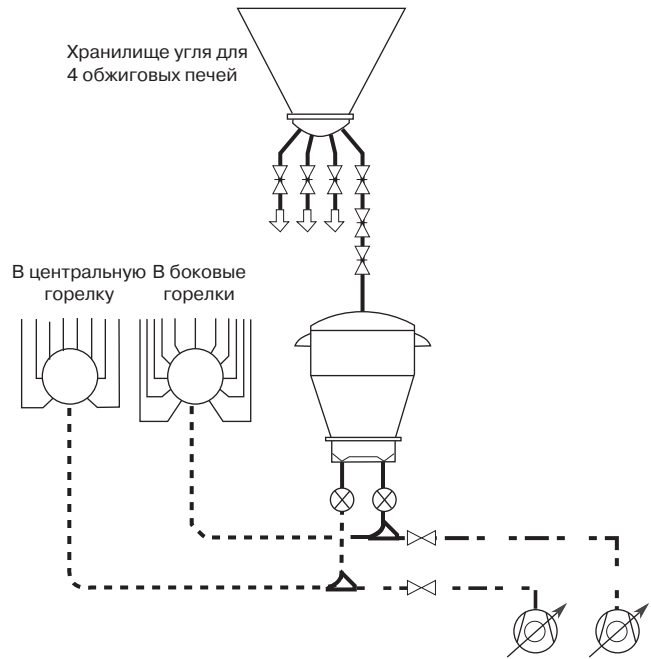


Рис. 4. Схема системы дозирования пылеугольного топлива

На рис. 1 показаны две из четырех печей: слева печь № 4, переведенная на буроугольную пыль в первую очередь, а справа — печь № 3, модернизированная годом позже. В верхней части печей имеются клапаны колокольного типа, которые эффективно закрывают шахты. Известняк подается в шахты из вращающихся бункеров. После модернизации эти компоненты печей остались в неизменном виде. Выгрузка известня изначално осуществлялась с помощью виброжелобов, закрываемых обычными заслонками для предотвращения чрезмерной утечки воздуха. В связи с такими особенностями было решено, что она будет работать под разрежением. Кроме того, было необходимо модернизировать систему разгрузки печи, так как она не соответствовала повысившейся производительности.

Для преодоления перепада давления в печи отходящие газы вытягивались дымососом неочищенных газов. Для обеспечения работы фильтра в идеальном температурном режиме перед входом в него к потоку отходящих газов подмешивался свежий воздух. Для преодоления разницы давления в фильтре на выходе из него был установлен вентилятор чистого газа.

Имевшийся радиальный вентилятор для подачи донного воздуха был сохранен и использован для подачи воздуха для охлаждения известня. Изначально в пересыпных печах этот вентилятор был единственным и служил не только для охлаждения, но и для подачи всего объема воздуха для горения.

Периферийные горелки (32 шт.) с системой жидкостного охлаждения (рис. 2) были установлены на одном уровне. Эти горелки могут вдвигаться в загруженный материал печи на глубину до 600 мм. Горелки не только инжигируют буроугольную пыль, но также подают воздух для ее сжигания.

На оси печи была установлена центральная горелка (рис. 3) с восемью форсунками. Эта горелка изготавливается из термостойкой стали, охлаждается воздухом и дополнительно защищена огнеупорным бетоном. Горелка оснащена питающим трубопроводом для буроугольной пыли, трубопроводом воздуха для сжигания и трубопроводом воздуха для охлаждения трубы горелки.

Для обеспечения точной подачи буроугольной пыли разработана новая система дозирования топлива. На

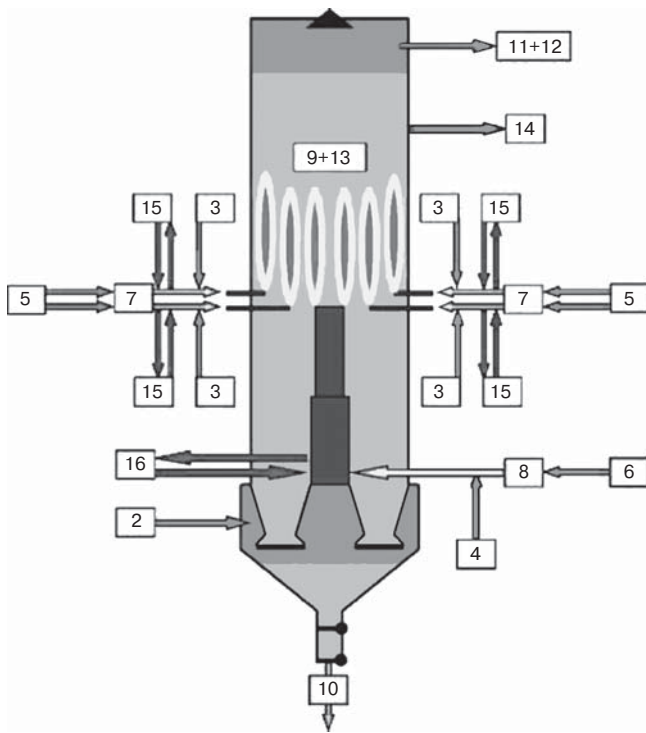


Рис. 6. Балансы массы и тепла печи № 3 после ее перевода на сжигание бурогоугольной пыли при непрерывной работе с производительностью 200 т извести в день

рис. 4 эта система представлена схематически, а на рис. 5 показан конкретный дозировочный узел с весовым резервуаром и вращающимися клапанами.

Под силосом хранения бурогоугольной пыли с четырьмя разгрузочными устройствами расположены системы питания всех четырех печей. Каждый состоит из весового резервуара, двух вращающихся клапанов, двух статических распределителей бурогоугольной пыли и двух вентиляторов, подающих воздух. Система обеспечивает точную подачу угольной пыли в печь для обжига извести. Потоки бурогоугольной пыли разделяются посредством регулируемых вращающихся ячеяковых клапанов, что позволяет независимо регулировать их подачу в центральную и периферийные горелки.

Для упрощения системы дозирования топлива его подача спроектирована непостоянной. Во время пополнения весового резервуара топливная система выключается, что не оказывает отрицательного действия на работу печи.

Подача воздуха для сжигания в горелки осуществляется новыми роторно-поршневыми вентиляторами, подающими также воздух для охлаждения центральной горелки.

Основные технические параметры печи № 3 при работе на бурогоугольной пыли

| | |
|---------------------------------------------------------|--------|
| Внутренний диаметр, м..... | 3,9 |
| Общая высота, м..... | 20,5 |
| Производительность, т/сут..... | 200 |
| Размер камня, мм..... | 60–125 |
| Содержание CaCO ₃ в известняке, %..... | > 97,5 |
| Остаточное содержание CO ₂ в извести, %..... | < 1,4 |
| Реактивность T60, мин..... | 20 (7) |
| Расход тепла, ккал/кг..... | 1041 |
| Общий коэффициент избытка воздуха..... | 1,32 |
| Общий перепад давления в печи, мбар..... | 38 |

Стоит отметить, что реактивность извести определялась на основании кривой мокрого гашения крупнокускового материала (отличающейся от стандартной методики DIN EN 459–2 и требующей гораздо меньшей крупности зерен пробы извести). Последующее сравне-

| Показатели | Баланс массы, кг/кг извести | Баланс тепла, кДж/кг извести |
|----------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 1 Известняк | 1,74 | 21 |
| 2 Воздух для охлаждения извести | 0,975 | 19 |
| 3 Воздух для сжигания в боковых горелках | 0,548 | 14 |
| 4 Воздух для сжигания в центральной горелке | 0,229 | 9 |
| 5 Транспортирующий воздух боковых горелок | 0,125 | 11 |
| 6 Транспортирующий воздух центральной горелки | 0,028 | 3 |
| 7 Измельченный бурый уголь в периферийных горелках | 0,152 | 3 |
| 8 Измельченный бурый уголь в центральной горелке | 0,051 | 1 |
| 9 Сжигание | | 4360 |
| 10 Жесткообожженная известь | -1 | 27 |
| 11 Пыль | -0,03 | -8 |
| 12 Отходящий газ | -2,81 | -913 |
| 13 Процесс обжига | | -3292 |
| 14 Потери тепла на оболочке печи | | -92 |
| 15 Жидкость для охлаждения боковых горелок | | -79 |
| 16 Воздух для охлаждения центральной горелки | | -32 |
| Итого | 0 | 0 |

ние со стандартной крупностью показало время гашения T60 = 7 мин. Несмотря на то что полученная известь была несколько мягче, чем ранее производимая в пересыпной печи, она исключительно хорошо подошла для производства ячеистого бетона.

Поскольку емкость вращающегося бункера составляла 10 т, в головке печи было необходимо установить внутреннюю арматуру для обеспечения постоянной подачи известняка после каждой загрузки печи так, чтобы температура отходящих газов оставалась практически постоянной.

В таблице и на рис. 6 представлены балансы массы и тепла печи № 3 после ее перевода на сжигание бурогоугольной пыли при непрерывной работе с производительностью 200 т извести в день.

В результате перехода на новую систему сжигания топлива были значительно улучшены показатели печей по выбросам. Потери из-за неполного сжигания топлива были столь малы, что их можно не учитывать в тепловом балансе. Соотношение необходимой теплоты для обжига извести и использованной энергии топлива характеризует тепловую эффективность процесса на уровне 76%. Дальнейшее улучшение возможно только за счет установки теплообменного устройства для утилизации тепла отходящих газов (для получения первичного воздуха).

Потенциал увеличения производительности одношахтных печей

На рис. 7 показан температурный профиль печи при производительности 200 т/сут. Он позволяет определить, что высота зоны обжига составляет примерно 3 м.

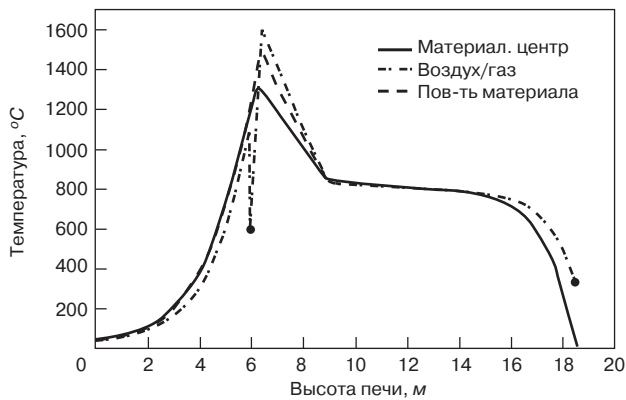


Рис. 7. Распределение температуры по высоте печи при суточной производительности 200 т

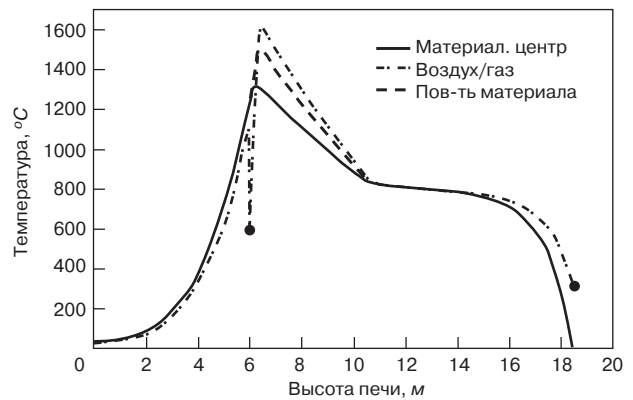


Рис. 8. Распределение температуры по высоте печи при суточной производительности 300 т

Очень примечательно быстрое повышение температуры прямо над горелкой. Из-за высокого содержания летучих веществ уголь очень быстро возгоняется. Это происходит исключительно благодаря большому количеству горелок и хорошему распределению топлива по всей ширине шахты.

Охлаждающий воздух, проходя через горячую известь, подогревается до температуры около 1100 °С. Смешивание с холодным воздухом для сжигания, поступающим через горелки, приводит к получению воздушной смеси с температурой около 600 °С, что соответствует температуре предварительного нагрева всего воздуха для сжигания. Температура газов достигает примерно 1600 °С. Кривые температуры материала загрузки печи показывают поверхностную температуру и среднюю температуру кусков извести. Максимальное значение поверхностной температуры достигает примерно 1480 °С, в то время как средняя максимальная температура составляет около 1300 °С. При таком режиме работы печи зона компенсации создается прямо над зоной обжига. Здесь температура остается постоянной — приблизительно 800 °С. В этой зоне происходит только незначительный обжиг и предварительный нагрев известняка, что свидетельствует о том, что печь имеет запас объема.

Над упомянутыми зонами расположена зона предварительного нагрева — довольно небольшая из-за очень хорошего теплообмена между отходящими газами и известняком. Расчетная температура отработанных газов без учета подсосываемого воздуха составляет 325 °С, в то время как измеренная температура равна 315 °С. Имеющийся свободный объем печи может использоваться для повышения ее производительности. На рис. 8 показан профиль температур при повышении производительности с 200 до 300 т/сут. Зона обжига в этом случае увеличивается с 3 до 4,5 м.

Измерения для более высокой производительности должны учитывать время сгорания частиц угля. При производительности 200 т/сут в фильтре для очистки отходящих газов недожженных частиц угля найти не удалось. Очень высокая температура сжигания и высокое содержание летучих веществ приводят к быстрому сгоранию частиц угля. Контрольный расчет показал, что при имеющемся объеме зоны обжига серьезных потерь при сжигании не будет даже при производительности 300 т/сут.

Потенциал модернизации имеющейся печи зависит от ее размеров и состояния, наличия, параметров и состояния вспомогательного оборудования и инфраструктуры. Этот потенциал можно оценить исходя из нижеприведенных примеров модернизации одношахтных печей, выполненных фирмой Мерц за последние несколько лет.

Модернизация пересыпной печи в Германии (внешний диаметр около 3200 мм) с увеличением производитель-

ности с 135 до 200 т/сут. Новая печь, работающая под давлением, с периферийными горелками и системой для разгрузки извести была смонтирована внутри корпуса существовавшей печи, а имеющиеся опорная конструкция, система загрузки известняка и система транспорта извести продолжают использоваться.

Модернизация четырех пересыпных печей в Германии (внешний диаметр около 3700 мм) с увеличением производительности с 65 до 200 т/сут. Печи были модернизированы согласно технологии обжига под избыточным давлением с использованием периферических горелок. Корпус, опорная конструкция, система загрузки известняка, системы разгрузки и транспорта извести используются без изменений.

Модернизация двух пересыпных печей в Германии (внешний диаметр около 3200 мм) с увеличением производительности со 125 до 200 т/сут. Новая печь, работающая под давлением, с периферийными горелками и системой для разгрузки извести была смонтирована на опорной конструкции существовавшей печи. Установлена новая система загрузки печи. Имевшаяся система транспорта извести продолжает использоваться.

Модернизация четырех пересыпных печей в Германии с увеличением производительности с 200 до 220 т/сут. Основная цель — это перевод печи с кокса на сжигание бурого угольной пыли. Печи были оборудованы периферийными горелками в комбинации с центральной горелкой. Корпус, опорная конструкция, система загрузки известняка, системы разгрузки и транспорта извести продолжают использоваться без изменений.

Применение подвижных боковых горелок, вдвигаемых в материал загрузки печи, в сочетании с центральной горелкой делает возможным перевод существующих одношахтных печей с большим внутренним диаметром на использование дешевого пылеугольного топлива, а также позволяет значительно увеличить производительность таких печей, что достаточно быстро оправдывает капитальные затраты. Немаловажным является сокращение загрязняющих выбросов благодаря более оптимальному сжиганию топлива и сокращению непроизводительных потерь тепла.

Необходимо также отметить, что проекты по модернизации печей требуют значительно меньшего объема согласований и разрешений, чем в случае строительства новых печей.

В результате модернизации в общем случае в печи может производиться известь весьма высокого качества (с остаточным содержанием CO₂ (ППП) около 2%. Активность извести согласно стандарту DIN EN 459-2 составит 4–6 мин или более 6 мин в зависимости от требований. При этом удельный расход тепла составляет примерно до 1000 ккал/кг.

А.В. МОНАСТЫРЕВ, канд. техн. наук

Магнезиальная и доломитовая известь, ее свойства, получение и применение

В последние годы некоторые предприятия по производству силикатного кирпича, оснащенные шахтными газифицированными печами, лишились возможности получать кальциевый известняк и вынуждены обжигать в шахтных печах доломитизированный щебень ближайших или собственных карьеров. Известно, что обжиг доломитизированного известняка в шахтной печи сопровождается получением магнезиальной и доломитовой извести с высоким содержанием рекристаллизованного MgO. Применение такой извести вызывает брак кирпича во время его гидротермальной обработки в автоклаве при давлении насыщенного пара 0,7–0,8 МПа и выше [1, 2].

Такая ситуация сложилась на ЗАО «Завод силикатных и изоляционных материалов» в Волгограде, получающем доломитизированный известняк (содержание CaCO₃ 8–25%) фракции 50–120 мм Ачердинского месторождения. Для снижения количества пережженного MgO в извести на газифицированных шахтных печах установлен режим с температурой в зоне обжига в пределах 950–1000°C. При этом режиме только небольшой слой поверхности кусков известняка нагревается до температуры 900–950°C, в центре кусков температура остается 650–700°C. Поэтому содержащийся в обжигаемом сырье CaCO₃ разлагается на CaO + CO₂ только в поверхностном слое кусков, причем количество образующейся извести зависит от размера обжигаемого материала. Получаемая быстрогающаяся известь высокой насыпной плотности производит впечатление сплошного недожога. В то же время принятая низкая температура обжига обеспечивает получение MgO в активной форме, благодаря чему происходит загашивание силикатной массы в силосе. Из-за низкого общего содержания CaO+MgO, составляющего обычно 45–50%, расход извести на производство 1 тыс. штук условного кирпича составляет 1000 кг и более, а приготовленная силикатная масса отличается повышенной жесткостью. В результате кирпич, соответствующий по прочности марке 150, не проходит аттестацию по этой марке из-за неудовлетворительного внешнего вида.

Получаемая низкокачественная известь не позволяет расширить ассортимент выпускаемой продукции, хотя на предприятии имеются необходимые площади, помещения и частично оборудование, например свободные автоклавы. Указанная известь совершенно непригодна для производства мелких блоков из ячеистого бетона [3] и сухих строительных смесей, потребность в которых имеется у строителей данного региона в настоящее время.

Эксплуатация шахтных печей в низкотемпературном режиме сопровождается их малой производительностью и высокими удельными расходами топлива и электроэнергии (в пересчете на активность извести 75%). Поэтому имеет место повышенная себестоимость как извести, так и силикатного кирпича.

В результате анализа сложившейся ситуации руководству предприятия предложено несколько вариантов ее разрешения. Наиболее доступным для быстрого осуществления является первый вариант, направленный на получение извести, пригодной для эффективного производства качественного силикатного кирпича марки 150, а также ячеистого бетона и ССС. Для этого с целью разработки нового технологического регламента необходимо выпустить опытную партию силикатного кирпича объемом 105–110 тыс. штук условного кирпича на комбинированной извести хорошего качества (активностью 75–78%, временем гашения 5–6 мин, при температуре гашения 65–70°C). Получить комбинированную известь можно следующим образом. Одна из пяти шахтных печей переводится на работу с температурой в зоне обжига 1150–1200°C, и через 12–15 ч начинается выгрузка магнезиальной извести с содержанием CaO 60–69% и MgO 6–12%, который на 80% будет состоять из периклаза (пережженного MgO). Производительность печи почти удваивается. При этом нужно организовать через каждые 2 ч контроль качества поступающего на обжиг известняка и получаемой извести.

Ко времени начала выпуска из шахтной печи хорошо обожженной извести на завод доставляется и загружается в расходные бункеры, оборудованные дозаторами, 55–60 т меловой кальциевой извести, содержащей 86–88% активной CaO (количество MgO в меловой извести не превышает 0,8–1,2%). Меловую известь такого качества выпускает, например, Михайловский ЗСК.

В установленный графиком день и час в цехе силикатного кирпича приступают к приготовлению по временной инструкции вяжущего и силикатной массы для прессования опытной партии кирпича в размере 105–110 тыс. штук условного кирпича, загрузке ее в силосы, выдержке и подаче на прессование. При этом постоянно контролируются и записываются расход извести, активность и влажность силикатной массы, время выдержки в силосах, прочность и внешний вид кирпича-сырца, прессуемость массы и др.

После выгрузки кирпича из автоклавов приступают к тщательной оценке его качества. Завершается работа технико-экономической обработкой полученных данных и составлением заключения о целесообразности выпуска продукции на комбинированной извести.

При незначительном росте себестоимости кирпича переход к использованию комбинированной извести в дальнейшем принесет существенную прибыль в случае организации новой существенно более прибыльной продукции.

Второй вариант заключается в реконструкции одной из шахтных печей в печь кипящего слоя (КС) с увеличением ее производительности до 150–200 т извести в сутки. Печи кипящего слоя позволяют получать известь высокого качества без пережога CaO или MgO при об-

жиге мелкодробленого кальциевого или доломитизированного известняка и доломита фракций 3–12 мм и 12–25 мм [1, 3].

Сущность метода обжига материала в кипящем слое заключается в том, что через слой материала, находящегося на решетке цилиндрической или прямоугольной камеры, пропускают восходящий поток газа со скоростью, при которой в слое непрерывно циркулируют отдельные частицы. В таком состоянии материал приобретает текучесть, то есть имеет сходство с жидкостью (псевдооживление), подчиняясь законам гидравлики. Псевдооживление измельченного материала резко увеличивает поверхность соприкосновения материала с газом. Тепло продуктов горения топлива быстро переносится от одной части слоя материала к другой благодаря интенсивному перемешиванию частиц, что выравнивает температуру по всему слою. Поэтому температуру газов в кипящем слое можно поддерживать близкой к температуре диссоциации CaCO_3 .

На рис. 1 приведена печь КС производительностью 300 т извести в сутки конструкции института ДонНИИЧермет (Украина) [1, 3]. Печь включает в себя шахту 2 с керамическими газораспределительными решетками 11, 13 и стальной решеткой 15 зоны обжига; переточные устройства материала 5, 12; футерованный циклон 14 промежуточной очистки печных газов; газогорелочное устройство 16 и холодильник извести 1.

Огнеупорная кладка печи заключена в цилиндрической кожух и состоит из слоя шамотного кирпича марки ШАК толщиной 345 мм и слоя легковесного кирпича марки ШЛБ–1,3 толщиной 230 мм. Зазор между кожухом и кладкой размером 50 мм заполнен каолиновыми матами. Внутренний диаметр печи в зоне обжига равен 3,2 м, в зонах сушки и подогрева материала – 3,5 м.

Для сжигания природного газа в кипящем слое применены диффузионные горелки с предварительным смешением газа и воздуха. Газогорелочное устройство 16 состоит из нескольких трубчатых пучков-смесителей, прикрепленных к стальной газораспределительной решетке 15 зоны обжига.

Печь КС работает следующим образом. Сырье через течку 9 поступает в камеру 8 (зону сушки) печи, где ожигается газами при температуре 600–650°C. Высушенный и подогретый материал по переточному устройству 12 поступает в камеру 7 (зону подогрева), где поддерживается температура 700–750°C. В этой камере происходит декарбонизация MgCO_3 с образованием MgO , после чего частично обожженное сырье по переточному устройству 5 поступает в камеру 3 (зону обжига) печи. Выходящая из газогорелочного устройства 16 газозоудная смесь создает ожигающую среду для материала зоны обжига. Газ сгорает в кипящем слое, создавая температуру 900–950°C.

В зоне обжига сырье почти полностью разлагается на CaO и CO_2 , поэтому остаточный CO_2 в извести не превышает 1,5–3%. В связи с невысокой температурой газов в зоне обжига и малым временем пребывания в ней материала (10–12 мин) рекристаллизация MgO при обжиге не происходит, и весь MgO в магнезиальной или доломитовой извести находится в активной форме, поэтому полученная в печи КС известь не содержит пережога.

Из зоны обжига известь по внешнему переточному устройству 17 выводится в зону охлаждения извести – холодильник 1 кипящего слоя, в котором она охлаждается до температуры 80–100°C, и по переточному устройству 20 поступает на конвейер 19, на который также выгружается известь, уловленная в циклоне 14.

При обжиге доломита ряда месторождений получена магнезиальная известь высокого качества: содержание активных $\text{CaO} + \text{MgO} = 90\text{--}94\%$; остаточного CO_2 2,5%; время гашения 1,5 мин; температура гашения 65–68°C. Известь выдержала испытания на неравномерность из-

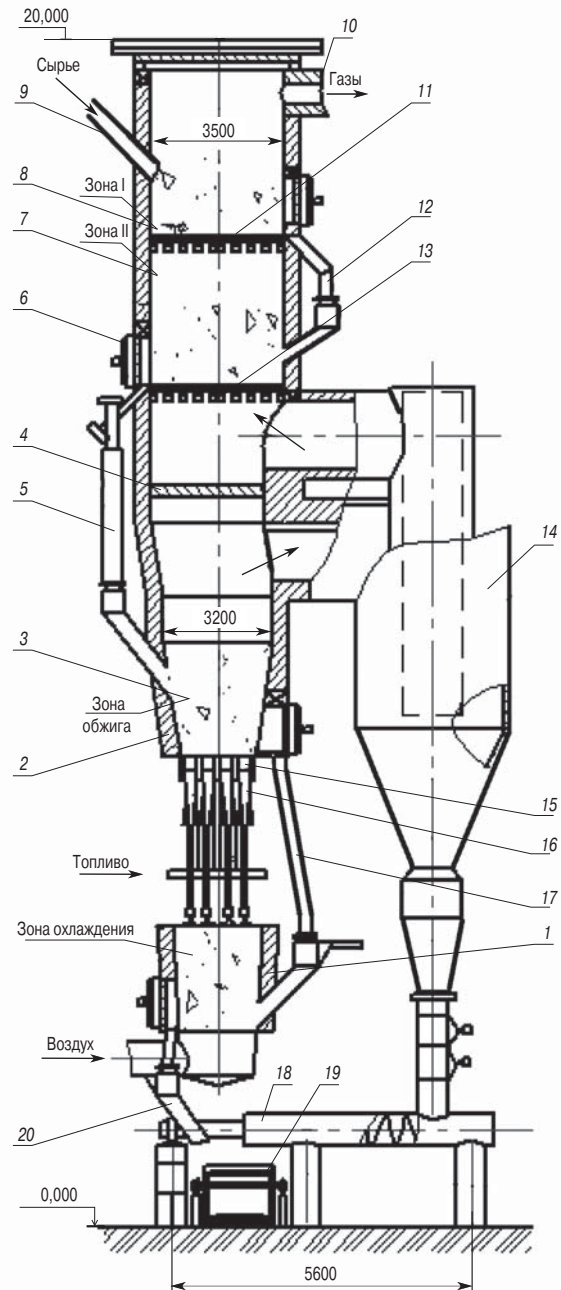


Рис. 1. Печь кипящего слоя производительностью 300 т извести в сутки
менения объема по методике ГОСТ 22688–77 как в естественных условиях, так и при автоклавной обработке. Рентгенограммы продукта гашения подтвердили полную гидратацию MgO [3].

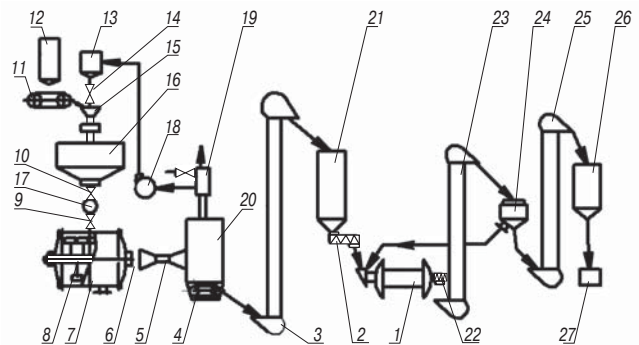


Рис. 2. Схема технологической линии для производства 150 тыс. т в год сухой гидратной доломитовой извести

В настоящее время по проектам НПП «Кальцит» (Донецк) на Украине построены и работают две печи КС по обжигу доломита. Стоимость проекта реконструкции шахтной печи на печь КС производительностью 150–200 т/сут составляет 0,8–1 млн р. Стоимость реконструкции составит примерно 34–35 млн р., включая реконструкцию ДСО.

По третьему варианту доломитизированный известняк обжигают в шахтной или вращающейся печи по обычному режиму и получают магнезиальную или доломитовую известь с рекристаллизованной MgO, которую направляют на гашение в установку. На рис. 2 приведена схема технологической линии по производству 150 тыс. т сухой гидратной доломитовой извести в год по способу фирмы «Corson» [4]. Линия включает в себя расходный бункер 12 доломитовой извести фракции 0–12 мм, силосы 21, 26 гидратной извести, смеситель 16, гидратор-автоклав 7, камеру-сборник циклонного типа 20, трубную мельницу 1, центробежный воздушный сепаратор 24, расходный бак 13 горячей воды, ковшовые 3, 23, 25, винтовой 22 и скребковый 4 конвейеры, ленточный весовой дозатор 11 дробленой негашеной извести, дисковый 15 и винтовой 2 питатели, насос-дозатор 17, центробежный насос 18, упаковочную машину 27. Места выделения пыли заключены в укрытия, подключенные к аспирационным установкам, имеющим в своем составе рукавные фильтры.

Гидратную известь получают следующим образом. Негашеная известь из бункера 12 дозатором 11 подается в дисковый питатель 15 смесителя 16, в который из бака 13 через задвижку 14 поступает горячая вода. В смесителе в результате интенсивного перемешивания извести с водой образуется шлам частично гидратированной извести, который по трубопроводу с задвижками 9 и 10 насосом-дозатором 17 непрерывно перекачивается в гидратор-автоклав 7.

Гидратор-автоклав горизонтального типа диаметром 2,1 м и длиной 6,5 м оборудован вращающимся лопастным валом 8. В процессе экзотермической реакции между известью и водой при температуре 150–170°C и давлении в автоклаве 0,5–0,7 МПа в течение 25–30 мин CaO, пережог CaO, MgO и рекристаллизованная MgO полностью превращаются в Ca(OH)₂ и Mg(OH)₂. Смесь гидратированного материала, воды и пара непрерывно удаляется из автоклава через специальный вентиль-затвор 6, проходит через трубу Вентури 5, в которой ей с помощью засасываемого из атмосферы воздуха сообщается скорость около 300 м/с, и поступает в камеру-сборник 20. В результате взрывного выброса смеси из автоклава с высоким давлением в камеру-сборник с атмосферным давлением происходит скоростная сушка гидратной извести, сопровождающаяся диспергированием частиц Ca(OH)₂ и Mg(OH)₂ до размера 0,4–1 мкм.

Из камеры-сборника паровоздушная смесь через патрубок отводится в скруббер 19. Очищенный от известковой пыли и охлажденный воздух удаляется из скруббера вентилятором, а подогретая вода центробежным насосом 18 перекачивается в бак 13. Осевший в камере 20 подсушенный материал скребковым 4 и ковшовым 3 конвейерами подается в промежуточный силос 21. Из силоса гидратная известь питателем 2 загружается в мельницу 1, работающую в замкнутом цикле с сепаратором 24. Выгруженная из мельницы конвейером 22 гидратная известь конвейером 23 подается в сепаратор 24. Отсепарированный сухой готовый продукт конвейером 25 подается в силос 26, расположенный над автоматической упаковочной машиной 27, которая затаривает сухую гидратную доломитовую известь в бумажные мешки. Ленточный конвейер доставляет мешки с известью на склад готовой продукции.

Гидратированная под давлением доломитовая известь представляет собой кристаллический тонкодисперс-

ный сухой порошок, содержащий 95,9% Ca(OH)₂+Mg(OH)₂ и обладающий вдвое повышенной пластичностью по сравнению с известью, гидратированной при атмосферном давлении, и более высоким выходом готового продукта (1,34 т из 1 т негашеной извести).

Установленная мощность электродвигателей технологической линии 276 кВт, удельный расход электроэнергии 18–21 кВт·ч/т. Производительность гидратора-автоклава – 25–30 т/ч. Обслуживает автоклав один рабочий в смену.

Благодаря высокому качеству получаемой гидратной доломитовой извести технологические линии фирмы Corson мощностью 15–20 тыс. т в год в течение многих лет работают в Германии, Чехии, Польше и других странах.

Стоимость строительства линии мощностью 15–20 тыс. т сухой гидратной магнезиальной или доломитовой извести в зависимости от конкретных условий составляет 30–40 млн р.

Список литературы

1. *Монастырев А.В.* Основные направления технического прогресса при производстве извести в СССР и за рубежом. Обзорная информация. Сер. 8. Вып. 1. М.: ВНИИЭСМ, 1989. 94 с.
2. *Монастырев А.В.* Требования потребителей к свойствам извести для ячеистого бетона и технологические приемы по их обеспечению // Строит. материалы. 2009. № 6. С. 36–37.
3. *Монастырев А.В.* Производство извести. М.: Стройиздат, 1972. 208 с.
4. *Монастырев А.В.* Производство гидратной извести в СССР и за рубежом. Обзорная информация. Сер. 8. Вып. 1. М.: ВНИИЭСМ, 1987.

РОССИЯ, НИЖНИЙ НОВГОРОД, Всероссийское ЗАО "НИЖЕГОРОДСКАЯ ЯРМАРКА"

**СТРОИТЕЛЬНАЯ
ИНДУСТРИЯ**

ДИЗАЙН и ОТДЕЛКА

- АРХИТЕКТУРА и СТРОИТЕЛЬСТВО (ARHSTROY)
- ИНТЕРЬЕР. ДИЗАЙН. ОТДЕЛКА. (DESIKA)
- ОКНА и ДВЕРИ (WIDO)
- САНТЕХНИКА. КЕРАМИКА. КАМЕНЬ. (SANTEKA)
- ОТОПЛЕНИЕ. ВЕНТИЛЯЦИЯ. КОНДИЦИОНЕРЫ. (OVECO)
- СИСТЕМЫ ОХРАНЫ и ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ (SIORA)
- КЛИМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ (CLIMS)
- ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ и ОСВЕЩЕНИЕ (ELETRO)
- КОМФОРТ и УЮТ (COMFO)
- СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ и ИНСТРУМЕНТЫ (STROMI)
- ЛАНДШАФТ и УСАДЬБА (LANDE)
- ИНФОКОММУНИКАЦИИ в СТРОИТЕЛЬСТВЕ. (INCOMSTROY)

tikhonov@yarmarka.ru, pie@yarmarka.ru,
vaskova@yarmarka.ru
Телефон: (831) 277 55 91, 277 51 86, 277 56 84
Факс: (831) 277 55 68
Нижний Новгород, ул. Совнаркомовская, 13

12-15 ноября **2009** года

МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ «ТЕХПРИБОР»

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

• **Измельчительное оборудование.**

Дробилки роторные и ударно-отражательные. Мельницы дезинтеграторные и ударно-центробежные. Комплексы и агрегаты. $I > 300$.

• **Виброформовочное и смесительное оборудование.**

Вибропрессы. Роторно-формовочные машины. Лопастные бетоносмесители. Вибростолы.

• **Питатели, оборудование транспортное и насосное.**

Конвейеры винтовые и ленточные. Шлюзовые затворы и ячейковые питатели. Эксцентрично-винтовые растворонасосы. $Q > 70 \text{ м}^3/\text{ч}$.

• **Оборудование для работы с сыпучими материалами.**

Весовые дозаторы. Перетариватели мягких контейнеров БИГ-БЭГ. Агрегаты и комплексы.

• **Разработка и изготовление нестандартного оборудования.**

301246, Россия, Тульская обл., г. Щекино д. 43;

Тел.: (905) 626-79-10, (903) 658-62-41; Тел./факс: (48751) 4-08-69

E-mail: manager@tpribor.ru www.tpribor.ru

Реклама

УДК 691.51:621.926.085

А.Б. ЛИПИЛИН, гл. инженер, М.В. ВЕКСЛЕР, инженер, Н.В. КОРЕНЮГИНА, гл. технолог предприятия «ТЕХПРИБОР» (г. Щекино Тульской обл.)

Ударный помол как действенное средство снижения себестоимости производства негашеной извести

Известь получают путем обжига кальциево-магневых горных пород осадочного происхождения. Различается известь воздушная и гидравлическая. Гидравлические свойства извести зависят от содержания силикатов и алюмосиликатов кальция. Воздушная известь делится на кальциевую, маломagneзиальную, магнезиальную и доломитовую.

Промышленно выпускаются следующие виды воздушной извести: известь негашеная комовая, известь негашеная молотая, известь гидратная (пушонка).

Комовая негашеная известь представляет собой воздушную кальциевую, магнезиальную или доломитовую известь, получаемую в виде кусков и зерен. Выпускаемая негашеная известь состоит в основном из оксида кальция и называется **комовая известь-кипелка**.

Негашеная известь в порошкообразном состоянии широко используется в металлургической и химической промышленности, сельском хозяйстве, а также в строительной индустрии, предъявляющей все более высокие требования к качеству продукта.

Помимо показателей активности материала (содержания СаО или MgO) важнейшим фактором, определяющим технологическую ценность негашеной извести, является тонкость ее помола. Однако показатели удельной поверхности порошка, по которым принято оценивать качество продукта, дают далеко не полное представление о его реологическом потенциале при взаимодействии с другими веществами.

Важнейшие физико-технические параметры негашеной извести, такие как количество воды, необходимое для ее гашения в гидрат-пушонку или тесто, сроки хранения, степень, время и температура гидратации зависят не только от тонкости помола, но в большей степени от однородности ее зернового состава. Чем меньше в порошке крупных частиц или, напротив, очень мелких, тем полнее и равномернее протекает гашение, дольше сохраняется активность извести.

Влияние гранулометрического состава молотой извести на качество получаемых с ее использованием материалов прекрасно иллюстрирует следующий пример. В

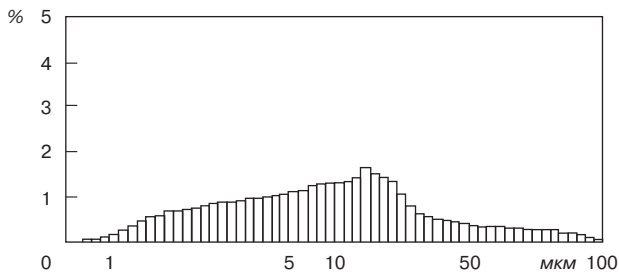


Рис. 1. Зерновой состав молотой в шаровой мельнице негашеной извести

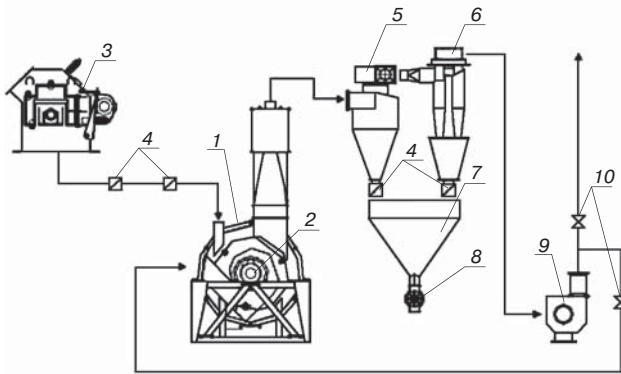


Рис. 2. Схема помольной установки с ударно-центробежной мельницей: 1 – ударно-центробежная мельница; 2 – электродвигатель основного привода 30 кВт; 3 – дробилка роторная; 4 – мигалки; 5 – циклон-разгрузитель; 6 – батарея циклонов; 7 – бункер готового материала; 8 – шлюзовая заставка; 9 – вентилятор; 10 – клапаны регулировки сброса и возврата воздуха

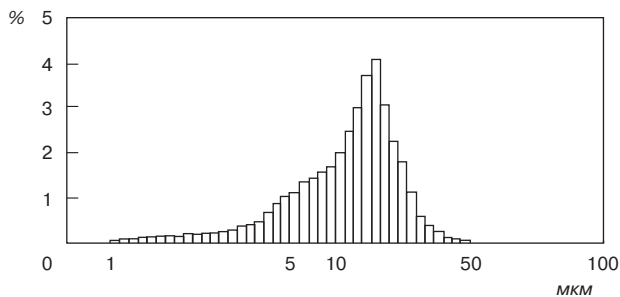


Рис. 3. Зерновой состав молотой негашеной извести на установке УЦМ «ТРИБОКИНЕТИКА-540»

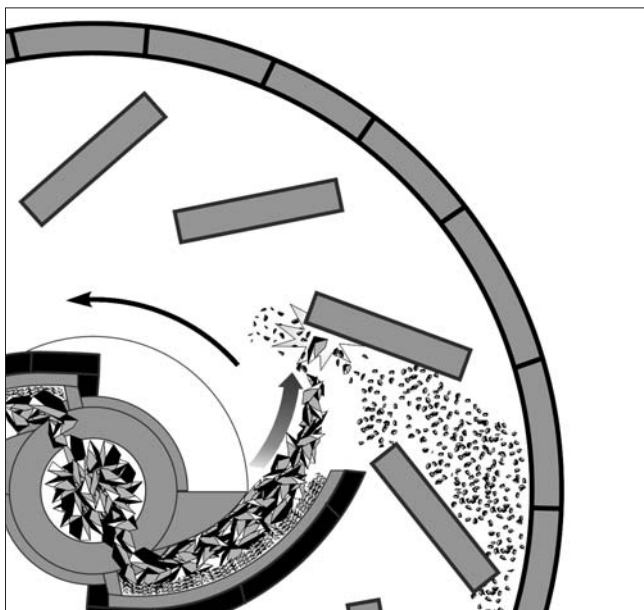


Рис. 4. Схема действия и вид помольной камеры УЦМ «ТРИБОКИНЕТИКА-540»

производстве ячеистых бетонов автоклавного твердения при использовании извести-кипелки высокой тонины помола при перемешивании в смеси в результате коагуляции мельчайших чешуек извести образуются комки диаметром 3–5 см, не разрушающиеся при вымешивании. Такие комки, оставаясь в изделиях, снижают их прочность, морозостойкость, вызывая перерасход вяжущих материалов. Даже при незначительных сроках хранения молотой негашеной извести очень мелкие частицы быстро гасятся влагой, содержащейся в воздухе, что значительно снижает активность материала. Крупные же частицы, имея малую поверхность фазового контакта, гасятся в смеси медленнее и не в полном объеме, что также в свою очередь увеличивает расход извести.

Порошки, полученные с использованием шаровых, а особенно вибрационных мельниц, всегда характеризуются очень нестабильным гранулометрическим составом. Даже высококачественная молотая негашеная известь с удельной поверхностью в 3000–5000 см²/г обычно имеет остаток на сите 008 около 15–20%. При затворении водой эти частицы превращаются в 10–15% непогасившийся остаток, или инертный балласт, часто бесполезный, а иногда и вредный. Таким образом, при широко используемом в настоящее время способе помола как минимум 10% высококачественной молотой негашеной извести не используется по своему прямому назначению и попросту теряется.

Но и сама потребность очень тонкого помола негашеной извести, казалось бы, так необходимого для придания ей вполне определенных качеств, является всего лишь издержками известного и явно устаревшего способа помола шаровыми мельницами, визитная карточка которых высокая металлоемкость и крайне низкий КПД. Ведь для того чтобы только приблизиться к 50% содержанию в порошке частиц оптимального размера, шаровой мельнице необходимо переизмельчить 30% материала, только тогда содержание крупных зерен не превысит 20%. Но если энергорасход мельниц на получение частиц размером 80 мкм обычно не превышает 20–30 кВт на тонну продукта, переизмельчение до размера в 10 мкм требует уже 150–200 кВт энергии. Отсюда высокая стоимость и низкая эффективность помола в шаровых мельницах.

Ударное измельчение не имеет подобных недостатков. Быстрый удар на скорости >50 м/с дает наивысший выход частиц требуемого размера – до 90% при полном отсутствии остатка на сите 008. Это значит, что мельницы быстрого удара в принципе более эффективны для помола такого материала, как негашеная известь. Расход энергии в динамических измельчителях по сравнению с традиционно используемыми шаровыми мельницами в несколько раз меньше, а благодаря более равномерному зерновому составу технологические характеристики получаемого продукта выше.

Хотя влияние типа помольного агрегата на качество получаемой извести известно давно, эта прекрасная возможность серьезного улучшения полезных свойств продукта на фоне снижения его себестоимости в настоящее время используется очень слабо. Вместе с тем именно тонкий помол является одной из самых дорогих операций в многотоннажном производстве. Учитывая объемы производства, даже относительно небольшое повышение эффективности работы измельчительного агрегата может дать значительный экономический эффект.

В качестве примера проведем сравнение технико-экономических характеристик шаровой двухкамерной мельницы 1456А и ударно-центробежной мельницы «ТРИБОКИНЕТИКА-540».

Крупность материала, подаваемого в шаровую мельницу, составляет не более 30 мм, для чего комовая известь-кипелка проходит предварительное дробление. Корпус мельницы, загруженный 11 т мелющих тел, при-

водится во вращение двигателем мощностью 132 кВт. Общая масса агрегата составляет 38,5 т. Помольную установку, включающую помимо самой мельницы эксгаустер с циклонами и вентилятором, обслуживают 4 человека. Ее производительность при получении порошка негашеной извести с остатком на сите 008 15–20% составляет 4 т/час. Соответственно расход энергии только на помол 1 т материала без учета работы вентилятора эксгаустера (дополнительно 7,5 кВт на каждую тонну продукта) превышает 32 кВт.

Зерновой состав негашеной молотой извести после помола на шаровой мельнице представлен на рис. 1.

Установленная мощность ударно-центробежной мельницы (УЦМ) «ТРИБОКИНЕТИКА-540» составляет 35 кВт. Данный агрегат является модулем высокого уровня готовности. На общей раме помимо самой динамической мельницы также установлена батарея циклонов, вентилятор, полный комплект воздухопроводов (рис. 2). Привод воздушного колеса вентилятора осуществляется от главного двигателя ротора-ускорителя мельницы. Крупность питания УЦМ «ТРИБОКИНЕТИКА-540» – куски размером до 50 мм включительно, производительность мельницы по готовому продукту составляет 3,3 т/час.

100% частиц полученного порошка имеют размеры $\leq 44,847$ мкм, среди которых только 2,3% ≤ 1 мкм. Расход энергии, включающий также и периферийное оборудование (вентилятор, шлюзовые затворы), не превышает 11,6 кВт/т, что в три раза меньше энергозатрат шаровой мельницы. Полная масса ударно-центробежной мельницы «ТРИБОКИНЕТИКА-540» составляет 3,5 т; агрегат работает в автоматическом режиме, для его эксплуатации и обслуживания требуется два работника.

Зерновой состав негашеной молотой извести после помола на ударно-центробежной мельнице показан на рис. 3.

В ударно-центробежной мельнице «ТРИБОКИНЕТИКА-540» реализуется принцип измельчения материала свободным ударом, или «кинетического самоизмельчения», когда частицы разгоняются ротором-ускорителем, выбрасываются в пространство помольной камеры и разрушаются при ударе об отражательные плиты статора. То есть обрабатываемый материал измельчает сам себя, без шаровой загрузки. При такой модели измельчения мелющими телами выступают крупные зерна извести, которые разбивают собой более мелкие (рис. 4).

В процессе работы мельницы исходный материал непрерывным потоком подается в центр ротора-ускорителя. После удара частицы, достигшие требуемых размеров, выносятся воздушным потоком из помольной камеры, поступают в циклоны и выводятся из агрегата через шлюзовую затвор.

Сам принцип получения молотой негашеной извести свободным ударом не является чем-то новым, существует большая номенклатура динамических измельчителей, способных перерабатывать данный материал. Но известные образцы аэробильных, струйных, стержневых и прочих мельниц ударного действия хотя и отличаются сравнительно низким энергозатратами, по показателям надежности серьезно проигрывают шаровым мельницам.

В настоящее время развитие техники ударного измельчения сдерживают два основных противоречия: необходимость увеличения скорости удара, с одной стороны, и снижение ресурса рабочих органов – с другой.

Модель самоизмельчения хрупких материалов, реализуемая в ударно-центробежной мельнице «ТРИБОКИНЕТИКА-540», позволяет разрешить эти противоречия наиболее рациональным образом. Все узлы и детали мельницы, взаимодействующие с частицами извести, ими же и защищаются от износа. В частности, конструкция ротора-ускорителя УЦМ «ТРИБОКИНЕТИКА-540» предусматривает самофутеровку разгонных

лопастей измельчаемым материалом. После образования «гарнисажного» слоя частицы извести движутся по каналам ротора-ускорителя, практически не соприкасаясь с разгонными лопастями и соответственно не вызывая их износа. Ведь назначение лопастей ротора-ускорителя – это разгон частиц, а не удар по ним, поэтому лопасти ротора расположены не перпендикулярно движению потока материала, а практически параллельно ему. Такое техническое решение позволяет не только эффективно измельчать негашеную известь, получая продукт более высокого качества с меньшим расходом энергии, но и делать это с минимальными затратами на обслуживание помольного агрегата.

Сегодня, как и сто лет назад, в производстве молотой извести доминирующим помольным агрегатом является шаровая мельница, а основным способом измельчения остается истирание-раздавливание. При этом расход энергии на получение материала нормированного качества редко опускается ниже 30 кВт/т. Ударный помол, обеспечивающий трехкратное снижение энергозатрат процесса, способен вывести производство негашеной молотой извести на качественно новый уровень развития.

Список литературы


1. Сиденко П. М. Измельчение в химической промышленности. М., 1977, 365 С.
2. Акунов В. И. О выборе оптимальных типов измельчителей // Строит. материалы. 1962. № 11. С. 21–22.
3. Волженский А. В. Минеральные вяжущие вещества. М.: Стройиздат, 1986. С. 216–217.
4. Осин Б. В. Негашеная известь. М.: Стройиздат, 1954. С. 350–362.

Новая книга

Ищук М.К.

Отечественный опыт возведения зданий с наружными стенами из облегченной кладки

М.: РИФ «Стройматериалы», 2009. 360 с.



На конкретных примерах зданий, возведенных в конце 1990-х гг. рассмотрены различные дефекты наружных стен с лицевым слоем из кирпичной кладки. Приведены результаты экспериментальных и расчетно-теоретических исследований наружных облегченных стен, инженерные методы расчета различных воздействий на наружные многослойные стены с учетом поэтапности и длительности возведения, включая температурно-влажностные, а также конструктивные требования по назначению расстояний между горизонтальными и вертикальными деформационными швами, к конструкциям гибких связей и армированию кладки. Для работников проектных, строительных и контролирующих качество строительства организаций.

Цена 1 экз. без почтовых услуг 450 р., НДС не облагается.
Книгу можно заказать с сайта издательства www.rifsm.ru

Тел./факс: (495) 976-20-36, 976-22-08
E-mail: mail@rifsm.ru, rifsm@mail.ru
www.rifsm.ru

Влияние капиллярного сцепления на уплотнение прессованием дисперсий из непластичных материалов

Уплотнение прессованием порошкообразных сырьевых смесей — одна из главных операций в технологии силикатного кирпича, прессованных керамических и других изделий. От эффективности этой операции во многом зависит производительность технологических линий и качество продукции. Известно, что значительное влияние на уплотнение пресс-порошков оказывает их влажность, дисперсность и зерновой состав.

Зерновой состав, т. е. соотношение частиц и агрегатов из них различных размеров в порошках, влияет на их сыпучесть, плотность и равномерность засыпки, условия удаления воздуха при прессовании и т. д. Размеры минеральных частиц и их соотношение определяют необходимое количество технологической связки и конечную плотность, достигаемую при прессовании. Для моделирования наиболее плотной упаковки систем с непрерывным зерновым составом предлагались различные «идеальные» кривые просеивания, например Фуллера, Боломея, Функа, Дингера и других. Тем не менее оптимальный зерновой состав заполнителя часто, а для систем с прерывистой гранулометрией как правило определяют экспериментально с помощью методов статистического планирования.

При рассмотрении закономерностей упаковки силикатных мелкозернистых систем с размером частиц от нескольких миллиметров (заполнитель) до нескольких микрометров (вяжущее) необходимо учитывать наличие некоторого минимального (критического) размера зерна, ниже которого происходит изменение баланса действия гравитационных и поверхностных сил. Этот размер частиц является критерием агрегируемости [1]. При размерах минеральных частиц меньше критического следует ожидать принципиальной невозможности плотной упаковки частиц вследствие образования «арочных» и «мостиковых» структур. Следует учитывать, что данный баланс сил будет существенно нарушаться при увлажнении системы за счет появления мощных сил капиллярного сцепления [2].

С увеличением влажности уплотняемость порошков, т. е. их осадка под давлением, повышается. Это связано, во-первых, с уменьшением насыпной плотности; во-вторых, с увеличением средней плотности после уплотнения одним и тем же давлением, что объясняется [3] снижением внутреннего межчастичного трения в системе и увеличением пластичности гранул. С другой стороны, увеличение влажности вызывает уменьшение объема пор, занятых воздухом, и, следовательно, максимально достижимую степень уплотнения порошка. Поэтому выбор оптимального режима прессования включает установление оптимальной влажности порошка для данного давления прессования. Отмечается, что физическая основа влияния влажности на уплотнение пресс-порошков связана с действием сил межчастичного взаимодействия, в том числе капиллярных сил. Вместе с тем прямым доказательством этой связи и соответствующих количественных закономерностей в данной работе не приводится. В работе [3] сделана попытка получения такой зависимости для керамических порошков, но неяс-

ный физический смысл эмпирических коэффициентов, связанных с влажностью, в предложенном уравнении не позволяет обобщить результаты исследования и распространить их на другие типы порошков, в том числе непластичных, к которым относятся силикатные, мелкозернистые бетонные и другие сырьевые смеси.

Изучение процесса прессования заключается в измерениях деформаций сжатия среды при ступенчатом увеличении давления. В данной работе было изучено уплотнение прессованием дисперсий из непластичных материалов в зависимости от влажности на модельных системах: молотый кварцевый песок различной дисперсности; известково-песчаные смеси различного состава. Измерения производились с помощью специального прибора для определения формовочных свойств ПОФС-1 [4].

Установлено, что в системах, близких к монофракционным, к которым относится молотый песок, влияние плотности засыпки сохраняется при уплотнении меньшими и средними давлениями. Указанное положение иллюстрируется рис. 1, на котором приведены значения насыпной плотности и средней плотности после уплотнения разным давлением в пересчете на сухое вещество в зависимости от влажности для молотого песка с удельной поверхностью $298 \text{ м}^2/\text{кг}$.

При уплотнении высоким давлением (20 МПа и более) влияние влажности выше 4% на среднюю плотность песка выражено слабее вплоть до критического значения влажности, соответствующего прекращению уплотнения системы, после которого средняя плотность будет снижаться.

Наибольшее сопротивление дисперсной системы уплотнению в значительной степени обуславливается силами капиллярного сцепления, что показывают зависимости давления прессования, необходимого для получения одинаковой средней плотности молотого песка в пересчете на сухое вещество, от влажности (рис. 1). При влажности $W_{\text{мс}}$, соответствующей максимуму капиллярного сцепления, требуется наибольшее давление для уплотнения дисперсной системы до заданной пористости.

Влияние первоначальной засыпки известково-песчаных смесей после уплотнения даже небольшим давлением (1 МПа) в определенной степени нивелируется (рис. 2). Глубинные причины этого важного явления кроются в создании ячеисто-глобулярной структуры при перемешивании систем, содержащих компоненты с резко отличающейся дисперсностью, при определенных значениях влажности [5]. Подобно вводу дополнительного количества воды в систему ее уплотнение сравнительно небольшим давлением приводит к тому, что ячеистая структура начинает разрушаться в самых слабых местах. Это вызывает заполнение части контактных зон жидкостью, переход последней в «канатное» состояние с образованием двухфазных (твердое—жидкость) гранул.

В свою очередь, это приводит к резкому снижению величины сил капиллярного сцепления и увеличению уплотняемости системы вплоть до критических значений влажности, близких к тем, которые соответствуют ее полному переходу в двухфазное состояние. На рис. 2

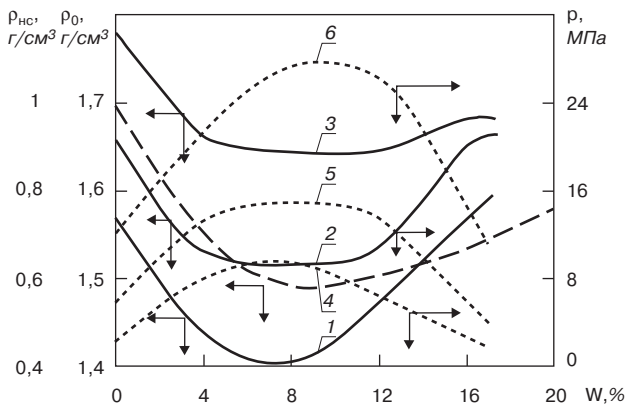


Рис. 1. Зависимость средней плотности ρ_0 (сплошная линия) при давлениях: 1 – 5; 2 – 10; 3 – 20 МПа; насыпной плотности $\rho_{нс}$ (пунктир) в пересчете на сухое вещество, а также давления прессования p (точки), необходимого для получения средней плотности: 4 – 1,5; 5 – 1,6; 6 – 1,7 г/см³, от влажности W для молотого песка с удельной поверхностью 298 м²/кг

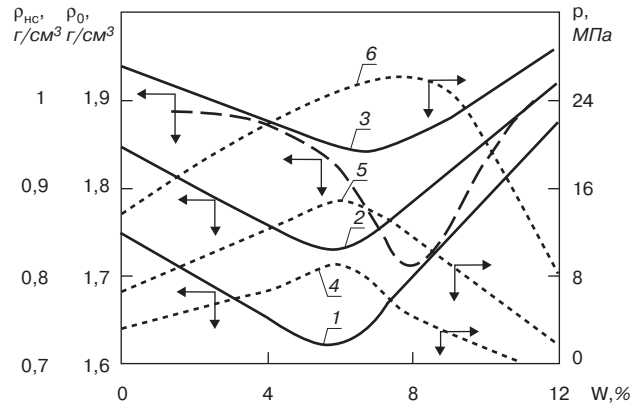


Рис. 2. Зависимость средней плотности ρ_0 (сплошная линия) при давлениях: 1 – 5; 2 – 10; 3 – 20 МПа, насыпной плотности $\rho_{нс}$ (пунктир) в пересчете на сухое вещество, а также давления прессования p (точки), необходимого для получения средней плотности: 4 – 1,7; 5 – 1,8; 6 – 1,9 г/см³, от влажности W для известково-песчаной смеси состава 1:3

приведены значения насыпной плотности и средней плотности после уплотнения разным давлением в пересчете на сухое вещество, а также давления прессования, необходимого для получения одинаковой средней плотности, в зависимости от влажности для известково-песчаной смеси состава 1:3. Данные показывают, что для уплотнения известково-песчаной смеси до постоянной пористости при влажности $W_{мс}$ требуется наибольшее давление прессования. Таким образом, сопротивление бинарных систем уплотнению в значительной степени обуславливается силами капиллярного сцепления.

Список литературы

1. Урьев Н.Б. Высококонцентрированные дисперсные системы. М.: Химия, 1980. 320 с.

2. Белов В.В. Влияние капиллярного структурообразования в сырьевой смеси силикатного кирпича на его свойства // Строит. материалы. 2003. № 3 / Наука. № 1. С. 10–12.
 3. Попильский Р.Я., Пивинский Ю.Е. Прессование порошковых керамических масс. М.: Металлургия, 1983. 176 с.
 4. А.с. СССР 1430834 А1. Устройство для определения формовочных свойств керамических порошков / Берней И.И., Белов В.В. Заявл. 25.07.1986 // Опул. 15.10.1988. БИ. № 38.
 5. Белов В.В. Капиллярное структурообразование в дисперсных системах, применяемых для производства строительных материалов // Изв. вузов. Строительство. 2002. № 9. С. 46–51.

ПНО ПРОМАВТОМАТИКА

Газовые горелки
для кирпичных заводов
в комплекте с автоматикой
и арматурой
«под ключ»



Наш адрес: Россия, Москва, 117105, ул. Нагатинская, д. 3Б, офис 416
 Тел./факс: +7 (499) 611-00-62, +7 (499) 611-04-31, Тел.: +7 (910) 406-83-72
 Internet: www.promautomatika.ru
 E-mail: mail@promautomatika.ru

Реклама

В.И. СИНЯНСКИЙ, Е.Н. ЛЕОНТЬЕВ, кандидаты техн. наук,
ООО «АВИС» (п. Красково Московской обл.)

Роль синтеза гидросиликатов из оксидов кальция и кремния в технологии автоклавных ячеистых бетонов

Проблеме синтеза гидросиликатов из различных видов природного и техногенного сырья при тепловой обработке в автоклавах посвящено большое число фундаментальных научных исследований. Изучением этих процессов занимались в нашей стране А.В. Волженский, П.П. Будников, Ю.М. Бутт, П.И. Боженков, Т.М. Беркович, Б.Н. Виноградов, С.А. Кржеминский, К.Ф. Ломунов, А.В. Саталкин, Л.М. Хавкин, М.С. Шварцзайд и другие исследователи.

Многие из основных положений синтеза цементирующих веществ при автоклавной обработке известково-кремнеземистых композиций разработаны А.В. Волженским еще в 1932–1935 гг. Они послужили основой для практического использования, в частности для производства таких строительных материалов, как силикатный кирпич, изделия из ячеистого, легкого и плотного силикатных бетонов.

Технологические особенности производства силикатного кирпича и химические процессы, протекающие в автоклаве, несколько отличаются от условий образования гидросиликатов кальция при изготовлении изделий из ячеистого и плотного силикатных бетонов.

Известно, что при производстве силикатного кирпича в качестве основных компонентов вяжущего автоклавного синтеза используют молотые известь с низким содержанием оксида кальция ($\approx 10\%$) и кварцевый песок ($\approx 9\%$). В качестве заполнителя используют обычный кварцевый песок, характеризующийся модулем крупности 1,3–2,0. Количество воды в сырьевую смесь добавляют из условия гидратации извести в пушонку и гиперпрессования в прессах с удельным давлением 18 МПа.

В результате гидротермальной обработки кирпичного сырья первоначально синтезируются многоосновные гидросиликаты с последующим образованием смеси высокоосновных и одноосновных гидросиликатов кальция. В образовании цементирующего вещества участвуют кроме извести молотая часть кварца и поверхность песка-заполнителя.

Основная задача технологии ячеистого бетона — получить низкоосновные высокопрочные гидросиликаты группы CSH(B) и тоберморита (желательно минуя стадию образования двухкальциевого гидросиликата).

Предпосылкой для обеспечения химических реакций, ведущих к этой цели, являются совместный тонкий помол извести и кварцевого песка в соотношении, близком к 1:1. При этом удельная поверхность молотой смеси должна находиться в пределах 5000–6000 $\text{см}^2/\text{г}$. Величина удельной поверхности извести должна быть в пределах 6000–7000 $\text{см}^2/\text{г}$, а удельная поверхность молотого песка в шламе — 2000–3000 $\text{см}^2/\text{г}$.

Физико-химические процессы начинаются уже во время перемешивания компонентов ячеисто-бетонной смеси. В первую очередь начинается процесс растворения кремнезема — его аморфизированной части (толщиной до 20 Å), образующейся при помолке на поверхности кварцевых зерен. Количество быстрорастворимой аморфной

кремниевой кислоты может достигать 0,15–0,2%. В присутствии $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в жидкой фазе увеличивается концентрация SiO_2 при снижении концентрации CaO. Гидратация CaO вызывает повышение температуры, значительно увеличивая растворимость кремнезема.

Уже на этой первичной стадии при температуре бетонной смеси 20–25°C создаются условия для синтеза одноосновных гидросиликатов кальция CSH(B). Если в жидкой фазе образовался недостаток растворенного SiO_2 , то возможно первоначальное образование двухосновного гидросиликата кальция C_2SH_2 . [1]

Основным источником тепла в технологическом процессе приготовления газобетонной смеси является гидратация оксида кальция CaO. Известно, что выделение тепла составляет 276 ккал на 1 кг CaO. В зависимости от расхода CaO смесь может разогреваться до 80°C и выше, а потеря подвижности газобетонной смеси за счет образования кристаллов гидроксидов кальция наступает при температуре выше +50°C.

Из производственного опыта известно, что при гидратации извести конец схватывания и начало твердения $\text{Ca}(\text{OH})_2$ находятся в пределах 50–70°C. При этом следует учитывать, что в результате химической реакции от взаимодействия гидроксида кальция и металлического алюминия процесс образования водорода более интенсивен при температуре +40°C и выше. Практически он завершается при температуре +50–70°C. При вибро- или ударной технологии в результате эффекта тиксотропного разжижения кристаллической фазы $\text{Ca}(\text{OH})_2$ время вспучивания смеси может быть увеличено.

При потере подвижности смеси увеличиваются вязкость и пластическая прочность сырца, а способность смеси к вспучиванию ухудшается. Поэтому на предприятиях следят, чтобы температура смеси 50–70°C достигалась не ранее чем через 10–15 мин. Эти процессы идут после заливки смеси в формы и в термосных камерах предварительного твердения сырца.

Во время выдерживания в течение 1–2 ч твердеющего массива в термосной камере за счет образования кристаллической фазы $\text{Ca}(\text{OH})_2$ достигается пластическая прочность сырца, необходимая для его разрезки. При этом одновременно с процессами гидратации оксида кальция продолжаются физико-химические процессы синтеза гидросиликатов кальция.

Во время выдерживания разрезанных массивов в термосных камерах при температуре 50–70°C наряду с упрочнением кристаллической фазы гидроксида кальция процессы синтеза гидросиликатов кальция продолжаются вплоть до их помещения в автоклав.

Основные процессы синтеза высокопрочных одноосновных гидросиликатов CSH(B) и тоберморита происходят при температуре 174,5–190°C во влажной среде. Это достигается тепловлажностной обработкой сырца газобетонных массивов в автоклавах при избыточном давлении 8–12 атм.

Известно, что автоклавная обработка известково-кремнеземистой смеси при соотношении CaO и SiO_2 ,

близком к 1:1, где присутствует тонкодисперсный кварцевый компонент, способствует прямому синтезу низкоосновного гидросиликата группы CSH(B), минуя стадию синтеза менее прочного двухосновного гидросиликата. Уже на первых стадиях изотермического прогрева (48–58 мин) в массиве, изготовленном с использованием известково-кремнеземистого вяжущего в присутствии гидроксида кальция и SiO₂, синтезируются низкоосновные гидросиликаты. В этом случае синтез и кристаллизация низкоосновного гидросиликата CSH(B) и тоберморита происходят одностадийно. При этом цементирующее вещество характеризуется повышенными показателями воздухо- и морозостойкости [2, 3].

Доказано, что характер синтеза CSH(B) определяется степенью дисперсности кремнеземистого компонента. При удельной поверхности кремнеземистого компонента 1500 см²/г и более синтезируется только CSH(B). С повышением содержания активного оксида кальция для одноступенчатого образования CSH(B) необходимо увеличивать величину дисперсности SiO₂. Наибольшая прочность бетона при одноступенчатом синтезе CSH(B) достигается значительно быстрее, чем при многоступенчатом [3].

Немаловажную роль в изготовлении из бесцементного газобетона автоклавного твердения играет известковый компонент вяжущего автоклавного синтеза. И в первую очередь его дисперсность, сроки схватывания и твердения.

В основном российские заводы выпускают известь по своим параметрам не всегда удовлетворяющую требованиям производства изделий из автоклавного газобетона. Известь поступает на заводы ячеистого бетона в крупнодробленом виде. Измельчают ее, как правило, в шаровых мельницах, не обеспечивающих тонкий помол без агрегирования дисперсных частиц. Только добавка песка при помоле способствует получению искомой дисперсности извести. На практике эту проблему решает совместный помол извести и песка.

Известковые заводы выпускают быстрогидратирующую известь, характеризующуюся временем гидратации 1–5 мин вместо требуемого по технологии 10–20 мин и максимальной температурой гидратации оксида кальция 80–90°С вместо 60–70°С.

В большинстве случаев приходится решать проблему замедления сроков гидратации оксида кальция и снижения температуры газобетонной смеси. На практике этого можно достигнуть использованием различного рода добавок: цемента, двуводного гипса, триэтанолamina, силиката натрия и др., а также заменой части извести-кипелки на известь-пушонку например при помолу вяжущего.

Введение добавки цемента в газобетонную смесь способствует снижению ее температуры, чем удлиняются сроки схватывания и твердения оксида кальция. В этом процессе немаловажную роль играют содержание двуводного гипса в цементе (до 4–5%) и медленное схватывание и твердение двухкальциевого гидросиликата (C₂SH₄), а также образующегося в результате гидратации трехкальциевого силиката (C₃S).

Введение добавки двуводного гипса замедляет скорость гидратации оксида кальция до автоклавной обработки.

Возможность получения бесцементного газобетона, соответствующего требованиям нормативных документов, подтверждена результатами испытания сырья для проектируемого завода.

При подборе состава ячеистого бетона использовали известь Клиновского известкового завода, характеризующуюся содержанием активного оксида кальция 80%, временем ее гидратации 1 мин и температурой 86°С. В качестве регулятора времени и температуры гидратации оксида кальция была использована добавка триэтанолamina – C₆H₁₅NO₃ и гидратация части извести.

Состав сырьевой смеси, кг:

| | |
|-------------------|------|
| Молотое вяжущее | 215 |
| в том числе: | |
| известь | 107 |
| песок | 108 |
| Песок в шламе | 350 |
| Паста алюминиевая | 0,54 |
| Вода при В/Т=0,53 | 300 |
| Триэтаноламин | 0,17 |

При помолу вяжущего соотношение CaO и SiO₂ принимали 1:1, известь и песок совместно измельчали до удельной поверхности 5500–6000 см²/г. Гипсовый камень в качестве добавки не использовали. Это связано с тем, что подготовка и переработка двуводного гипса на предприятии потребует дополнительной технологической линии – приема, дробления, транспортирования, дозирования в мельницу мокрого помола песка.

Величину водотвердого отношения изменяли в пределах 0,49–0,53. Расход триэтанолamina на 1 м³ газобетона изменяли в пределах 0,16–0,18 кг.

Многолетний производственный опыт с такой быстрогидратирующей известью показывает, что ее можно использовать для автоклавных бетонов при условии предварительной гидратации незначительной ее части. Обычно это происходит при помолу.

В результате использования в качестве добавки триэтанолamina и гидратации небольшой части оксида кальция получена бетонная смесь вспучивающаяся за 6–10 мин. Смесь набирает необходимую для разрезки массива пластическую прочность 200–250 г/см² при максимальной температуре 55–62°С. Расход алюминиевой пасты составляет 0,54 кг/м³. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Результаты испытаний образцов из бесцементного автоклавного газобетона средней плотностью 500–600 кг/м³ полностью соответствуют требованиям ГОСТ 25485–89 «Бетоны ячеистые. Технические условия», и введенному в действие с 1.01.2009 г. ГОСТ 313559–2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия».

В последние годы в технологию ячеистых автоклавных бетонов внесены существенные уточнения. Вместо совместного помола извести и кварцевого песка в шаровых мельницах некоторые заводы стали применять готовую молотую известь, характеризующуюся высокими показателями дисперсности. Необходимую дисперсность кварцевого песка получают, как и прежде, мокрым помолом в шаровых мельницах. Известь и песчаный шлам дозируют в смеситель отдельно.

Такой технологический прием способствует полностью использованию гидратационных свойств извести. Это увеличивает прочностные показатели сырца газобетона перед разрезкой массива и упрощает физико-

Таблица 1

| В/Т | ТЭА, кг | Плотность, кг/м ³ | Прочность при сжатии, МПа | Класс по прочности | Время вспучивания смеси, мин |
|------|---------|------------------------------|---------------------------|--------------------|------------------------------|
| 0,53 | 0,18 | 556 | 28,5 | B2 | 10 |
| 0,53 | 0,17 | 499 | 36,1 | B2,5 | 8 |
| 0,5 | 0,17 | 580 | 48,8 | B3,5 | 8 |
| 0,5 | 0,17 | 583 | 47,3 | B3,5 | 6 |
| 0,49 | 0,17 | 595 | 49,9 | B3,5 | 6 |

Таблица 2

| Дисперсность извести, м ² /кг | В/Т | Подвижность смеси по Суттарду | Средняя плотность, кг/м ³ | Прочность при сжатии, МПа | Класс по прочности* |
|------------------------------------------|------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------|
| 300 | 0,48 | 17 | 556 | 4,15 | В2,5 |
| 450 | 0,46 | 18 | 545 | 4,09 | В2,5 |
| 600 | 0,44 | 18 | 520 | 4,72 | В3,5 |
| 800 | 0,46 | 17 | 534 | 4,52 | В3,5 |
| 900 | 0,47 | 16 | 542 | 4,4 | В3,5 |

Примечание. В таблицу авторами введена графа «класс по прочности».

химические процессы при автоклавной обработке, что соответствует более ранним исследованиям [3, 4]. Технологический прием подтвержден работами, доказывающими, что тонкость помола извести-кипелки, полученная при раздельном помоле, улучшает физико-механические характеристики бесцементного автоклавного газобетона [5]. Это убедительно показано в табл. 2.

Результаты испытаний, приведенные в табл. 2, также полностью соответствуют требованиям перечисленных стандартов.

Использование цемента, как и двухводного гипса, в качестве добавок, регулирующих время и температуру гидратации оксида кальция, технически и экономически нецелесообразно. Не говоря уже об использовании портландцемента в качестве компонента вяжущего автоклавного синтеза.

Для использования цемента в технологической схеме производства ячеистого бетона необходимо предусмотреть оборудование для его приема, транспортирования в расходные бункеры, дозирования с применением современных систем автоматического регулирования. Это требует существенных затрат. Кроме того, при гидротермальной обработке цемента в автоклавах неизбежно происходят сложные многоступенчатые физико-химические процессы разложения всех минералов портландцементного клинкера на составляющие и вторичного синтеза из них на молекулярном уровне многоосновных и одноосновных гидросиликатов кальция. И только с введением дисперсных оксидов кварца и кальция синтезируются высокопрочные одноосновные гидросиликаты типа CSH(B) и тоберморит [6].

Цемент должен быть использован по назначению. Минералы клинкера, составляющие его, синтезированы в жидком расплаве при температуре 1450°С и предназначены для твердения в естественных условиях или при пропаривании. Такого же мнения справедливо придерживались П.И. Боженов, А.В. Волженский, Б.Н. Виноградов, М.С. Шварцзайд и др. [6–9].

Сторонники использования цемента не по назначению совсем не учитывают, что синтез минералов клинкера требует значительных энергозатрат. Известно, например, что при мокром и сухом способах производства цементного клинкера энергозатраты составляют: удельный расход топлива 220,9 кг/т; электроэнергии 97–147кВт·ч/т [10].

Использование в России цемента в качестве сырьевого компонента ячеистых автоклавных бетонов стало возможным из-за дефицита извести, так как производимая известь использовалась преимущественно в металлургической, сахарной и других отраслях промышленности. В промышленности строительных материалов известь в основном производили на заводах силикатного кирпича, как правило, второго и даже третьего сор-

тов. Для прессования кирпича известь в сырьевой смеси должна была полностью загидратирована в пушонку. Со временем введение цемента в сырьевую смесь ячеистого бетона стало традиционным.

Зарубежные поставщики технологического оборудования предъявляют очень жесткие требования к сырьевым материалам. Более жесткие – к извести и кварцевому песку. Цемент должен характеризоваться только тонкостью помола, которая должна быть не менее 3000–4000 см²/г. Двухводный гипс должен быть порошкообразный и характеризоваться тонкостью помола 1500–3000 м²/г.

Учитывая, что наша известковая промышленность не способна обеспечить заводы автоклавного ячеистого бетона известью необходимого качества, фирма «Верхан», например, в комплекте основного оборудования предлагает поставку оборудования известкового завода. При этом по их требованиям содержание цемента в бетонной смеси должно быть больше, чем извести. Поэтому более жесткие требования к извести, чем к цементу, свидетельствует о том, что ведущую роль в создании основных гидросиликатов кальция выполняет все же оксид кальция, а не клинкерные минералы цемента.

Российские ученые Л.А. Малинина, А.В. Волженский, П.И. Боженов, Б.Н. Виноградов допускали использование цемента в производстве изделий из автоклавных бетонов. Они считали, что можно получить одноосновные высокопрочные гидросиликаты кальция по прочности, превышающие прочность цемента. Было установлено, что этого можно достичь дополнительным введением дисперсных оксидов кальция и кварца.

Вместе с тем введение цемента и двухводного гипса значительно усложняют физико-химические процессы при автоклавной обработке, не повышая физико-технические свойства конечного продукта.

Цементный клинкер, получаемый спеканием, представляет собой сложную структуру, состоящую из кристаллов минералов-силикатов. Основными минералами являются алит – C₃S, белит – C₂S, четырехкальциевый алюмоферрит – C₄AF и трехкальциевый алюминат – C₃A. Двухводный гипс в качестве небольшой добавки вводят при помолке клинкера (до 3–4%).

В зависимости от назначения цемента количественное содержание этих минералов различно, а для некоторых цементов оно существенно. При тепловлажностной обработке в автоклаве алит разлагается на Ca(OH)₂, малопрочный C₂SH₂, а он, в свою очередь, переходит также в малопрочный C₂SH(A). И только при взаимодействии с одним из основных компонентов вяжущего автоклавного синтеза – оксидом кремния синтезируются одноосновные гидросиликаты типа CSH(B) и тоберморита. При недостаточном количестве дисперсного кварца C₂SH(A) остается в системе, понижая прочность. По мнению А.В. Волженского, высокоосновные гидросиликаты содержат преимущественно относительно слабые кальций-кислородные ионные связи, которые без синтеза с кремний-кислородными анионами снижают прочностные показатели системы [11].

Трехкальциевый алюминат при автоклавной обработке вообще не имеет никакой прочности. Однако с дисперсным кварцевым компонентом переходит в не очень прочный гидрогранат – C₃АН6 [12, 3].

Введение в сырьевую смесь еще одного ингредиента – двухводного гипса усложняет физико-химические процессы во время автоклавной обработки. Вначале образуется моногидросульфалюминат кальция – 3CaO·Al₂O₃·CaSO₄·12H₂O, который при температуре 175–190°С разлагается с образованием гидрограната C₃АН₆, полуводного гипса и ангидрита. Сульфалюминаты и сульфоферриты в автоклаве разлагаются с обра-

зованием гидрогранатов, полуводного гипса и ангидрида. Четырехкальциевый алюмоферрит C_4AF с помощью гидроксида кальция переходит в $C_3(AF) \cdot SiO_2 \cdot 6H$. Установлено, что эти новообразования не повышают, но и не снижают прочность бетона [12].

Из анализа этих очень сложных физико-химических превращений следует, что в цементосодержащих сырьевых смесях основную роль выполняют все же дисперсные оксиды кальция и кремния. Они являются основными химическими соединениями — это одноосновные гидросиликаты кальция типа $CSH(B)$, тоберморита и небольшой части гидрогранатов.

О сложности химических превращений с компонентами сырьевой смеси, состоящей из цемента, извести, кварца и гипса, при производстве ячеистого бетона автоклавного твердения также сообщает немецкий исследователь Г. Шобер [13]. Часть результатов его исследований полностью отвечает мнению российских ученых и авторов этой статьи. Действительно, наиболее активными компонентами сырьевой смеси ячеистого бетона являются негашеная известь и кварц. Наличие в сырьевой смеси сульфата кальция не растворяет кварц с образованием при прямом взаимодействии гидроксида кальция и растворенного кремнезема, происходит кристаллизация некристаллического CSH , насыщение его кремнеземом с образованием тоберморита.

Реакции, протекающие при получении ячеистого бетона, как считает Г. Шобер, достаточно сложны. В процессе твердения и автоклавирования появляется ряд промежуточных соединений, и даже конечный продукт содержит две фазы, которые в действительности не нужны, а именно ангидрит и гидрогранат.

С химической точки зрения такие сырьевые компоненты, как цемент и гипс, можно было бы исключить из смеси. В результате упрощенных реакций сформировались бы необходимые минералы — тоберморит и сходные с CSH фазы [13].

В результатах анализа и толкования физико-химических превращений в исследуемой системе есть некоторые противоречия по поводу роли цемента и гипса. Но все же Г. Шобер считает, что цемент можно было исключить из сырьевой смеси, а сульфат не оказывает такого модифицирующего воздействия на кристаллизацию тоберморита, которое проявилось бы в изменении свойств ячеистого бетона.

Вместе с тем известно, что при использовании техногенного сырья (шлаки доменные и металлургические, золы и шлаки топливные, золы горючих сланцев и др.) получают высокопрочные изделия из ячеистых и плотных бесцементных бетонов. В этом случае в зависимости от основности исходного сырья в качестве сырьевых компонентов вяжущего автоклавного синтеза используют дисперсные, или оксид кремния, или оксид кальция. В ряде случаев в качестве добавки вводят двуводный гипс [6, 8, 9, 11, 12, 14, 15, 16].

Производство бесцементного ячеистого бетона автоклавного твердения — это не новшество, в современных условиях оно становится необходимостью. Оно обеспечивает высокое качество продукции, упрощая технологию и физико-химические процессы при гидротермальной обработке в автоклавах. При этом уменьшается количество технологического оборудования, уменьшаются производственные площади, снижаются энергоемкость производства, прямые и косвенные расходы. Но самое главное, высвобождается дефицитный и дорогостоящий цемент, так необходимый для различных отраслей промышленности.

Для повышения технического уровня бесцементных бетонов необходимо совершенствовать основное технологическое оборудование, снижая его энергоемкость и стоимость. Например, для раздельного тонкого помола

извести шаровые мельницы непригодны, так как в процессе помола дисперсный порошок агрегируется, искажая истинную величину дисперсности.

Для получения молотой извести с заранее заданной дисперсностью на действующих заводах ячеистого бетона необходимо заменить трубчатые шаровые мельницы на более совершенные, высокопроизводительные, малоэнергоёмкие валковые или трапециевидные мельницы отечественного или китайского производства.

В современных условиях любое промышленное производство не может обойтись без максимального использования автоматизированных систем управления технологическими процессами. Это в первую очередь касается и заводов по производству изделий из бесцементных автоклавных бетонов. Такие АСУТП, есть и есть положительный опыт их применения.

Список литературы

1. *Ходаков Г.С.* Влияние тонкого измельчения на физико-химические свойства твердых тел // Успехи химии ХХХII. Вып. 7. 1963.
2. *Судина Н.К., Бутт Ю.М., Рашкович Л.Н., Варламов В.П.* Влияние состава смеси, температуры гидротермальной обработки и дисперсности исходных компонентов на кинетику взаимодействия извести и кварца. // Сб. тр. ВНИИСТРОМ. Вып. 6(34) 1966. С. 223–232.
3. *Судина Н.К., Кржеминский С.А., Сидорова А.Н.* О влиянии дисперсности кремнеземистого компонента на фазовый состав новообразований при гидротермальной обработке известково-кремнеземистых материалов. // Сб. тр. ВНИИСТРОМ. Вып. 8(36). 1966. С. 27–43.
4. *Леонтьев Е.Н.* О влиянии дисперсности кварцевого компонента и соотношения его с известью на активность вяжущего автоклавного синтеза. // Сб. тр. ВНИИСТРОМ. Вып. 14(42). 1969. С. 57–62.
5. *Якименко Я.Б.* Некоторые особенности использования негашеной извести в ячеистых бетонах // Строит. материалы. 2006. № 6. С. 26–27.
6. *Малинина Л.А.* О составе портландцемента и оптимальном давлении пара при автоклавной обработке бетонных изделий // Бетон и железобетон. 1957. № 2. С. 65–68.
7. *Волженский А.В.* Водотермическая обработка строительных материалов в автоклавах. Изд. АСИА СССР. Вып. 15. 1944.
8. *Боженов П.И.* Технология автоклавных материалов. Л., Стройиздат, 1978. 368 с.
9. *Виноградов Б.Н.* Сырье для производства автоклавных бетонов. М., 1966. 164 с.
10. *Хвостенков С.И.* Перспективы совершенствования мокрого способа производства портландцемента // Строит. материалы. 2007. № 2. С. 61–65.
11. *Волженский А.В.* Минеральные вяжущие вещества. М.: Стройиздат, 1986. 464 с.
12. *Бутт Ю.М., Рашкович Л.Н.* Твердение вяжущих при повышенных температурах. М.: Стройиздат, 1961. 232 с.
13. *Schober G.* Die chemischen Umsetzungen bei der Herstellung von Porenbeton: Aus Zement, Kalk, Gips und Quarzsand wird Porenbeton. // Zement - Kalk - Gips international. 2005. № 7. Р. 63–70.
14. *Гладких К.В.* Изделия из ячеистых бетонов на основе шлаков и зол. М.: Стройиздат, 1976. 256 с.
15. *Леонтьев Е.Н.* Производство изделий из автоклавных бетонов на основе вторичного сырья и отходов промышленности // Семинар ООН по малоотходной технологии ENV/SEN. Ташкент. 1984. С. 12–42.
16. *Шварцзайд М.С., Гродзенская Е.С.* О применении лесса в производстве изделий из силикатных бетонов // Сб. тр. ВНИИСТРОМ. 1965. № 4(32).

С.В. ФЕДОСОВ, д-р техн. наук, чл.-корр. РААСН, А.М. ИБРАГИМОВ, д-р техн. наук, Л. Ю. ГНЕДИНА, канд. техн. наук, А.Ю. СМИРНОВ, инженер
Ивановский государственный архитектурно-строительный университет

Силикатный кирпич в условиях высокотемпературных воздействий

При пожарах велика вероятность превышения нормативной температуры применения силикатного кирпича (по ГОСТ 379–95 «Кирпич и камни силикатные. Технические условия» она не должна превышать 550°C). Во время пожаров температура в помещении может быть выше 1000–1500°C. При длительном воздействии высокой температуры происходит разрушение кирпича в виде волосяных трещин. Трещины пронизывают тело кладки, что приводит к обрушению. При резком охлаждении поверхности кирпича водой при тушении пожара разрушение кладки может произойти при температуре ниже нормативной температуры применения силикатного кирпича.

В рамках цикла работ [1], посвященных исследованию поведения кирпичной кладки из силикатного кирпича при пожарных ситуациях, был поставлен и проведен эксперимент по определению минимальной температуры, до которой надо нагреть кирпич, чтобы после резкого охлаждения в воде нарушалась его целостность и в теле кирпича появились трещины. Для эксперимента было отобрано семь партий кирпича (рис. 1).

Согласно ГОСТ 379–95 определена марка кирпича каждой партии: 1 – М75; 2 – М100; 3 – М125; 4 – М175; 5 – М150; 6 – М75, а для партии 7 предел прочности при сжатии 64 МПа.

Для эксперимента применялось следующее оборудование: клещи, секундомер, термометр, пирометр, два стержня длиной 140 мм из арматуры класса А240, емкость с водой известного объема, муфельная печь, прессы П-10, П-125. Место проведения эксперимента было оборудовано в соответствии с техникой безопасности. Перед проведением эксперимента образцы каждой партии были тщательно осмотрены для выявления трещин и дефектов. Обнаруженные дефекты и трещины были соответствующим образом помечены на об-

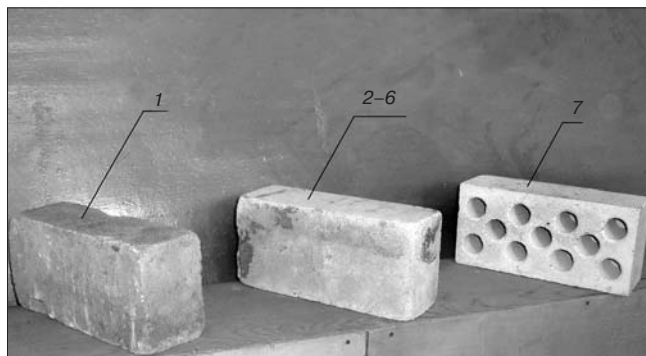


Рис. 1. Виды кирпича каждой партии: 1 – силикатный кирпич, изъятый из тела кладки; 2–6 – свежизготовленный полнотелый силикатный кирпич, отобранный на предприятиях г. Иваново с поддонов; 7 – одиннадцатипустотный кирпич

| Партия | До термических испытаний | | Температура разрушения, °С | После термических испытаний | |
|--------|--------------------------|-------|----------------------------|-----------------------------|-------|
| | σ, МПа | марка | | σ, МПа | марка |
| 1 | 7,52 | 75 | 470 | 5,33 | 50 |
| 2 | 9,41 | 100 | 500 | 7,06 | 70 |
| 3 | 12,52 | 125 | 570 | 9,52 | 100 |
| 4 | 17,65 | 175 | 670 | 14,12 | 150 |
| 5 | 15,24 | 150 | 620 | 11,89 | 125 |
| 6 | 7,27 | 75 | 480 | 5,31 | 50 |
| 7 | 6,41 | 64 | 570 | 4,49 | 45 |

разцах и зафиксированы в протоколе испытаний. После проверки и установки нужной температуры на шкале муфельной печи образец помещался в печь. Время, проведенное кирпичом в печи, заносилось в протокол испытаний. При достижении заданной температуры в печи производилось определение температуры поверхности кирпича пирометром, а затем образец погружался в емкость с водой, которая имела начальную комнатную температуру 20°C. После охлаждения образца производилось фиксирование трещин на поверхности образцов (рис. 2).

Далее производилась корректировка температуры на шкале печи в большую сторону и в печь помещался следующий образец. Для определения остаточной несущей способности образцов, подвергшихся термическим воздействиям, было проведено повторное испытание. В ходе эксперимента температура в печи повышалась ступе-



Рис. 2. Характер разрушения образцов

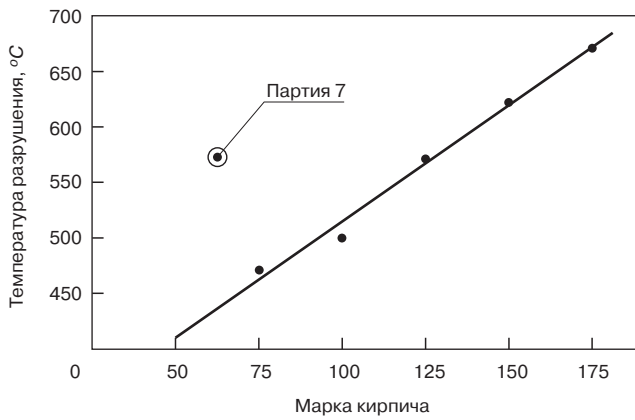


Рис. 3. Зависимость марки кирпича от температуры разрушения

ниями с шагом 100°C (температура термостойкости образцов уточнялась методом последовательных приближений).

Результаты экспериментальных исследований кирпича приведены в таблице.

В ходе эксперимента получена линейная зависимость температуры разрушения от марки полнотелого

силикатного кирпича (рис. 3). Чем выше марка полнотелого кирпича, тем он более термоустойчив.

Одиннадцатипустотный силикатный кирпич по сравнению с полнотелым оказался более термостойким. В рамках нашего эксперимента это объясняется тем, что из-за пустот кирпич прогревается и охлаждается более равномерно и в нем не возникает внутренних напряжений.

Таким образом, декларируемая ГОСТ 379–95 максимальная температура применения силикатного кирпича составляет 550°C, что никак не связано со сроками эксплуатации и справедливо лишь для кирпича марки М125. После термических воздействий марка кирпича снижается в среднем на 20–30%.

На ДТА кирпича, изъятая из тела кладки, показано (рис. 4), что при 300°C образец теряет 10–12% массы, при 400°C – 14–16%, при 500°C – 17–19%, при 600°C – 20%. После 600°C образец теряет 1,5% массы при увеличении температуры на каждые 10°C. При достижении 960°C наступает полная деструкция, и масса образца составляет 10% от первоначального.

На ДТА показано, что вода полностью удаляется из образца при температуре 170–175°C и ее доля составляет 17–18% первоначального веса. Структурные изменения в силикате начинаются при температуре 418–420°C.

Установленные зависимости являются предпосылками для проведения натурного эксперимента по выявлению характера поведения силикатного кирпича в теле кладки при пожаре.

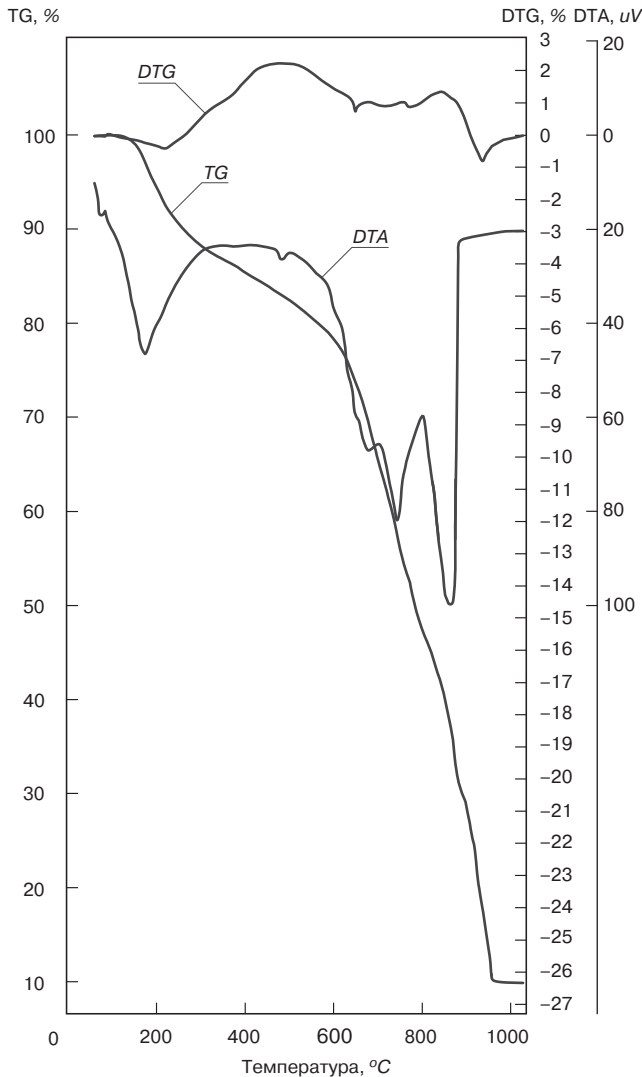


Рис. 4. ДТА-, ДТГ- и ТГ-диаграммы образца силикатного кирпича, изъятая из тела кладки

Литература

1. Федосов С. В., Ибрагимов А. М., Гнедина Л. Ю., Смирнов А. Ю. Пожарная ситуация в зданиях из силикатного кирпича // Строит. материалы. 2008. № 11. С. 60–61.

IX ЕЖЕГОДНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ
ЧЕРНОМОРСТРОЙ-2009
 10–12 ДЕКАБРЯ • АНАПА

Строительство и благоустройство
 Жилищно-коммунальное хозяйство
 Энергетика и электротехника
 Евроремонт
 Ландшафтный дизайн

Тел.: (863) 240-32-60/61
 www.rostex-expo.ru
 rostexstroy@aanet.ru

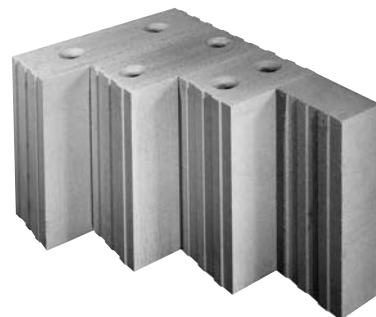
РОССТЭК
 ВЫСТАВКИ ЮГА РОССИИ

Эргономичные прецизионные строительные блоки KS Ratio-Planstein для рациональной кладки стен

Прецизионные силикатные строительные блоки KS Ratio-Planstein – новый продукт на рынке строительных материалов. Их использование в значительной степени облегчает физический труд и сокращает время строительных работ. Удобные углубления для захвата блоков двумя руками, а также возможность соединения блоков в гребень и паз для безрастворного выполнения стыковых швов значительно облегчают возведение стен.

Блоки KS Ratio-Planstein обеспечивают высокое качество кладки, непроницаемость даже без отделки, а также высокие статические и эксплуатационные характеристики.

Строительные блоки KS Ratio-Planstein выпускаются как полнотелыми, так и пустотелыми. Широкая линейка размеров делает их оптимальным строительным материалом для возведения практически любых стен толщиной от 11,5 до 36,5 см. Кладка на клей может выполняться как вручную, так и с использованием подъемных приспособлений.



Ассортиментный ряд блоков KS Quadro

Технология кладки

Перед укладкой блоков KS Ratio-Planstein выполняется выравнивающий подстилающий слой, выполняющий функции основы. Он обеспечивает вертикальность и прямолинейность стен. Все дальнейшие работы занимают минимальное время, поскольку блоки стыкуются в гребень и паз без использования раствора. Такой способ укладки исключает перекос блоков.



Начало кладки блоков KS Quadro на подстилающий выравнивающий слой

Строительство ускоренными темпами

Использование крупногабаритных блоков KS Ratio-Planstein значительно ускоряет темп строительных работ. Поскольку стандарт DIN 1053 допускает соединение встык стен из силикатных блоков (без их перевязки), возведение стен идет особенно быстро. Закладка полосовых анкеров из нержавеющей стали обеспечивает прочное связывание стен, не уступающее трех- или четырехрядной перевязке.

При стандартном строительстве закладка одного полосового анкера из нержавеющей стали производится в каждый второй горизонтальный шов при возведении домов высотой до четырех этажей или одного анкера в каждый горизонтальный шов при большей этажности.

Применение передвижного растворного ящика значительно облегчает задачу равномерного распределения раствора на горизонтальный шов. Кладка из блоков получается исключительно ровной благодаря прецизионно выполненным стыковым соединениям в гребень и паз.



Стена из крупноформатных блоков



Установка блоков с помощью подвесного захвата



Перемещение блоков

Расход материалов для возведения стен

Силикатные полнотелые и пустотелые строительные блоки*

| Формат блоков (толщина стены, см) | Количество блоков, шт./м ² | Расход раствора, л/м ² | Количество блоков, шт./м ³ | Расход раствора, л/м ³ |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| NF (11,5) | 48 | 24 | 418 | 209 |
| NF (24) | 96 | 57 | 400 | 237 |
| NF (36,5) | 144 | 90 | 395 | 247 |
| 2DF (11,5) | 32 | 17 | 279 | 148 |
| 2DF (24) | 64 | 44 | 267 | 183 |
| 2DF (30) | 32 2DF + 32 3DF | 53 | 107 2DF + 107 3DF | 203 |
| 2DF (36,5) | 96 | 71 | 263 | 194 |
| 3DF (17,5) | 32 | 26 | 183 | 149 |
| 3DF (24) | 44 | 38 | 183 | 159 |
| 3DF (36,5) | 48 2DF + 32 3DF | 69 | 132 2DF + 88 3DF | 189 |
| Силикатные прецизионные полно- и пустотелые строительные блоки KS-Ratio | | | | |
| 4DF (11,5) | 16 | ок. 1,5 | 139,2 | ок. 13 |
| 6DF (17,5) | 16 | ок. 2,3 | 91,5 | ок. 13 |
| 8DF (24) | 16 | ок. 3,2 | 66,7 | ок. 13 |
| 12DF (36,5) | 16 | ок. 4,8 | 44 | ок. 13 |

*В зависимости от конкретных условий необходимо учитывать потери блоков и раствора ~10%

Ассортимент и свойства силикатных блоков

| Тип | Класс по прочности | Плотность, г/см ³ | Формат | Габаритные размеры, мм | Масса, кг |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------|--------|------------------------|-----------|
| Полнотелые силикатные блоки | | | | | |
| KS | 12 | 1,8 | DF | 240×115×52 | 2,7 |
| KS | 20 | 1,8 | DF | | |
| KS | 12 | 2 | NF | 240×115×71 | 3,7 |
| KS | 20 | 2 | NF | | |
| KS | 28 | 2 | NF | | |
| KS | 12 | 1,8 | 2DF | 240×115×113 | 5,5 |
| KS | 20 | 1,8 | 2DF | | |
| KS | 28 | 1,8 | 2DF) | | |
| KS | 12 | 1,8 | 3DF | 240×115×115 | 8,1 |
| KS | 20 | 1,8 | 3DF | | |
| KS | 28 | 1,8 | 3DF) | | |
| Пустотелые силикатные блоки | | | | | |
| KS | 12 | 1,4 | 2DF | 240×115×113 | 4,7 |
| KS | 12 | 1,4 | 3DF | 240×115×113 | 6,8 |
| Прецизионные силикатные блоки KS-Ratio-Vollstein / KS-Ratio-Planstein | | | | | |
| KS-R | 12 | 1,8 | 4DF | 250×115×248 | 12,5 |
| KSL-R | 12 | 1,4 | 4DF | | |
| KS-R | 12 | 1,8 | 6DF | 250×115×248 | 18,3 |
| KSL-R | 12 | 1,4 | 6DF | | |
| KS-R | 20 | 2 | 8DF | 250×240×248 | 28 |
| KS-R | 12 | 1,8 | 8DF | 250×240×248 | 23,5 |
| KSL-R | 12 | 1,4 | 8DF | | |
| KSL-R | 12 | 1,4 | 12DF | 250×365×248 | 30,5 |

К состоянию кромок и внешнему виду силикатных блоков, используемых для внутренней части стены, особых требований не предъявляется. Это относится также к блокам KS Ratio-Planstein и не зависит от того, каким образом они поставляются – автокраном или в пакетированном виде. Потери от боя при поставках в пределах 3%, например во время транспортировки, считаются допустимыми. Это касается также незначительных повреждений кромок и углов. Строительные блоки, предназначенные для ручной укладки, массой до 25 кг, имеют углубления для ручного захвата. Для укладки более массивных блоков используются подъемные устройства.



Грейферный кран

Специальное оборудование и материалы для кладки стен

В настоящее время для быстрой кладки стен из крупногабаритных силикатных блоков поставляется специальное оборудование и аксессуары:

- миникран;
- клещевой захват;
- подвесной захват;
- захват для блоков;
- передвижной ящик для тонкослойного распределения раствора, который изготавливается для стен различной толщины: 11,5; 15; 17,5; 20; 24; 30; 36,5 см;
- смесь для приготовления тонкослойного известково-песчаного раствора в мешках по 25 кг;
- специальные анкеры (ISO) длиной 300 мм для создания воздушных прослоек;
- анкеры (ISO) для соединения стен V 4 A / 300 мм



Передвижной ящик для тонкослойного нанесения раствора

А.А. ЖУРАВЛЕВ, президент ассоциации «Недра» (Москва)

Предприятия нерудных строительных материалов в условиях кризиса

При подготовке статьи использованы материалы расширенного заседания правления ассоциации «Недра», которое состоялось 14.08.09 г. на базе ОАО «Ивантеевский Элеватормельмаш» в г. Ивантеевка Московской области. Главная тема заседания – сохранение предприятий нерудной промышленности в условиях экономического кризиса.

Страна много месяцев живет в условиях экономического кризиса. Кризис охватил практически все отрасли народного хозяйства, включая строительный комплекс. Из-за сокращения объемов строительства уменьшилась потребность в строительных материалах и, следовательно, их выпуск. Так, производство нерудных строительных материалов (НСМ) по сравнению с соответствующим периодом 2008 г. сократилось в два раза (см. таблицу). Положение, сложившееся в промышленности НСМ, характерно для многих подотраслей стройиндустрии. Поэтому опыт данной подотрасли промышленности строительных материалов, предприятия которой, как правило, являются градообразующими, может оказаться полезным предприятиям других отраслей.

Предприятия НСМ стали убыточными. Из-за падения спроса на продукцию склады переполнены нереализованной продукцией. Большинство предприятий перешло на сокращенный режим работы, с обычного трехсменного на односменный. Происходит сокращение численности персонала, уменьшается заработная плата сотрудников.

Щебень поступает с Украины по демпинговым ценам, что ухудшает экономическое состояние отечественных предприятий.

Состояние стройиндустрии характеризуется следующими факторами:

- финансирование программ по дорожному строительству снизилось в два раза;
- в жилищном строительстве в основном прекращены работы на объектах, которые возведены на высоту менее пяти этажей;
- новые здания практически не закладываются; объекты госзаказа финансируются по сокращенной программе;
- строительство продолжается на вводимых объектах высокой степени готовности. Сведено к минимуму проектирование новых объектов и подготовка к началу их строительства.

На рынке строительных материалов наблюдается дефляция. Предприятия вынуждены срочно реализовывать продукцию в условиях ограниченного спроса.

Чтобы сохранить предприятия, преодолеть кризисные явления, руководители должны находить неординарные решения. На расширенном заседании ассоциации «Недра» были проанализированы возможности использования резервов, позволяющих улучшить финансовое положение предприятий, смягчить свойственные кризису негативные явления. Среди наиболее эффективных направлений названо снижение потребления электроэнергии, топлива и ГСМ. Опыт Мансуровского и Полотнянозаводского карьероуправлений показал, что снижения расходов на электроэнергию можно добиться не только путем снижения ее потребления, но и путем перехода на двухставочный тариф оплаты.

| Предприятие, вид продукции | Полезное ископаемое | Проектная мощность, тыс. м ³ /год | Показатели за 7 месяцев работы в 2009 г. по сравнению с соответствующим периодом 2008 г., % | | | | |
|-----------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------|---------------------|----------|
| | | | Производство продукции | Численность работников | Реализация продукции | Стоимость продукции | Зарплата |
| ОАО «Пятовское к/у», всего НСМ, в т. ч. щебень | Известняк | 600 | 34 39 | 70 | 28 30 | – | 75 |
| ОАО «Полотнянозаводское к/у», щебень, минеральный порошок | Известняк | 480 по щебню; 250 тыс. т по минеральному порошку | 39 40 | 91 | 45 | – | – |
| ЗАО «Сокское к/у», Всего, в т. ч. щебень | Известняк | 5000 | 27 27 | – | 18 23 | – | – |
| ОАО «Гранит-кузнечное»* | Гранит | 5000 | 49 | – | 52 | 81 | – |
| ЗАО «Аникинский ГОК»* | Песчаник | 200 | 40 | – | 18 | 93 | – |
| ООО «Азово-Донская нерудная компания» | Песчаник | 900 | 35 | 59 | 44 | 66 | 94 |
| ОАО «Замчаловское к/у» | Песчаник | – | 22 | 96 | 31 | – | 40* |

Примечание. * Данные за 6 месяцев.

В РФ, как и в ряде других стран, введены различные тарифы оплаты за электроэнергию, которая потребляется в различное время суток. Поэтому предприятия планируют работу комплексов по выпуску продукции в период действия низкого тарифа: ночью и в выходные дни. Это позволяет не только снизить издержки, но и проводить ремонтные работы, наиболее трудоемкий и опасный вид деятельности, в светлое время суток. Рассматривается вопрос о замене газа на другие виды топлива для местных котельных — биотопливо, в частности отходы мебельного производства, и уголь.

Значительным резервом повышения эффективности и культуры производства остается рост производительности труда, поскольку доля заработной платы составляет около 1/3 эксплуатационных расходов предприятий, а производительность труда на предприятиях промышленности НСМ существенно ниже аналогичного показателя зарубежных коллег. Определенный результат может дать разработка и внедрение системы различных стимулов, в том числе моральных.

Важнейшим направлением повышения эффективности работы предприятий нерудной промышленности является комплексное использование минеральных ресурсов разрабатываемых месторождений, вовлечением в производство отходов (отсевов дробления и отходов обогащения). Положительным примером является Пятовское карьероуправление. На этом предприятии, несмотря на переживаемый сложный период, строится технологическая линия по производству известняковой муки и минерального порошка производственной мощностью 200 тыс. т в год.

Важным резервом оптимизации расходов и трудоустройства увольняемых сотрудников является организация малых предприятий. Малые предприятия могут создаваться для выполнения различных функций. Наиболее перспективной представляется деятельность, связанная с переработкой вторичного сырья. Малым предприятиям могут передаваться активы непрофильных производств. Система налогообложения и проверка малых предприятий более лояльна.

На карьерах многих предприятий имеется большое количество оборудования, которое по разным причинам не эксплуатируется. Чтобы уменьшить налог на имущество, а также оптимизировать себестоимость за счет амортизации, целесообразно вывести эту технику из перечня рабочего, разместить ее на площадке, в некоторых случаях целесообразно объявить о продаже.

Положительные результаты может дать изменение организации производственной деятельности:

- переход на бесцеховую структуру;
- организационное объединение технологических комплексов;
- выделение некоторых процессов, не связанных с основным производством, в малые предприятия.

В кризисных экономических условиях как никогда повышается значение квалификации персонала на всех уровнях, от рабочего до инженерно-технического и управленческого. Поэтому практика проведения специальных профильных семинаров, в том числе многодневных, для различных категорий сотрудников должна быть сохранена и развиваться в наиболее актуальных направлениях.

На расширенном заседании правления ассоциации «Недра» 14.08.09 г. было принято обращение к Правительству РФ, в котором **предложено для поддержания отечественных производителей НСМ:**

— предусмотреть при строительстве автомобильных дорог использование НСМ только отечественного производства;

— не допускать в период кризиса повышения тарифов на электроэнергию, газ, железнодорожные перевозки;

— разработать систему экономических стимулов, ориентирующих предприятия на внедрение инновационных технологий.

Для облегчения финансового положения предприятий предложено:

— выпустить в качестве платежных средств ценные бумаги, погашение которых гарантирует государство;

— установить расчеты по налогам и с поставщиками ценными бумагами;

— обязать банки ежемесячно погашать 30% государственных ценных бумаг (от стоимости выполненных работ) денежными средствами для выплаты заработной платы;

— ограничить размер ставок по кредитам для предприятий.

Участники заседания поддержали предложение о создании органа, объединяющего различные некоммерческие структуры строительного комплекса (строительные, производящие железобетонные конструкции, нерудные строительные материалы, цемент и другие строительные материалы и осуществляющие другие виды деятельности), для коллегиального принятия решений по задачам, способствующим выводу строительного комплекса и стройиндустрии как его составной части из кризисной ситуации, и совместных действий по их осуществлению.

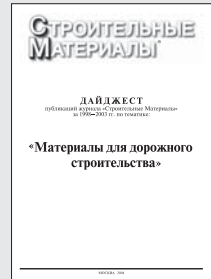
В издательстве «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»

ГОТОВИТСЯ К ВЫХОДУ ДАЙДЖЕСТ

«Материалы для дорожного строительства»

В дайджест вошли статьи, опубликованные в журнале «Строительные материалы»® за 2004–2009 гг. — всего более 100 статей по тематическим разделам:

- нормативная и методическая база отрасли;
- материалы для дорожного строительства;
- ремонт дорог.



Для приобретения дайджеста следует направить заявку произвольной формы в издательство по факсу или электронной почте. **Не забудьте указать наименование организации, почтовый адрес доставки, ФИО получателя.**

Телефон/факс:

(495) 976-22-08, 976-20-36

E-mail: mail@rifsm.ru. rifsm@mail.ru

ЭЛЕКТРОННАЯ ПОДПИСКА

на журнал «Строительные материалы»®

Актуальная информация для всех работников строительного комплекса

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

В.М. ГОРИН, канд. техн. наук, генеральный директор, С.А. ТОКАРЕВА, директор, М.К. КАБАНОВА, канд. техн. наук, ЗАО «НИИКерамзит» (Самара)

Эффективный керамзитобетон в России

Производство пористых заполнителей в нашей стране развивалось очень быстрыми темпами. За тридцатилетний период с 1956 г. производство пористых заполнителей выросло в крупную подотрасль строительных материалов. В этот период СССР занимал первое место в мире по производству заполнителей. В стране действовало 463 предприятия и в 1986 г. производилось 47,7 млн м³ заполнителей, в том числе 40,39 млн м³ искусственных.

Наибольшее распространение получило производство керамзитового гравия, выпуск которого в 1986 г. составил 33,99 млн м³, количество предприятий по его выпуску достигло 355. В 1989 г. был достигнут максимальный выпуск керамзита — 39,42 млн м³ [1].

Пористые заполнители и бетоны на их основе сыграли основную роль в решении жилищной проблемы страны. Крупнопанельное и крупноблочное строительство, преимущественно из керамзитобетона, дало возможность в сравнительно короткие сроки увеличить жилищный фонд более чем в два раза.

Благодаря индустриальным методам крупнопанельного домостроения, основой которого служили керамзит и керамзитобетон, в стране был преодолен острый жилищный кризис.

Пик использования керамзитобетона в жилищном строительстве пришелся на 80-е гг. При общем объеме — 76 млн м² жилья, возводимого в Российской Федерации в 1986 г., на долю крупнопанельного домостроения приходилось более 80%.

Порядка 70–80% общего объема выпускаемого керамзита в нашей стране использовалось для наружных стеновых конструкций. Особенно эффективны были поризованные керамзитобетонные смеси с воздуховлекающими или порообразующими добавками, поскольку они обеспечивали получение стеновых

конструкций с наилучшими теплозащитными свойствами благодаря низкой теплопроводности.

Таким образом, начиная с 60-х гг. в нашей стране преобладала односторонняя направленность в использовании керамзита — преимущественно для крупнопанельного домостроения и в первую очередь для наружных стеновых конструкций. То есть все потенциальные возможности керамзита и керамзитобетона полностью не использовались, тогда как спектр применения керамзитобетона в строительстве очень широк — от теплоизоляционного керамзитобетона для эффективной теплозащиты зданий до конструкционного бетона, используемого для несущих конструкций в каркасном, монолитном и крупнопанельном домостроении.

Легкий керамзит насыпной плотностью 200–450 кг/м³ обеспечивает получение эффективных ограждающих изделий из керамзитобетона с высокими теплозащитными свойствами (панели, блоки, монолит); более плотный керамзит (600–800 кг/м³) с высокой прочностью 5,5–10 МПа обеспечивает возможность получения несущих конструкций, что особенно важно для многоэтажных и высотных зданий. Применение легких керамзитобетонных конструкций позволяет снизить нагрузки и затраты на фундаменты и повысить этажность объектов.

Уже в 1980 г. на всесоюзном семинаре «Эффективные конструкции из легких бетонов» остро встал вопрос о недостаточном развитии производства несущих керамзитобетонных конструкций [2]. Мировая практика показывает, что легкие бетоны на пористых заполнителях дают значительное сокращение общей массы зданий и сооружений, снижение материалоемкости и трудозатрат при сохранении необходимой капитальности и долговечности объектов. Таким образом, керамзитобетон обеспечивает высокую технико-экономическую эф-



Рис. 1. Монолитное строительство здания гостиницы на основе керамзитобетона (Нижний Новгород)



Рис. 2. Высотное жилое здание с применением керамзитобетонных блоков (Нижний Новгород)



Рис. 3. Коттеджное строительство на основе керамзитобетонных блоков. Пос. Ягодное (40 км от г. Тольятти Самарской обл.)

фективность при использовании в несущих конструкциях [3].

Железобетонные конструкции из легких бетонов на пористых заполнителях позволяют увеличить пролеты и этажность зданий, укрупнить монтажные элементы, использовать более простые с меньшей грузоподъемностью механизмы для монтажа, повысить производительность труда и качество строительства, добиться его ускорения, снизить стоимость.

Исследования и многолетние наблюдения, проводившиеся ЦНИИЭП жилища, подтвердили высокие эксплуатационные качества зданий из керамзитобетона и благоприятный микроклимат помещений, что обусловлено высокой экологичностью керамзита.

Керамзит является экологически чистым материалом: на протяжении всего периода эксплуатации и даже в условиях пожара полностью отсутствует вредное газовыделение, это обусловлено самой технологией получения керамзита — высокотемпературным обжигом глинистого сырья. Другое важнейшее преимущество керамзита и керамзитобетона — высокая огнестойкость и длительное сохранение конструкционной прочности в условиях пожара, что обеспечивает безопасность людей в экстремальных ситуациях.

По оценкам зарубежных специалистов, основные преимущества легкого железобетона в конструкции зданий состоят в существенной экономии на фундаментах; повышенной огнестойкости по сравнению с тяжелыми бетонами; в улучшении теплозащитных свойств здания в целом благодаря снижению теплопотерь через несущие конструкции [4].

Для изготовления конструкционного керамзитобетона требуется керамзитовый гравий с повышенной прочностью, преимущественно мелких фракций; он позволяет получить железобетонные конструкции, в том числе предварительно напряженные. Их применение дает снижение объемной массы конструкций на 25–30% и стоимости на 10–20%, экономию арматурной стали на 15% [5].

Важнейшее технико-экономическое значение имеет многофункциональность керамзита. В зависимости от свойств исходного сырья, используемых добавок и специальных технологических приемов может быть получен керамзитовый гравий, щебень, песок с различными показателями плотности и прочности для разнообразных сфер применения:

— особо легкий с насыпной плотностью $\gamma \leq 200\text{--}250 \text{ кг/м}^3$, прочностью $R=0,5 \text{ МПа}$;

— легкий с насыпной плотностью $\gamma \leq 300\text{--}450 \text{ кг/м}^3$, прочностью $R=1\text{--}2,5 \text{ МПа}$;

— с повышенной прочностью $R=5,5\text{--}8 \text{ МПа}$ при плотности $\gamma \leq 600\text{--}800 \text{ кг/м}^3$.

В зависимости от размера зерен керамзитовый заполнитель изготавливают следующих фракций: 5–10 мм; 10–20 мм; 20–40 мм, а также керамзитовый песок 0–5 мм (дробленый или обжиговой).

Одно из преимуществ легкого керамзитового гравия — низкая теплопроводность. При использовании в качестве засыпки коэффициент теплопроводности равен $0,1\text{--}0,11 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$.

Отличительной особенностью керамзитобетона от других легких бетонов является широкий спектр его использования в строительных изделиях и конструкциях: теплоизоляционный керамзитобетон плотностью $350\text{--}600 \text{ кг/м}^3$, класс по прочности $B0,35\text{--}B2$; конструкционно-теплоизоляционный — плотностью $700\text{--}1400 \text{ кг/м}^3$, $B2,5\text{--}B10$; конструкционный — $1500\text{--}1900 \text{ кг/м}^3$, $B12,5\text{--}B40$.

Показатели морозостойкости керамзитобетона соответственно: $F100$ для конструкционно-теплоизоляционного бетона плотностью 1400 кг/м^3 и $F500$ для конструкционного бетона плотностью 1900 кг/м^3 .

Долговечность керамзитобетона весьма высока и характеризуется способностью его сопротивляться воздействию атмосферного воздуха, мороза и воды. В основном долговечность оценивается показателями морозостойкости и водостойкости. Средняя установившаяся влажность плотного керамзитобетона для нормальных условий эксплуатации равна 5–10%, а для газо- и пенобетона она составляет 8–12%, исходная технологическая для пенобетона до 35%. Влажность беспесчаного керамзитобетона (крупнопористого) составляет 3–5%.

В таблице представлено сравнение керамзитобетона на основе качественного керамзитового гравия и песка с



Рис. 4. Объемно-блочное домостроение в Краснодарском крае

| Керамзит, керамзитобетон | | | Альтернативные варианты |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сферы применения | Свойства керамзита и керамзитобетонных изделий | Преимущества | Недостатки |
| <p>Ограждающие конструкции Здания повышенной этажности и высотные (до 23–60 этажей)</p> <p>Каркасное, сборно-монолитное, монолитное домостроение в качестве заполнителя</p> <p>Крупнопанельное строительство (5–14 этажей)</p> <p>Несущие и ограждающие конструкции Объемно-блочное домостроение. Возведение зданий по системе ОБД – из укрупненных объемных блоков-секций для 5–16 этажных зданий</p> | <p>Легкий и особо легкий керамзит (плотность 350–400, 250–300 кг/м³)</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Керамзитобетонные блоки нового поколения ВИП (600–800 кг/м³) ■ Керамзитобетонные блоки типа «Капсимет» (крупнопористый керамзитобетон с эффективными добавками) <p>Керамзитовый гравий (γ=300–400–500 кг/см³) для легкого и конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона</p> <p>Керамзит с высокой прочностью (γ=600 кг/см³, фр. 5–10 мм) и легкий керамзит (γ=300–450 кг/см³)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Долговечность ■ Пожаробезопасность ■ Высокая экологичность – отсутствует выделение газов в процессе долговременной эксплуатации и при пожаре, обеспечивается необходимый воздухо- и влагообмен ■ Низкая технологическая и эксплуатационная влажность, что улучшает теплозащиту. Керамзит используется в качестве тепло- и звукоизолирующих засыпок сборных оснований полов (КНАУФ) | <p><u>Многослойные ограждающие конструкции с полимерной тепло-изоляцией</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Недостаточная долговечность, деструкция полимеров – выделение продуктов распада (пониженная экологичность) ■ Низкая огнестойкость – быстрое возгорание с выделением большого количества токсичных газов <p><u>Блоки из ячеистого бетона</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Пониженная прочность, большие потери при транспортировании и строительно-монтажных работах. |
| <p>Несущие конструкции Здания повышенной этажности и высотные (до 23–60 этажей)</p> <p>Каркасное, сборно-монолитное, монолитное домостроение и крупнопанельное строительство (5–14 этажей)</p> | <p>Прочный и высокопрочный керамзит: R_т 4,5 – 5,5 МПа; 6 – 7 МПа (для мелких фракций менее 10 мм – до 12 МПа).</p> <p>Элементы каркаса из керамзитобетона класса В35–В40–В60 в том числе колонны, ригели, опалубка, перекрытия и др., фундаментные блоки, сваи из высокопрочного керамзитобетона</p> | <p>Масса конструкций из керамзитобетона снижается на 30% и более</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Затраты на фундаменты уменьшаются более чем на 30% ■ Снижаются транспортные и монтажные затраты ■ Уменьшается расход стали до 18–20% ■ Повышается огнестойкость конструкций и время их «живучести» в условиях пожара ■ Пониженные теплотери зданий сохраняются на весь период эксплуатации за счет стабильности свойств и долговечности керамзитобетона ■ Повышается морозостойкость и трещиностойкость ■ Повышается сейсмическая стойкость ■ Расход металла в сваях снижается на 40% | <p><u>Прочный тяжелый бетон на гранитном природном щебне</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Повышенная теплопроводность – снижение теплозащиты здания из-за мостиков холода ■ Высокая масса конструкций, что требует повышенной материалоемкости фундаментов, значительно удорожает строительство, ограничивает рост этажности ■ Повышенные транспортные и монтажные расходы ■ Дефицит качественного природного щебня в большинстве регионов страны; дальние перевозки; высокая стоимость |
| <p>Малоэтажное строительство Ограждающие, несущие и самонесущие конструкции</p> <p>– строительство коттеджей до 4 этажей; – строительство 2–3-х этажных сельских домов (индивидуальные и типовые проекты для села, например для молодых специалистов; для военных)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Керамзитобетонные блоки: – вибропрессованные, – из крупнопористого бетона ■ Монолитный керамзитобетон, крупнопористый керамзитобетон (плотность керамзитобетона до 600 кг/м³, что обеспечивает высокую теплозащиту); заливка керамзитобетона в несъемную или съемную опалубку ■ Керамзитобетонные панели | <ul style="list-style-type: none"> ■ Обеспечивает возможность использования самой совершенной технологии быстрого возведения, типа «PREFAB» – из элементов повышенной заводской готовности ■ Обеспечивает несущие и ограждающие конструкции при малоэтажном строительстве; тепло-и звукоизолирующие засыпки для подвалов, чердаков, для устройства «европолов» ■ Быстрота возведения; возможность использования элементов повышенной заводской готовности и типовых проектов ■ Высокая экологичность и пожаробезопасность ■ Крупнопористый керамзитобетон дает возможность экономии цемента (тратится только на обмазку зерен керамзита без заполнения межзерновых пустот (порядка 70–100 кг/м³)) | <p><u>Блоки из ячеистого бетона</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Пониженная прочность, большие потери при транспортировании и строительно-монтажных работах <p><u>Деревянные конструкции</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Пожароопасность ■ Отсутствие строительного леса в большинстве регионов страны ■ Высокая стоимость |
| <p>Тепло- и звукоизолирующие засыпки Для подвалов, чердаков, межэтажных перекрытий, для устройства основы наливных полов, «европолы»</p> | <p>Легкий и особо легкий керамзит (плотность 350–400, 250–300 кг/м³). Мелкофракционный керамзит фр. 1,5–5 мм для наливных полов</p> | <ul style="list-style-type: none"> ■ Экологичность (отсутствуют вредные выделения в процессе эксплуатации и при пожаре) ■ Биостойкость (неподвержены гниению, плесени, грибка) ■ Огнестойкость и пожаробезопасность (не возгорается и не поддерживает горение) ■ Долговечность | <p><u>Полимерная теплоизоляция</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Подвержена деструкции (от действия света, влаги, кислорода воздуха, смены температур) с выделением вредных веществ, опасных для человека ■ Имеет повышенную пожароопасность (легко возгорается и быстро сгорает с выделением токсичных газов) <p><u>Деревянные изделия</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Подвержены гниению ■ Пожароопасны |

альтернативными материалами в современном домостроении.

Более чем полувековой опыт эксплуатации зданий из керамзитобетона в нашей стране (в США и Канаде он превышает 70–75 лет) подтвердил их долговечность, экологическую безопасность. Повышенная эксплуатационная надежность обусловлена сохранением исходных теплозащитных свойств керамзитобетона на всем протяжении эксплуатации зданий.

В настоящее время в стране работает порядка 160 предприятий, выпускающих керамзит, изготавливающих керамзитобетонные изделия. Для того чтобы поднять производство до современного уровня, они нуждаются в государственной поддержке, модернизации оборудования, автоматизации производства и постоянному научно-техническому сопровождению. НИИКерамзит совместно с ООО «Строммашкомплект» (Самара) готово оказывать содействие по реконструкции керамзитовых заводов, при строительстве новых предприятий, разрабатывая и поставляя современное оборудование.

НИИКерамзит, используя и развивая многолетний опыт, проводит научно-исследовательские, опытно-промышленные и организационные работы и осуществляет пропаганду передового опыта. Создан «Союз производителей керамзита и керамзитобетона». Ежегодно на базе НИИКерамзит проводятся совещания участников Союза, представителей заводов и организаций. Освещается опыт передовых предприятий, которые, несмотря на трудности, успешно работают и выпускают качественный керамзитовый гравий.

Среди таких предприятий следует отметить Новочебоксарский индустриально-строительный комбинат. Для этого предприятия НИИКерамзит выполнил исследования, опытные испытания и разработал Рекомендации по получению легкого керамзитового гравия с плотностью 300–350 кг/м³ и высокопрочного керамзита с прочностью более 6 МПа. Предприятие имеет собственное строительное подразделение и выполняет большой объем работ по строительству жилья и гражданских объектов не только в Республике Чувашия, но и в других регионах, в частности в Нижнем Новгороде, также в Москве, широко используя керамзит и керамзитобетон (рис. 1, 2).

Рязанский керамзитовый завод осуществил модернизацию оборудования и выпускает в больших объемах легкий керамзитовый гравий с плотностью 300–400 кг/м³, который пользуется большим спросом.

Один из самых крупных керамзитовых заводов в Самарской области ОАО «Керамзит» располагает отличной сырьевой базой и обладает большими возможностями по выпуску керамзита с насыпной плотностью от 250 до 500 кг/м³.

Завод керамзитового гравия в г. Октябрьске (Самарская обл.) выпускает мелкий керамзитовый песок для нужд фильтрации и водоочистки, который находит широкое применение на предприятиях во многих регионах. В Самарской области возведены коттеджи различных типов с использованием керамзитовых блоков, плиток, выпускаемых на Октябрьском заводе, с применением способа монолитной заливки керамзитового гравия этого предприятия (рис. 4).

Интересным является опыт Краснодарского ЗАО «ОБД» – современного мощного предприятия объемно-блочного домостроения. Комбинат осуществляет строительство из укрупненных блоков – секций высокой заводской готовности, которые монтируются на заводской площадке. Предприятие использует керамзитовый гравий высокой прочности фракции 5–10 мм. Объемно-блочное домостроение обеспечивает высокие темпы монтажа жилых домов. Монтаж одной блок-секции 16-этажного жилого дома площадью 4200 м² в среднем

составляет 3 мес, а строительства дома «под ключ» – 8–12 мес (рис. 5). В 2007 г. специализированная организация (Москва) провела натурные экспериментальные исследования, которые показали, что 16-этажное здание объемно-блочной конструкции является сейсмостойким при воздействии на него максимальных расчетных землетрясений силой 9 баллов для города Краснодара.

За период своей деятельности предприятие ЗАО «ОБД» построило сотни домов в Краснодаре и Краснодарском крае. Квартиры домов из объемных блок-секций имеют гибкую планировку по желанию заказчика. Обычно на одном этаже располагается от 4 до 8 одно-, двух- и трехкомнатных квартир. Заводское производство изделий обеспечивает гарантированно высокое качество и большую скорость возведения домов. Важное значение имеют также доступные цены для широких слоев населения и высокий уровень комфортности.

Зарубежный участник «Союза производителей керамзита и керамзитобетона» Новолукомльский завод (Белоруссия) также успешно работает по выпуску качественного керамзита, который пользуется повышенным спросом не только в Белоруссии, но и за рубежом.

Разработки, выполненные ЗАО «НИИКерамзит» в последние годы, открывают более широкие перспективы развития производства искусственных заполнителей и эффективного использования технологических линий керамзитовых предприятий:

- расширение сырьевой базы за счет природного и технологического сырья, что позволит обеспечить производство эффективных заполнителей практически в подавляющем большинстве регионов России;

- технология и технологические линии для получения пористых заполнителей низкотемпературного обжига;

- технология получения мелкофракционного гравия и песка (5–8 мм; 3–5 мм);

- технология высокопрочного керамзита для несущих конструкций и плотного заполнителя для дорожного строительства;

- технология производства специальных заполнителей для использования при добычи нефти;

- технология утилизации крупнотоннажных отходов ряда производств с выпуском полезной продукции.

Отечественные материалы – керамзит и строительные изделия на его основе являются серьезным фактором для успешного решения жилищной программы в нашей стране.

Список литературы

- 1 Информация о работе промышленности пористых заполнителей в СССР за 1986–1990 гг. Самара, НИИКерамзит 1992.
- 2 *Чентмиров М.Г.* Проблемы легкогобетонного строительства. Всесоюзный семинар «Эффективные конструкции из легких бетонов». Москва, 1980. С. 2.
- 3 *Звездов А.И., Фаликман В.Р.* Высокопрочные легкие бетоны в строительстве и архитектуре // Жилищное строительство. № 7. 2008. С. 2–7.
- 4 *Корнев Н.А.* Несущие конструкции из бетонов на пористых заполнителях. Всесоюзный семинар «Эффективные конструкции из легких бетонов». Москва, 1980. С. 16.
- 5 *Петров В.П., Кабанова М.К.* Производство керамзитового гравия для конструктивных бетонов. Сб. материалов Всесоюзного семинара работников керамзитовой промышленности. Министерство промышленности строительных материалов, НИИ Керамзит. Куйбышев, 1978. С. 79.

М.Н. ВАУЧСКИЙ, д-р техн. наук,
А.Н. ИВАНОВ, адъюнкт (aleksandr_hhhhh@mail.ru),
Военный инженерно-технический университет (Санкт-Петербург)

Выбор компонентов самоуплотняющихся бетонных смесей для высокопрочных бетонов

Самоуплотняющиеся бетонные смеси (международное наименование SCC – Self compacting concrete), которые в России являются перспективной новинкой, в мировой строительной практике используются уже 20 лет. Впервые были представлены научной общественности в 1989 г. профессором Токийского университета Хаджими Окамура (Hajime Okamura) [1]. В 2003 г. в Японии более 50% всего уложенного бетона было получено из самоуплотняющихся бетонных смесей. Первые упоминания о применении в России самоуплотняющихся бетонных смесей в промышленных объемах относятся к 2006 г. [2]. Тогда в фундаментную плиту башни «А» комплекса высотных зданий «Федерация» было уложено 14,2 тыс. м³ самоуплотняющихся бетонных смесей. Прочность бетона соответствовала классу В50. Позже, в 2008 г., стало известно об укладке в конструкции аутриггерного этажа этой же башни 3 тыс. м³ самоуплотняющихся бетонных смесей [3]. В этом случае прочность бетона соответствовала классу В90.

Главным отличием самоуплотняющихся бетонных смесей от высокоподвижных (литых) является возможность их укладки вообще без принудительного уплотнения (рис. 1). Смесь растекается по конструкции и равномерно уплотняется под действием силы тяжести. Это позволяет, с одной стороны, значительно упростить и удешевить технологию работ, а с другой – добиться равномерного уплотнения смеси по всему объему конструкции, которое недостижимо при уплотнении с помощью вибрации.

Требования к выбору компонентов самоуплотняющихся бетонных смесей и к подбору их состава коренным образом отличаются от традиционных, применяемых как для обычных, так и для высокопрочных бетонов. Основными из них являются повышенный расход мелкодисперсных компонентов (600–660 кг/м³), использование цемента марки не менее М500, пониженный расход щебня (40–50% общей массы заполнителей), обязательное наличие в составе наполнителей, представляющих собой тонкодисперсную известняковую муку и микрокремнезем, либо молотый песок, а также очень высокая дозировка сильного суперпластификатора. Изначально самоуплотняющаяся смесь была получена профессором Хаджими Окамура с использованием суперпластификатора на поликарбоксилатной основе. Позже Каприелов С.С. (НИИЖБ) получил самоуплотняющиеся смеси на основе модификаторов МБ-01 и МБ-С, в состав которых входит суперпластификатор С-3 на нафталин-формальдегидной основе. В первом случае дозировка поликарбоксилатов превышала обычную (0,2%) почти на порядок, а во втором случае расход С-3 был в три раза выше, чем принятый для обычного бетона (0,7%).

Поскольку стоимость самоуплотняющихся бетонных смесей достаточно высока, логичным и экономически оправданным будет их применение для получения высокопрочных бетонов. При этом, даже учитывая тот факт, что высокая стоимость бетона компенсируется удешевлением технологии укладки смеси, целесообразно использовать любую возможность для уменьшения цены конечного продукта. Это позволит не только уменьшить затраты на строительство, но и существенно расширить область применения самоуплотняющихся бетонных смесей. Если проанализировать затраты на приобретение и доставку компонентов смеси, приняв класс бетона по прочности за константу, на первое место выдвинется пластифицирующая добавка, а на второе – активная часть наполнителя (микрокремнезем, метакаолин и т. п.). В некоторых случаях к удорожанию смеси может приводить привозной щебень (идеал – кубовидный щебень марки не менее 1400, который имеется далеко не везде), а иногда обогащение местного песка до $M_{кр}$ 2,5–2,8. Таким образом, выясняется, что область воздействия на стоимость смеси достаточно широка и охватывает большую часть компонентов.

Перед тем как рассматривать достоинства и недостатки отдельных компонентов и методы воздействия на свойства самоуплотняющейся смеси и высокопрочного бетона, определимся с границами исследования. К высокопрочным относятся бетоны класса В50 и выше. В каче-



Распływ конуса самоуплотняющейся бетонной смеси

Таблица 1

| Группа самоуплотняющихся смесей | Распływ конуса, см |
|---------------------------------|--------------------|
| SF1 | 55–65 |
| SF2 | 66–75 |
| SF3 | 76–85 |

Таблица 2

| Материалы, кг/м ³ | | | | | | | | | | | | Характеристики | | | |
|------------------------------|------------------|-----------------|------------------|----------------------|----------------------|-------------|----------------|---------------|---------------------|--------------|------------------|----------------|--------------------|----------------------------------------------|--------------|
| Щебень | | | | Песок | | Цемент М500 | Микрокремнезем | Добавка | | | Наполнитель МП-1 | В/Ц | Расплав конуса, см | Прочность при сжатии (28 сут твердения), МПа | Класс бетона |
| Гранит | | Габбро-диабаз | | | | | | С-3, СП-1/ЛСТ | Sika ViskoCreat-120 | Наноприсадка | | | | | |
| Фракция 5-10 мм | Фракция 10-20 мм | Фракция 5-10 мм | Фракция 10-20 мм | M _{кр} =2,8 | M _{кр} =2,2 | | | | | | | | | | |
| 260 | 580 | - | - | 894 | - | 519 | 93 | 10 | - | 0,4 | - | 0,32 | 75 | 87 | B65 |
| 256 | 572 | - | - | 882 | - | 512 | 102 | - | 7,2 | - | - | 0,32 | 75 | 87 | B65 |
| - | - | 553 | 332 | 861 | - | 487 | 97 | 12/0,5 | - | 0,4 | - | 0,39 | 64 | 93 | B70 |
| - | - | 408 | 328 | 952 | - | 543 | 92 | 13,6 | - | 0,4 | 10 | 0,36 | 65 | 91 | B65 |
| - | - | 456 | 329 | 671 | - | 550 | 82,5 | 13,8/0,6 | - | 0,4 | 250 | 0,36 | 69 | 95 | B70 |
| - | - | 473 | 326 | 671 | - | 542 | 82 | 13,6/0,6 | 0,014 | - | 271 | 0,36 | 68 | 81 | B60 |
| - | - | 558 | 344 | - | 879 | 511 | 77 | 13/0,5 | 0,013 | - | 5 | 0,33 | 80 | 99 | B75 |

стве верхней границы примем В75 при стандартном коэффициенте вариации 13,5% (средняя прочность в возрасте 28 суток 100 МПа). При коэффициенте вариации 10%, принятом в регламенте для высотных зданий комплекса «Федерация», это будет соответствовать классу В90.

В российских нормах пока нет градации самоуплотняющихся бетонных смесей. В европейской нормативной литературе [4] представлены три класса самоуплотняющихся бетонных смесей по удобоукладываемости, требования к которым приведены в табл. 1. Останемся на смесях класса SF2, которые, с одной стороны, имеют вполне достаточную для решения большинства практических задач удобоукладываемость, а с другой — значительно менее чем SF3 подвержены расслаиванию при небольшой ошибке в дозировании компонентов.

Импортные суперпластификаторы на поликарбоксилатной основе, обладающие водоредуцирующим эффектом (30% и более), стоят в несколько раз дороже российских аналогов, имеющих водоредуцирующий эффект около 20%. Поскольку простое увеличение расхода пластификатора не решает проблему, напрашивается предложение усилить действие отечественных суперпластификаторов. Наиболее простым, но не слишком эффективным решением, применяющимся в настоящее время многими изготовителями добавок, является комбинация сильного и слабого пластификаторов, которая благодаря синергетическому эффекту усиливает их совместное действие. В частности, к суперпластификатору на нафталинформальдегидной основе добавляются лигносульфонаты. Механизм, рекомендуемые дозировки и побочные эффекты различных комбинаций этих добавок, характерные для обычного бетона, подробно описаны Ю.М.Баженовым [5]. Однако для самоуплотняющихся бетонных смесей нужен значительно больший расход суперпластификатора. Исследования показали, что в этом случае расход лигносульфонатов не должен превышать 0,1% от массы цемента. В случае превышения этого предела резко увеличиваются водоотделение и воздухововлечение, усиливается замедляющий эффект.

Ранее был описан второй способ усиления пластифицирующего и водоредуцирующего эффектов отечественных суперпластификаторов присадкой микродозы

(3% присадки от массы сухого остатка нафталинформальдегидного суперпластификатора) аддукта углеродных нанокластеров, разработанных НТЦ прикладных нанотехнологий [6].

Третьим, наиболее простым и дешевым способом усиления суперпластификаторов на нафталинформальдегидной основе, является введение в их состав сверхмалой дозы поликарбоксилатов. Попытки как-то совместить эти две добавки, имеющие различный механизм действия, предпринимались ранее, но, как правило, заканчивались неудачей.

Присадка поликарбоксилатов в количестве 0,001 от массы сухого остатка нафталинформальдегидного суперпластификатора позволяет весьма существенно (примерно на 20%) усилить его действие. Механизм этого явления пока неясен, но целесообразность его использования очевидна, так как удорожание является ничтожным.

Наполнители условно можно разделить на инертные и активные. Введение в состав самоуплотняющихся бетонных смесей инертных наполнителей, например каменной муки, преследует несколько целей. В первую очередь это улучшение реологических свойств; учитывая, что речь идет о высокопрочных бетонах, экономия цемента не рассматривается. Второочередной целью является уплотнение структуры бетона. Не менее важным считается сокращение индукционного периода за счет изначального присутствия в растворе большого количества искусственных зародышей. С.С. Каприелов вводил в самоуплотняющиеся бетонные смеси 50 кг/м³ тонкомолотого известняка [3].

Эксперименты (табл. 2) показали, что с почти равным успехом можно как вообще отказаться от введения минерального порошка в самоуплотняющуюся бетонную смесь, заменив его пылеватыми частицами песка, либо снизить его содержание до 5 кг/м³, так и, наоборот, многократно увеличить его содержание (до 271 кг/м³), заменив им часть песка. В последнем случае лучше использовать минеральный порошок нескольких фракций.

В качестве активных наполнителей, по сути являющихся частью вяжущего, традиционно используются аморфный микрокремнезем и зола уноса. Считается, что для самоуплотняющихся бетонных смесей аморфный

Таблица 3

| Организация-поставщик | Горная порода | № партии | Фракция, мм | Потери при дроблении, % | Марка |
|----------------------------------------------|---------------|----------|-------------|-------------------------|-------|
| ООО «ТСМ-Неман» (Санкт-Петербург) | Гранит | 1 | 5–20 | 11,5 | 1400 |
| | Гранит | 2 | 5–10 | 12,2 | 1200 |
| | Габбро-диабаз | 3 | 5–20 | 3 | >1400 |
| ООО «ТНК» (Санкт-Петербург) | Гранит | 1 | 5–20 | 13,9 | 1200 |
| | Гранит | 2 | 5–20 | 12,9 | 1200 |
| Новгородская обл. (пос. Панковка) | Гранит | 1 | 10–20 | 12,3 | 1200 |
| | Гранит | 2 | 10–20 | 11,7 | 1400 |
| | Гранит | 3 | 10–20 | 12,5 | 1200 |
| ООО «УИМП-Гранит» (Мест. Лесное, Карелия) | Габбро-диабаз | 1 | 5–20 | 5 | >1400 |
| | Габбро-диабаз | 2 | 5–20 | 6 | >1400 |

микрокремнезем предпочтительнее, так как он имеет меньшее водопотребление. Однако микрокремнезем химически преобразует только силикатную часть цементного камня, а у него есть еще и алюминатная составляющая. Трехкальциевые алюминаты цементного клинкера при гидратации обеспечивают раннюю, но невысокую прочность. Высокопрочные соединения образуются при гидратации однокальциевых алюминатов. На Рошальском химическом заводе (г. Воскресенск) началось производство добавки ТНК, представляющей собой искусственный аналог микрокремнезема, но отличающейся от него присутствием 14–17% Al_2O_3 . Этой добавкой авторы заменили половину аморфного микрокремнезема, который вводили в самоуплотняющуюся бетонную смесь. В результате для получения смеси равной подвижности (распływ конуса 70 см) В/Ц пришлось увеличить на 0,04, что должно было привести к снижению прочности. Тем не менее прочность в возрасте 28 сут не только не снизилась, но даже увеличилась на 6 МПа.

В качестве крупного заполнителя самоуплотняющихся бетонных смесей для высокопрочных бетонов обычно используется гранитный щебень марки не менее 1400. В Северо-Западном регионе такого щебня очень мало. В табл. 3 представлены данные фактической прочности наиболее качественного щебня, представленного в Северо-Западном регионе. Только две пробы соответствовали марке 1400, да и то на уровне нижнего предела. На таком щебне можно приготовить бетон класса не выше В65. Для приготовления более прочных бетонов используется габбро-диабазовый щебень месторождения Лесное (Карелия). Габбро-диабазовый щебень значительно прочнее гранитного, но в большинстве случаев имеет остроугольную клиновидную форму. Это негативно сказывается на подвижности смеси и приводит к дополнительному увеличению В/Ц.

Считается, что самоуплотняющиеся бетонные смеси необходимо приготавливать на крупном песке. Иногда в их состав дополнительно вводятся гравий фракции 3–8 мм. Эксперименты показали, что снижение $M_{кр}$ песка с 2,8 до 2,2 позволяет снизить В/Ц в равноподвижных самоуплотняющихся бетонных смесях примерно на 0,03.

В качестве резюме констатируем, что на сегодняшний день возможность приготовления самоуплотняющихся бетонных смесей для высокопрочных бетонов класса до

В75 включительно без использования дорогостоящих импортных гиперпластификаторов либо при снижении их расхода на несколько порядков стала реальностью.

Список литературы

1. Okamura H., Ouchi M. Self-Compacting Concrete. Journal of Advanced Concrete Technology. 2003. Vol. 1. №1. P. 5–15.
2. Каприелов С.С., Травуш В.И., Карпенко Н.И., Шейнфельд А.В. и др. Модифицированные бетоны нового поколения в сооружениях ММДЦ «Москва-Сити». Ч. 1 // Строит. материалы. 2006. № 10. С. 13–17.
3. Каприелов С.С., Травуш В.И., Карпенко Н.И., Шейнфельд А.В. и др. Модифицированные бетоны нового поколения в сооружениях ММДЦ «Москва-Сити». Ч. 2 // Строит. материалы. 2008. № 3. С. 9–13.
4. EG SCC European Guidelines for Self Compacting Concrete. Specification, Production and Use, 2005. 68 p.
5. Баженов Ю.М., Демьянова В.С., Калашников В.И. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: Издательство АБС, 2006, 368 с.
6. Ваучский М.Н., Иванов А.Н. Наномир: высокие технологии XXI века // Строительная газета. 2009. № 1 (10012). С. 12.

ЭЛЕКТРОННАЯ ПОДПИСКА




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



Материалы для дорожного строительства

научно-практическая конференция

8 декабря 2009 г.

Москва

Тематика конференции:

- Материалы для устройства оснований (песок, щебень и др.)
- Специальные бетоны для строительства дорог
- Геотекстиль, георешетки
- Асфальтобетоны (битум, наполнители, добавки, модификаторы)
- Материалы для обустройства, эксплуатации и ремонта
- Оборудование для производства материалов для дорожного строительства, ведения дорожно-строительных работ и эксплуатации дорог
- Наука практике дорожного строительства

К проведению конференции готовится тематический номер журнала «Строительные материалы»[®] №11–2009, в котором будут опубликованы пленарные доклады. Предоставление текстов докладов и иллюстраций до 01.11.09 г.

Место проведения конференции: Москва, Дмитровское шоссе, 27, корп.1, конференц-зал гостиницы «Молодежная»

Для участия в конференции необходимо заполнить договор-заявку

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ[®]**

Организатор конференции:
журнал «Строительные материалы»[®]

Научный руководитель проекта – канд. техн. наук Козина Виктория Леонидовна,
Менеджер проекта – Юмашева Тамара Алексеевна
Телефон/факс: (495) 976-22-08, 976-20-36, телефон: (926) 833-48-13
E-mail: mail@rifsm.ru, http://www.rifsm.ru
Адрес для корреспонденции: 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3

УДК 691.168

А.В. КОРОЧКИН, канд. техн. наук, главный инженер,
филиал «Автодорпроект» ГУП МО «Московский областной дорожный центр»

Расчетные параметры асфальтобетонных слоев на жестком цементно-бетонном основании

Жесткое цементно-бетонное несущее основание с асфальтобетонным покрытием представляет собой конструкцию, расчет и проектирование которой производится согласно «Методическим рекомендациям по проектированию жестких дорожных одежд». Данная конструкция используется преимущественно на автомобильных магистралях, имеющих высокую интенсивность движения автомобилей, и предъявляющих повышенные требования к прочности и долговечности конструкции дорожной одежды.

Изначально на автомобильных магистралях была построена жесткая цементно-бетонная дорожная одежда. Далее во время эксплуатации дороги существующую цементно-бетонную дорожную одежду перекры-

вали слоями асфальтобетона. Устройство асфальтобетонных слоев поверх жесткой плиты производили в целях улучшения эксплуатационных свойств дороги, в частности для улучшения ровности и сцепления. Однако ранее уложенные слои асфальтобетона при этом не снимали, что приводило к постоянному и неконтролируемому увеличению толщины асфальтобетонных слоев. К настоящему времени встречаются конструкции дорожной одежды, в которых толщина асфальтобетонных слоев, уложенных на существующее цементно-бетонное покрытие, достигает 40–50 см. В таких условиях комбинированная конструкция работает нерационально, что приводит к преждевременному ее износу и разрушению.



Рис. 1. Изменение толщины асфальтобетонных слоев

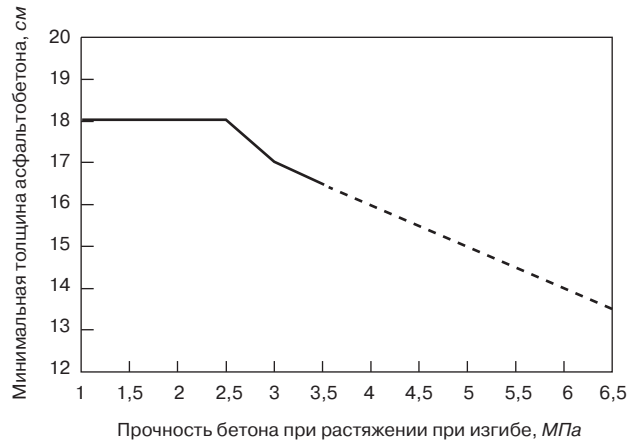


Рис. 2. Минимальная толщина асфальтобетона в зависимости от прочности бетона при растяжении при изгибе

Одной из автомобильных дорог, имеющих такую комбинированную дорожную одежду, является Московское малое кольцо (ММК). На его участке в рамках разработки инженерного проекта на строительство и реконструкцию Центральной кольцевой автомобильной дороги (ЦКАД) в 2009 г. было проведено комплексное исследование дорожной одежды. Рассматривали участок автодороги от Можайского (А-100) до Ленинградского (М-10) шоссе общим протяжением 90 км. Особенность ММК в том, что оно является одной из первых в нашей стране построенных дорог с цементно-бетонным покрытием.

Цель проводимых исследований – определение параметров, условий работы, состояния и дальнейшей работоспособности асфальтобетонных слоев, уложенных на жесткое цементно-бетонное покрытие (основание). Необходимо выявить корреляцию фактических значений с расчетными величинами. Также в статье приводится сравнение параметров и состояния асфальтобетонного покрытия на ММК с аналогичными конструкциями, примененными на магистралях М-4 «Дон» и М-9 «Балтия». На основании результатов исследования в настоящее время разрабатываются методы и алгоритмы расчета толщины асфальтобетонных слоев, уложенных на жесткое цементно-бетонное основание.

При проведении обследования выполняли весь комплекс инженерно-геологических изысканий. Для выяснения параметров, работы и состояния конструкции были произведены полевые, лабораторные и камеральные работы. В процессе буровых работ отбирали образцы нарушенной и ненарушенной структуры, монолиты. Далее были проведены физико-механические

испытания всех дорожно-строительных материалов, составляющих конструкцию.

По результатам инженерно-геологических изысканий было установлено, что толщина асфальтобетонных слоев конструкции находится в пределах 12–44,5 см. Результаты статистической обработки измерений толщины асфальтобетона на рассматриваемом участке ММК приведены на рис. 1.

Средняя толщина асфальтобетона составляет 23,95 см. Коэффициент вариации толщины асфальтобетона 31,46%. Разброс значений толщины асфальтобетона, обуславливающих коэффициент вариации, на комбинированных дорожных одеждах традиционно велик. Следует отметить, что преобладает конструкция толщиной 20–25 см. Данное значение практически совпадает с результатами исследования на автомобильной магистрали М-9 «Балтия», на которой средняя толщина слоев асфальта составляет 24,27 см. Однако на автодороге М-2 «Крым» средняя толщина асфальтобетонных слоев, уложенных поверх цементобетона, составляет 15,66 см. При этом коэффициент вариации превышает 50% ($K_{\text{вар}}=53,4\%$). На это влияет большое количество факторов, таких как разные этапы строительства, условия эксплуатации и содержания, а также дорожно-климатические зоны.

Согласно «Методическим рекомендациям по проектированию жестких дорожных одежд» толщина асфальтобетонных слоев на цементно-бетонном основании регламентируется (табл. 2.3). Однако максимальная прочность бетона при растяжении при изгибе в указанной таблице 3,5 МПа (рис. 2). При данной прочности минимальная толщина асфальтобетонных слоев должна

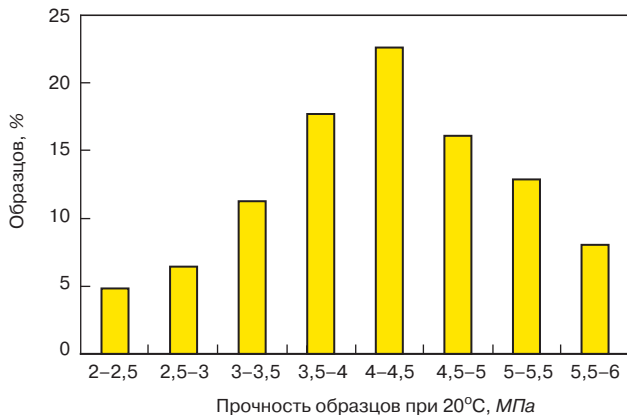


Рис. 3. Распределение прочности асфальтобетона при 20°C

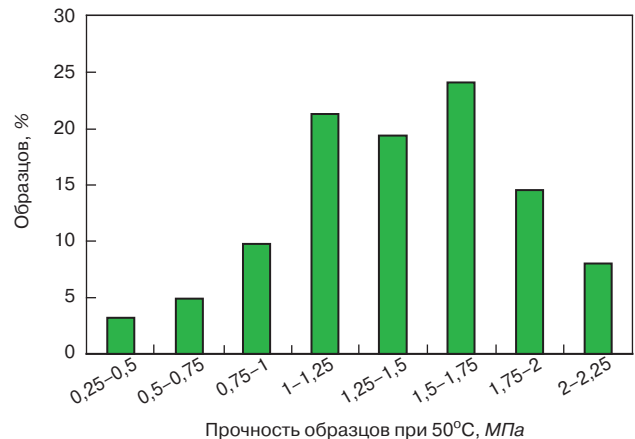


Рис. 4. Распределение прочности асфальтобетона при 50°C

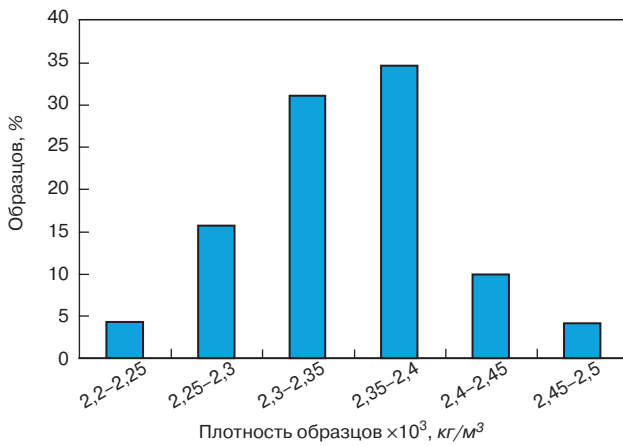


Рис. 5. Распределение плотности асфальтобетона

быть не менее 16,5 см (для нагрузки более 2000 авт/сут). Проведенные автором исследования показали, что величина прочности бетона при растяжении при изгибе на ММК составляет в среднем 6,12 МПа. Следуя экстраполяции, при существующей прочности цементно-бетонного основания толщину асфальтобетонных слоев можно уменьшить до 13–14 см. Были проведены подробные исследования параметров и физико-механических свойств асфальтобетонных слоев конструкции.

Результаты лабораторных исследований прочности асфальтобетона при 20°C представлены на рис. 3. Средняя прочность при сжатии по всему участку дороги составила $E_{cp}=4,19$ МПа. Преобладает конструкция с прочностью асфальтового покрытия 4–4,5 МПа. Коэффициент вариации прочности при сжатии при 20°C составил 21,9%, что связано с различным состоянием покрытия.

Согласно табл. 4 в ГОСТ 9128–97 «Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон», предел прочности при сжатии при 20°C для асфальтобетона должен быть не менее 2,5 МПа. Следовательно, расположенные в конструкции дорожной одежды на рассматриваемом участке ММК слои асфальтобетона практически с двукратным запасом обеспечивают требуемую стандартами прочность.

Обращает на себя внимание большой разброс значений прочности – 2–6 МПа, что подтверждено высоким коэффициентом вариации. Однако средняя прочность асфальтобетона при сжатии на рассматриваемой автодороге совпадает со значением, полученным на автомобильной магистрали М-9 «Балтия» ($E_{cp}=4,23$ МПа). Но оба эти значения существенно превышают аналогичные значения на М-2 «Крым» – $E_{cp}=3,13$ МПа. Во многом это связано с качеством строительства и влиянием дорожно-климатических зон (автомобильная магистраль М-2 «Крым» большей частью расположена в III и IV дорожно-климатических зонах).

Результаты лабораторных исследований прочности асфальтобетона при 50°C представлены на рис. 4. Средняя прочность при сжатии по всему участку дороги при данной температуре составила $E_{cp}=1,41$ МПа. Преобладает конструкция с прочностью покрытия 1,5–1,75 МПа. Коэффициент вариации прочности при сжатии составил 30,8%, что также связано с различным состоянием покрытия.

Согласно табл. 4 в ГОСТ 9128–97 предел прочности при сжатии при 50°C для асфальтобетона должен быть не менее 1,1–1,2 МПа. Таким образом, и по данному критерию расположенные в конструкции дорожной одежды слои асфальтобетона обеспечивают требования стандарта.

При расчете конструкции дорожной одежды по различным критериям необходимо принимать во



Рис. 6. Керны (монолиты) асфальтобетонных образцов

внимание структуру материала. В связи с этим были определены значения плотности асфальтобетонных образцов.

Средняя плотность образцов составила 2350 кг/м³. Коэффициент вариации плотности 2,5%. Преобладающая плотность асфальтобетонных образцов составляет 2300–2400 кг/м³ (рис. 5).

Образцы испытываемых кернов приведены на рис. 6. На фотографии видно, что слои асфальтобетона сохранили сцепление при проведении инженерно-геологических работ. Однако граница слоев определяема.

При определении физико-механических свойств асфальтобетонных слоев, входящих в конструкцию дорожной одежды, был выявлен ряд закономерностей. Так, во время анализа материалов было замечено, что прочность испытываемых образцов зависит от толщины асфальтобетонных слоев, составляющих конструкцию. При этом чем больше толщина асфальтобетонных слоев, тем меньше прочность образцов. В связи с этим появляется возможность корректировки расчетов, предлагаемых в действующих стандартах.

По результатам изучения цементно-бетонного основания жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием можно сделать вывод, что при значительных толщинах асфальтобетона работа конструкции становится малоэффективной. Это приводит к преждевременному разрушению дорожной одежды. При правильно проведенных проектных расчетах возможный срок службы цементобетона с асфальтобетонными слоями может составлять более 40 лет. При этом наличие на жестком основании асфальтобетонных слоев значительно повышает транспортно-эксплуатационные показатели автомобильной дороги.

Список литературы

1. Котлярский Э.В., Ваулин Э.М. Работоспособность асфальтобетона при тепловом старении и попеременном замораживании и оттаивании // Транспортное строительство. 2008. № 9. С. 13–17.
2. Корочкин А.В. Особенности работы жесткой дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием // Строит. материалы. 2009. № 2. С. 64–66.
3. Амиров А.Т., Лейтланд И.В. Оценка степени повреждения монолитных слоев дорожной одежды транспортными нагрузками // Транспортное строительство. 2009. № 4. С. 29–30.
4. Шейнин А.М., Эккель С.В. Оценка качества монолитного бетона в дорожном и аэродромном строительстве при испытании кернов // Строит. материалы. 2009. № 5. С. 17–20.

Система Lindab Rainline™ — высочайший класс и безупречное качество

Отводить от своих жилищ дождевую и талую воду начали еще древние греки, используя для этого специальные карнизы. В разные эпохи водостоки сооружали из дерева, обожженной глины, мрамора, свинца, меди и др. Время расставило все по своим местам: качественная сталь с двухсторонним полимерным покрытием оказалась непревзойденным материалом для надежных водосточных систем. Она выигрывает по сравнению с пластиком, алюминием, медью и цинком по всем параметрам за счет исключительной прочности, долговечности, простого и быстрого монтажа, а также экологичности и эстетики.



Система Lindab Rainline™ шведской компании Lindab из стали с полимерным покрытием рассчитана на 50 лет эксплуатации. Она выдерживает высокие снеговые нагрузки, имеет эстетичный внешний вид и не выгорает на солнце.

Активное знакомство с качеством продукции компании Lindab в России началось в последнее десятилетие. До этого о том, чтобы смонтировать водосток за считанные часы без всякой подгонки деталей, заделки швов и стыков с помощью герметиков и клея, большинство домовладельцев и мечтать не могли. А то что система водоотвода может служить украшением и дополнять архитектурный ансамбль, многим даже не приходило в голову. Теперь, когда шведская компания Lindab уже хорошо известна и в нашей стране, представления россиян о том, какими должны быть водосточные системы, кардинально изменилось.

Крупнейшие дилерские сети стройматериалов борются за право работать с продукцией Lindab, ведь водостоки Lindab Rainline™ отлично зарекомендовали себя во всех российских регионах независимо от климата. Эти системы подходят к любой кровле и фасаду, имеют большое количество цветовых решений и позволяют воплощать в жизнь даже самые прихотливые дизайнерские задумки. А полноценная комплектация, которой так не хватает многим другим производителям, максимально упрощает процесс строительства и эксплуатации. Различные приспособления и устройства, к которым компания ежегодно добавляет что-нибудь новенькое, созданы специально для того, чтобы облегчить жизнь потребителям.

Следует отметить, что стандарты качества Lindab везде одинаковы, в какую бы страну ни поставлялась продукция. Водостоки отлично выдерживают тропические ливни сезона дождей в Юго-Восточной Азии и лютые морозы и снегопады в Восточной Сибири.

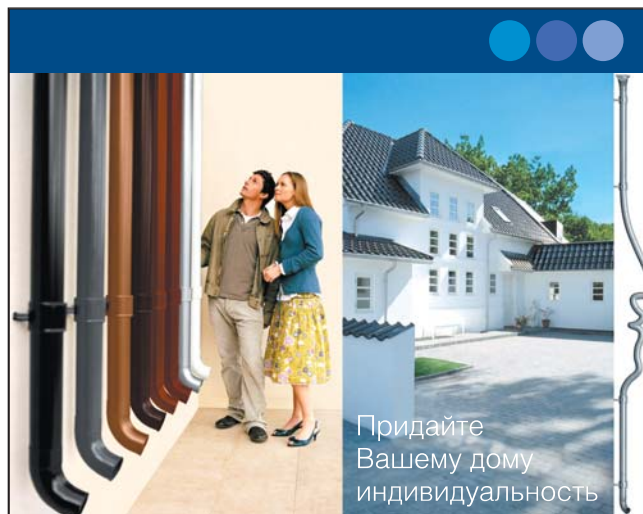
В дополнение к уже существующим десяти цветам покрытий водосточной системы (а есть еще и варианты без цветного покрытия!) компания Lindab разработала новый темно-коричневый цвет. Предполагается, что новинка будет пользоваться особым спросом в России и станет актуальной для всех региональных рынков. Появление нового оттенка даст потребителю еще больше возможностей при выборе водостока.

Расширяя выбор, компания Lindab не забывает работать над повышением качества своей продукции. Например, в прошлом году специалистами компании были максимально улучшены и без того удобные заглушка для желоба и самоочищающаяся воронка. Регулируемый

кронштейн для труб был дополнен новым размером и начал выпускаться во всех цветах, включая медный металл. Была пущена новая производственная линия по изготовлению крюков с длинным основанием.

Чтобы исключить возможность подделки, продукция шведской компании теперь выпускается с логотипом Lindab. Этот знак на элементах водосточной системы означает высочайший класс и безупречное качество.

По материалам компании Lindab



Lindab Rainline™

Водосточная система может оживить внешний вид Вашего дома. LINDAB Rainline характеризуется завершенностью конструкции, гибкостью и простотой при проведении монтажных работ. Выполненная из прочной оцинкованной стали с долговечным покрытием, она обеспечивает надежную защиту от воздействия внешней среды и коррозии, при этом всегда обладает приятным и элегантным внешним видом. Водосточная система LINDAB производится в 11 различных цветах, так что Вы сможете легко подобрать себе подходящий и придать Вашему дому привлекательный вид.



Представительство Lindab
123290, г. Москва,
ул. 2-я Магистральная, 14Г, стр. 1,
тел. (495) 937-22-78, факс 937-22-79
info@lindab.ru

А.А. СЛЮСАРЬ, В.А. ПОЛУЭКТОВА, кандидаты техн. наук, В.Д. МУХАЧЕВА, инженер, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Бетон на основе вяжущего низкой водопотребности и модификатора СБ-ФФ

Высокопрочные бетоны — материалы XXI века представляют большой интерес для проектировщиков и строителей. Одним из путей повышения качества бетонных изделий является применение эффективных органических и органоминеральных добавок — модификаторов поверхности раздела фаз в бетонных смесях. Новые перспективы получения высокопрочных бетонов открывает применение вяжущих низкой водопотребности (ВНВ), получаемых при совместном помолу портландцемента, минеральных добавок и модификаторов [1]. Современные представления о перспективах использования ВНВ для получения бетонов разрознены и не всегда однозначны [2]. С одной стороны, применение модификаторов и ВНВ приводит к получению высокооднородной структуры цементного камня с высокой плотностью вследствие низкого значения водоцементного отношения (В/Ц) [3], что дает возможность получать прочные и долговечные изделия. С другой — некоторые специалисты считают, что слишком тонкий помол цемента и низкое значение В/Ц негативно отражаются на долговечности бетона и его прочности [4]. Существование разных мнений об использовании тонкомолотых цементов (ТМЦ) и ВНВ в производстве высокопрочных бетонов требует дальнейших исследований в этой области.

Актуальной задачей также является поиск новых модификаторов для ВНВ и углубление представлений о механизме их действия.

Результаты ранее проведенной работы [5] показали возможность применения резорцинфурфурольных олигомеров (суперпластификатор СБ-5) в качестве модификаторов при получении ВНВ. Для бетонов на основе ВНВ наблюдался значительно больший прирост прочности, чем для бетонов на основе ТМЦ с близкой удельной поверхностью.

Образцы бетона на основе ВНВ с СБ-5 (водопотребность 0,33) и образцы на основе ТМЦ были оставлены на хранение и испытаны через 7 лет. Прочность образцов увеличилась как для бетонов с ВНВ, так и для бетонов с ТМЦ. Негативных последствий хранения не наблюдали.

В последние годы был синтезирован более эффективный модификатор на основе флороглюцинфурфурольных олигомеров СБ-ФФ. В настоящей работе исследована возможность применения СБ-ФФ в качестве модификатора при получении ВНВ и бетонов на их основе.

Исследования проводили на цементных суспензиях и бетонах на основе тонкомолотых цементов ТМЦ-30 и ТМЦ-50 и вяжущих низкой водопотребности ВНВ-30 и ВНВ-50 (цифры показывают содержание клинкерной части).

Вяжущее получали в лабораторной двухкамерной мельнице. Составы и свойства полученных цементов приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что СБ-ФФ кроме пластифицирующего оказывает также интенсифицирующее действие

при помолу, обусловленное расклинивающим эффектом. При времени помола 1,5 ч оптимальная доза СБ-ФФ составляет 0,35% массы цемента для ВНВ-30 и 0,4% для ВНВ-50, что обеспечивает получение удельной поверхности вяжущего 447 и 476 м²/кг с активностью 79,4 и 87,5 МПа соответственно.

При увеличении доли клинкерной составляющей, времени помола и концентрации СБ-ФФ возможно получение ВНВ с большей удельной поверхностью и активностью.

Характер реологического течения суспензий при введении оптимальных концентраций СБ-ФФ меняется от вязкопластического до ньютоновского. Радиус частиц уменьшается с 12–14 до 2–2,5 мкм. Происходит пептизация агрегатов; содержание свободной дисперсионной среды за счет высвобождения иммобилизованной воды увеличивается на 30–40%, в результате чего уменьшается пластическая вязкость суспензий.

Оптимальная доза СБ-ФФ при получении ВНВ несколько больше, чем при введении СБ-ФФ с водой затворения в ТМЦ для получения равноподвижных смесей. Различие в реологических свойствах ТМЦ и ВНВ с близкими значениями удельной поверхности во многом обусловлены тем, что при введении СБ-ФФ с водой затворения происходит конкурентная адсорбция молекул воды и пластификатора на поверхности частиц цемента. При совместном помолу СБ-ФФ с цементом на поверхности цементных частиц адсорбируются только молекулы суперпластификатора, что подтверждается данными по адсорбции СБ-ФФ из неводных сред.

Влияние СБ-ФФ на подвижность бетонных смесей на основе ТМЦ и ВНВ определяли на составе с расходом цемента 350 кг/м³. Начальная осадка конуса (ОК) составляла 4 см (табл. 2).

При увеличении концентрации СБ-ФФ подвижность бетонных смесей значительно увеличивается. В связи с тем, что подвижность бетонной смеси в основном определяется подвижностью цементного теста, характер изменения подвижности от концентрации СБ-ФФ сохраняется и для бетонной смеси. Оптимальная концентрация СБ-ФФ, при которой осадка конуса бетонной смеси достигает 20 см, несколько выше оптимальной концентрации, определенной по методу миниконуса и из реологических кривых соответствующих цементных смесей. Это связано с дополнительным упрочнением коагуляционной структуры при введении в бетонную смесь заполнителей.

При уменьшении доли клинкерной составляющей в ТМЦ и ВНВ оптимальная доза СБ-ФФ, необходимая для достижения литой бетонной смеси с осадкой конуса 20 см из исходной жесткой смеси, несколько уменьшается. Это связано с меньшей адсорбционной способностью шлака по сравнению с клинкерными минералами.

У бетона на основе ВНВ по сравнению с ТМЦ при одинаковой осадке конуса наблюдается более низкое значение водоцементного отношения. В бетонных сме-

Таблица 1

| Вид вяжущего | Концентрация СБ-ФФ, % | $S_{уд}$, м ² /кг | Нормальная густота, % | Активность, МПа (28 сут) |
|--------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------|
| ТМЦ-30 | – | 420 | 29,5 | 39,8 |
| ТМЦ-50 | – | 452 | 29,2 | 48,1 |
| ВНВ-30 | 0,3 | 431 | 24 | 72,2 |
| | 0,35 | 447 | 22,5 | 79,4 |
| | 0,4 | 451 | 21,9 | 61,5 |
| ВНВ-50 | 0,35 | 469 | 24,1 | 80,5 |
| | 0,4 | 476 | 22,1 | 87,5 |
| | 0,45 | 490 | 21,2 | 69,9 |

Таблица 2

| Вид вяжущего | Содержание СБ-ФФ, % | В/Ц | ОК, см | Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте 28 сут |
|--------------|---------------------|-------|--------|-----------------------------------------------------|
| ТМЦ-50 | – | 0,450 | 4 | 39 |
| | 0,25 | 0,369 | 4 | 55,4 |
| | 0,35 | 0,358 | 4 | 58,9 |
| | 0,35 | 0,45 | 21 | 47,1 |
| ТМЦ-30 | – | 0,451 | 4 | 27,8 |
| | 0,15 | 0,401 | 4 | 39,8 |
| | 0,25 | 0,374 | 4 | 43,7 |
| | 0,3 | 0,36 | 4 | 45,1 |
| | 0,3 | 0,451 | 20 | 33,9 |
| ВНВ-50 | 0,4 | 0,33 | 4 | 65,2 |
| | 0,4 | 0,413 | 20 | 50,1 |
| ВНВ-30 | 0,35 | 0,332 | 4 | 56 |
| | 0,35 | 0,415 | 20 | 35,1 |

Таблица 3

| Вид вяжущего | Концентрация СБ-ФФ, % | В/Ц | ОК, см | Воздухововлечение, % |
|--------------|-----------------------|-------|--------|----------------------|
| ТМЦ-50 | – | 0,45 | 4 | 2,3 |
| | 0,35 | 0,45 | 20 | 2,2 |
| | 0,35 | 0,358 | 4 | 2,5 |
| ВНВ-50 | 0,4 | 0,413 | 20 | 2 |
| | 0,4 | 0,332 | 4 | 2,3 |

сях на основе ВНВ происходит снижение водопотребности на 25–30%, в то время как для ТМЦ – на 20 – 22%. В бетонных смесях, полученных на основе ВНВ с большим содержанием СБ-ФФ, возможно большее снижение водопотребности. Однако критерием выбора оптимальных условий получения ВНВ было значение водопотребности 0,33–0,35 при получении бетонных смесей; дальнейшее уменьшение водоцементного отношения, по мнению ряда авторов, может снизить долговечность бетона [2].

Прочность бетона из высокоподвижных бетонных смесей с СБ-ФФ несколько выше, чем у контрольных образцов. Это можно объяснить пептизирующим действием СБ-ФФ и получением мелкокристаллической структуры бетона, что подтверждается электронно-микроскопическими исследованиями образцов цементного камня на основе ТМЦ и ВНВ. Для микроструктуры камня из ВНВ наблюдается плотная мелкокристаллическая структура с отсутствием крупноблочных соединений и видимых дефектов.

Прирост прочности для бетонов со сниженным В/Ц для ВНВ также существенно выше. Для бетона на основе ВНВ по сравнению с образцом без СБ-ФФ наблюдается прирост прочности на 24 МПа для ВНВ-50 и 28 МПа для ВНВ-30; для бетонов с соответствующими ТМЦ наблюдается прирост прочности на 20 и 18 МПа.

В начальные сроки твердения до 8–10 ч СБ-ФФ замедляет структурообразование в цементном тесте. Для исследования влияния СБ-ФФ на гидратацию и структурообразование в более поздние сроки было изучено влияние оптимальной дозы СБ-ФФ на кинетику набора прочности для бетонных смесей с постоянным водоцементным отношением и с одинаковой подвижностью. К 3 сут твердения бетона с постоянным В/Ц начальное замедление гидратации цемента и твердения бетона с СБ-ФФ компенсируется, в дальнейшем процессы интенсифицируются по сравнению с бетоном без добавок. Это обусловлено, как было сказано ранее, пептизацией цементных частиц с СБ-ФФ и увеличением суммарной поверхности гидратирующихся частиц. Для бетона на основе ВНВ наблюдается более интенсивное нарастание прочности к 1–2 сут твердения по сравнению с контрольным образцом и с бетоном на основе ТМЦ с СБ-ФФ. К 28 сут этот прирост несколько снижается. Ускоренный набор прочности бетона с СБ-ФФ в раннем возрасте может быть использован для сокращения сроков тепловлажностной обработки.

Величина воздухововлечения и размеры воздушных пузырьков оказывают влияние на поровую структуру и плотность бетона и, следовательно, на его прочность, морозостойкость, проницаемость и др. свойства. Результаты исследования влияния СБ-ФФ на воздухововлечение бетонной смеси в соответствии с ГОСТ 10181–81 представлены в табл. 3.

При введении СБ-ФФ наблюдается некоторое снижение воздухововлечения при постоянном водоцементном отношении и небольшое возрастание воздухововлечения для равноподвижных бетонных смесей. Это обусловлено тем, что при постоянном В/Ц происходит сильное разжижение бетонной смеси и выход воздуха облегчается. Для равноподвижных бетонных смесей большее влияние оказывают поверхностно-активные свойства СБ-ФФ на границе раствор – газ, что и способствует дополнительному воздухововлечению. Это явление не оказывает отрицательного влияния на прочность бетона, в то же время способствуя увеличению его морозостойкости.

Для бетонной смеси на основе ВНВ по сравнению с ТМЦ наблюдается некоторое снижение воздухововлечения, что может быть связано с возрастанием доли адсорбционно-связанного СБ-ФФ.

Таким образом, пластифицирующая добавка СБ-ФФ на основе флороглюцинфурфурольных олигомеров может быть использована в качестве эффективного модификатора при получении вяжущих низкой водопотребности и высокопрочных бетонов на их основе.

Список литературы

1. Бабаев Ш.Т. Высокопрочные бетоны на основе вяжущих нового поколения // Промышленность сборного железобетона. Серия 3. Выпуск 4. М.: ВНИИЭСМ, 1990. С. 16–30.
2. Калашиников В.И., Борисов А.А., Поляков Л.Г. и др. Современные представления об использовании тонкомолотых цементов и ВНВ в бетонах // Строит. материалы. 2000. № 7. С. 12–13.
3. Долгополов Н.Н., Феднер Л.А., Суханов М.А. Некоторые вопросы развития технологии строительных материалов // Строит. материалы. 1994. № 1. С. 5–6.
4. Бабков В.В., Полак А.Ф., Комохов П.Г. Аспекты долговечности цементного камня // Цемент. 1988. № 3. С. 14–16.
5. Шаповалов Н.А., Слюсарь А.А., Косухин М.М., Мухачев О.В. Суперпластификатор СБ-5 как модификатор при получении ВНВ и бетонов на их основе // Бетон и железобетон. 2001. № 6. С. 2–4.

СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО СКБ СТРОЙПРИБОР

ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



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

Реклама

ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

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



УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С
ультразвуковой



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

отрыв со скалыванием и скалывание ребра
предельное усилие 60 кН
диапазон 5...100 МПа

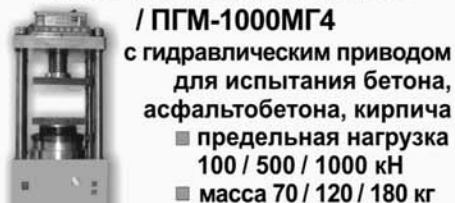


ПОС-2МГ4 П



Прессы испытательные малогабаритные

ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4 / ПГМ-1000МГ4



ПСО-10МГ4 КЛ

испытание прочности сцепления в каменной кладке
предельное усилие отрыва 15 кН



ДИНАМОМЕТРЫ

ДМС-МГ4 / ДМР-МГ4
эталонные



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"



АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ

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



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



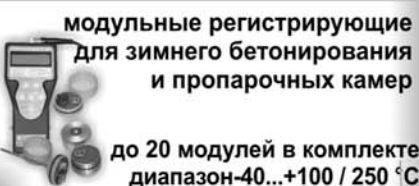
ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ

ВЛАГОМЕР-МГ4



ТЕРМОМЕТРЫ

ТМР-МГ4



ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

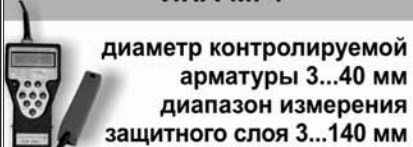
ДО-40 / 60 / 80МГ4

метод поперечной оттяжки
диапазон контролируемых усилий 2...120 кН
диаметр арматуры 3...12 мм



ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

ИПА-МГ4



ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01

зондовые / контактные 1...2-канальные
диапазон -40...+250 °С



ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ

ЭИН-МГ4

частотный метод
диаметр арматуры 3...32 мм
диапазон 100...1800 МПа



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

А.И. НИЖЕГОРОДОВ, канд. техн. наук, ООО «Квалитет» (Иркутск)

Узкополосное фракционирование как фактор качества вермикулитовых концентратов

Вермикулитовые концентраты, получаемые из руды Татарского месторождения (Красноярский край), в силу своих природных свойств имеют ряд особенностей: они являются мелкозернистыми и содержат много мелкодисперсной слюды и глины; глинистые включения в значительной мере располагаются в межслоевых пространствах в виде вкраплений; концентраты хорошо вспучиваются при сравнительно низкой температуре.

В целом татарские концентраты не отличаются высоким качеством.

Склонность к легкому вспучиванию негативно проявляется при сушке: даже при незначительном отклонении температурного режима в сторону увеличения материал может частично дегидратировать, что приводит к заметному снижению коэффициента вспучивания.

Эта проблема решается путем перехода на электросушку (вместо огневой), способную обеспечить «мягкий» режим с постоянной температурой 90–100°C.

Вторая проблема, обусловленная сухой технологией обогащения, — загрязненность может быть полностью устранена, если после пневмосепарации весь объем концентрата пропускать через сита, выделяя мелкодисперсные составляющие (пыль).

И третья проблема, сказывающаяся на качестве, — неоднородность гранулометрического состава.

Рассмотрим характер распределения размеров частиц материала для исходной вермикулитовой руды и типовых концентратов КВТ-2, КВТ-1 и КВТ-0,5 (рис. 1).

Из графиков видно, что в концентрате КВТ-1 содержится значительное количество частиц с принадлежностью к размерной группе КВТ-0,5 (слева от кривой распределения) и к концентрату КВТ-2 (справа от кривой распределения). То же справедливо и в отношении других размерных групп. Иначе говоря, «спектры» распределения являются широкими и размытыми.

Такие концентраты имеют плохой товарный вид, но главное то, что потребитель при их переработке теряет в объеме вспученного продукта.

Очевидно, что в дополнение к пневмосепарации необходимо добавить фракционирование на барабанных

ситах, чтобы границы размерных групп были более четко разделены, а шаг фракционирования сделать более узким.

Этим приемом можно увеличить коэффициент вспучивания и, следовательно, повысить качество концентратов в целом.

В работе [3] показано, что для любой сыпучей среды, зерновой состав которой распределен нормально, положение оптимального центра разделения на фракции определяется соотношением:

$$D_0 = (0,55 \div 0,65) D, \quad (1)$$

где D_0 — центр разделения или размер ячейки сита, на котором следует разделить материал; D — условный средний диаметр доминирующих частиц или центр группирования массива.

Следует иметь в виду, что для плоских частиц вермикулита D_0 соответствует не ячейке сита, а ее диагонали:

$$D_0 \approx (0,95 \div 0,9) \sqrt{2} a^2 \approx 1,3a, \quad (2)$$

где a — размер ячейки проволочного сита; $(0,95 \div 0,9)$ — коэффициент, учитывающий толщину плоской частицы.

При выборе центра разделения в соответствии с формулой (1) после фракционирования суммарный объем массива вспученного вермикулита возрастает по сравнению с неразделенным массивом как минимум на ~ 4–5% [3]. Однако и этот уже разделенный массив, можно подвергнуть повторному фракционированию, получив дополнительный объем вспученного материала, хотя и в меньшем (до ~ 2%) объеме.

Из сказанного можно сделать вывод: чем уже диапазон разделения на фракции (узкополосное фракционирование), тем больше выход суммарного объема вспученного вермикулита при его обжиге.

Таким образом, коэффициент вспучивания зависит и от гранулометрической однородности размерных групп концентратов.

С учетом этого фактора зависимость коэффициента вспучивания можно представить в виде:

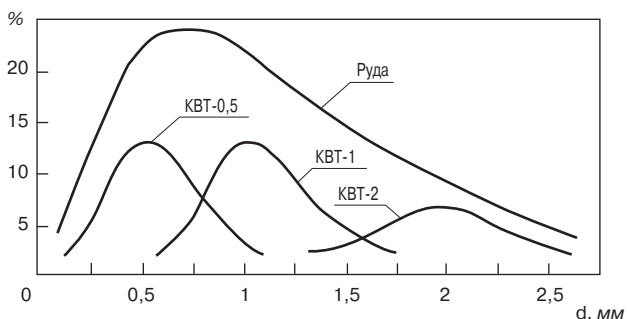


Рис. 1. Распределение гранулометрического состава руды и типовых концентратов Татарского месторождения (d — средний условный диаметр частиц)

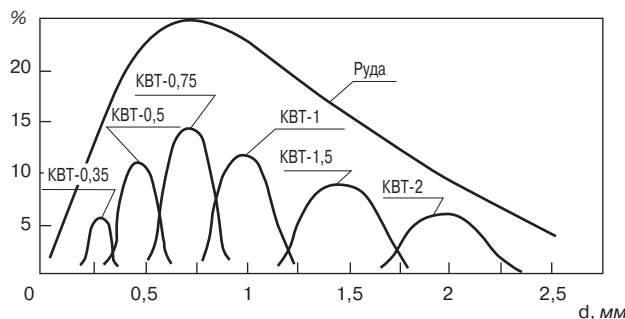


Рис. 2. Распределение гранулометрического состава концентратов при узкополосном фракционировании

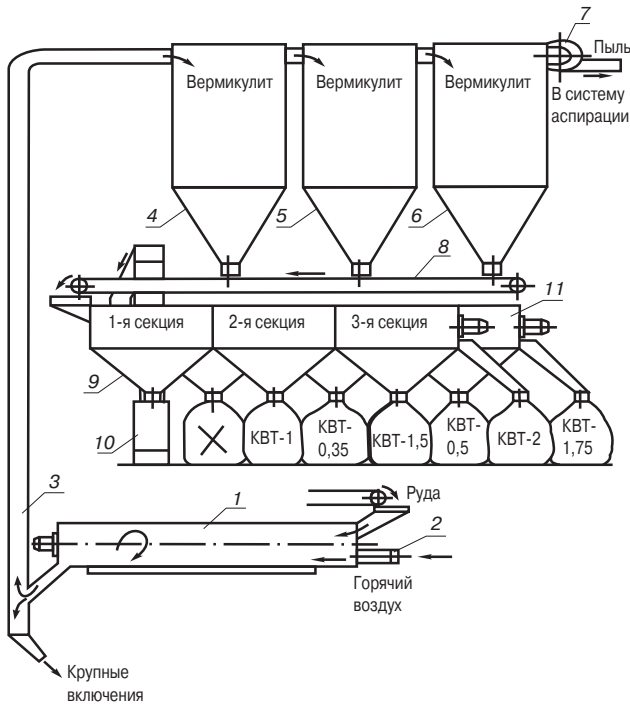


Рис. 3. Технологическая схема сухого обогащения татарских концентратов с линией узкополосного фракционирования.

$$K_B = V_B / G_K = f(K_{пт} K_p K_{yo} K_{го}), \quad (3)$$

где V_B – объем материала во вспученном состоянии, m^3 ; G_K – вес исходного объема концентрата, т; $K_{пт}$ – коэффициент природной гидратации, учитывающий потенциал механической работы вспучивания при температурном воздействии [4]; K_p – коэффициент размерности, зависящий от средних условных диаметров частиц, проявляющийся в объеме вспученных зерен и объеме межзерновых пустот в массиве [1, 4]; K_{yo} – коэффициент, учитывающий условия обжига (температуру, однородность температурного поля, концентрацию вермикулита в пространстве обжига, продолжительность температурного воздействия и др.) [1]; $K_{го}$ – коэффициент гранулометрической однородности.

Так как все полезные свойства вермикулита определяются степенью его вспучивания, то очевидно, что узкополосное фракционирование концентратов является существенным фактором повышения их качества.

При узкополосном фракционировании устраняется размытость границ размерных групп, стабилизируется (калибруется) гранулометрический состав, а также практически полностью устраняются все мелкодисперсные компоненты.

На рис. 2 показаны «спектры» распределения при узкополосном фракционировании.

Таким образом, в рамках концепции сухого обогащения при незначительной модернизации базового оборудования может быть реализован следующий технологический процесс, рис. 3.

После отделения крупных компонентов >20 мм на грохоте (на схеме не показан) вермикулитовая руда подается в сушильный барабан 1. Здесь в процессе многократного переваливания-перебрасывания частицы слюды отбиваются от прилипших глинистых частиц, происходит разрушение глинистых комков, содержащих вермикулит, и слюдянистых тел с высоким содержанием полезного материала.

Теплоноситель подается в барабан со стороны загрузки. Здесь в отличие от традиционных конструкций с горелками, работающими на углеводородном топливе,

применен электрокалорифер 2, обеспечивающий стабильный температурный режим: $90-95^\circ C$.

На выходе из барабана весь материал кроме средних и крупных включений ($3-20$ мм) ссыпается в вертикальный участок воздуховода 3. Далее поток воздуха, создаваемый вентилятором 7, подхватывает плоские частицы вермикулита и мелкодисперсный материал и уносит в бункеры-осадители. Частицы округлой формы, не полностью просушенные и неразрушенные, а также камни и плотные глинистые окатыши за счет веса и малого аэродинамического коэффициента выпадают через суженный канал в нижней части воздуховода, а затем отправляются на бегуны, где размалываются и возвращаются в технологический процесс.

При движении частиц в потоке воздуха материал частично отделяется и от пыли. В бункерах-осадителях 4, 5 и 6 частицы вермикулита теряют скорость и осаждаются, а большая часть мелкодисперсного материала уносится в фильтры-уловители системы аспирации.

Однако полного удаления пылевидных компонентов все же не происходит. Изучение материала, оседающего в бункерах-осадителях, показывает значительную остаточную загрязненность.

По мере накопления материал из бункеров подается конвейером 8 на линию фракционирования. На первом трехсекционном сите 9 отделяются частицы вермикулита более крупных размерных групп. В первой секции частицы с условным диаметром меньше диагонали ячейки сита проходят в башмак элеватора 10 и подаются во второе барабанное сито – это частицы мелких размерных групп.

В первой секции второго барабанного сита 11 отделяется весь мелкодисперсный материал и утилизируется*. Остальные фракции распределяются по соответствующим фасовочным постам.

По нашим прогнозам (проводится совместная работа с одним из производителей татарских концентратов – ООО «СТС», г. Красноярск), такая технологическая линия при круглосуточной работе способна обеспечить производство высококачественного концентрата в объеме 2 000 тонн ежемесячно.

В качестве нормативной базы для данной технологии разработаны и в установленном порядке утверждены соответствующие технические условия, учитывающие особенности узкополосного фракционирования [5].

Список литературы

1. Нижегородов А.И. Новая концепция печей для обжига вермикулитовых концентратов // Строительные и дорожные машины. 2007. №10. С. 19.
2. Нижегородов А.И. Вермикулит и вермикулитовые технологии: исследование, производство, применение // Изд-во ООО «БизнесСтрой». 2008. С. 96.
3. Нижегородов А.И. Оптимальное фракционирование вермикулитовых концентратов // Строит. материалы: technology, 2008. № 5. С. 98–100.
4. Производство и применение вермикулита / Под ред. Н.А. Попова. М.: Стройиздат. 1964. С. 160.
5. ТУ 5712-003-15003850–2009. Вермикулит вспученный (из концентратов Ковдорского, Татарского и Приморского месторождений). Технические условия. ООО «Квалитет». Иркутск, 2009.

*Вспучивание мелкодисперсной смеси в электрических печах ПЭМС [1, 2] показывает, что объемная доля мелкодисперсного вермикулита в ней достигает $75-90\%$. Такой материал может применяться при производстве легких строительных смесей и стеновых материалов в композициях с песком, золы-уноса, керамзитом, вспененным полистиролом и т. д. на основе различных вяжущих.

Ю.В. КРАСОВИЦКИЙ, д-р техн. наук, Е.В. РОМАНЮК, И.А. ЧУГУНОВА, инженеры, Воронежская государственная технологическая академия (ВГТА);
М.Н. ФЕДОРОВА, инженер-экономист, ОАО «Минудобрения» (г. Россошь, Воронежская обл.)

Комбинированные фильтровальные структуры для высокоэффективного пылеулавливания

В производстве строительных материалов широкое распространение получили сухие пылеуловители. Обычно предварительную очистку пылегазовых выбросов осуществляют в циклонах.

Для тонкой очистки, отвечающей нормам ПДВ (предельно допустимых выбросов), используют волокнистые и пористые керамические, полимерные, металлокерамические фильтровальные перегородки. Этот способ характеризуется более высокой степенью очистки газов от взвешенных частиц, чем в газоочистных аппаратах других типов; возможностью улавливать частицы при любом давлении газов; высокой степенью очистки при любой концентрации взвешенных частиц в очищаемых газах; возможностью очистки высокотемпературных газов; использованием для фильтрования химически стойких материалов; возможностью полной автоматизации пылеулавливания; стабильностью очистки при изменении физико-химических свойств пылегазового потока; простотой и надежностью эксплуатации.

Возможности применения этих аппаратов значительно расширяются в связи с внедрением новых пористых фильтров из синтетических, стеклянных и металлических волокон, пористых пластических масс, пористой металлокерамики и шлаковаты.

К недостаткам пористых фильтров относятся необходимость периодической замены фильтровальных перегородок; сравнительно высокий расход энергии при использовании отдельных видов пористых фильтров; громоздкость установок при большом расходе очищаемых газов; относительная сложность эксплуатации. В то же время, как показывают технико-экономические расчеты, стоимость очистки в этих фильтрах часто ниже, чем в других пылеуловителях.

Фильтры с гибкими перегородками и насыпным слоем используют не только для улавливания пыли, но и для химической очистки газов. Для этого на фильтровальные перегородки наносят слой сорбента, а насыпной слой выполняют из материалов, способных поглощать из газов вредные компоненты — сернистые и фтористые соединения и другие токсичные газы.

В зависимости от назначения и допустимой пылевой нагрузки современные фильтры условно разделяют на воздушные и промышленные. Воздушные фильтры предназначены для обеспыливания атмосферного воздуха в системах приточной вентиляции, систем кондиционирования, воздушного отопления зданий, подачи воздуха на технологические нужды и воздушное охлаждение производственных помещений.

Промышленные фильтры применяют для очистки промышленных газов при высокой концентрации дисперсной фазы (до 60 г/м³). Для периодического или непрерывного удаления накапливающейся в фильтровальной перегородке пыли фильтры имеют устройства для регенерации, позволяющие поддерживать производительность на заданном уровне и возвращать ценные уловленные компоненты в производство.

Комбинированные фильтровальные элементы сочетают достоинства зернистых слоев (прочность, термостойкость, нечувствительность к резким колебаниям давления) и волокнистых фильтровальных материалов или полимерных мембран (высокая задерживающая способность, хорошо регулируемые в широком диапазоне фильтрующие свойства, возможность наведения стойкого электростатического заряда, равномерность структуры, исключая локальные проскоки). Они лишены недостатков волокнистых и полимерных фильтровальных материалов (низкая механическая прочность, трудности регенерации). Металлоемкость и стоимость их значительно ниже, чем, например, пористых металлов.

Комбинированные фильтры являются аппаратами нового поколения, так как позволяют производить очистку на ультрамикронном уровне. Фильтровальные установки такого типа особенно актуальны в настоящее время, когда производство переходит на нанотехнологии. Фильтры тонкой очистки могут быть использованы не только для производственных помещений, но и в офисных помещениях для очистки воздуха.

Волокнистая прослойка комбинированного фильтра выполняет основную фильтрующую функцию, защищает пористую металлокерамику от забивания. Пористый патрон повышает механическую прочность ткани и выполняет функцию доочистки потока. Физико-химические свойства потока диктуют вид ткани [1].

На рис. 1 показан комбинированный фильтр с параллельными элементами, разработанный Воронежским технологическим институтом [2].

В связи с ростом потребности в аппаратах с развернутой поверхностью фильтрования этот аппарат имеет многосекционную структуру, состоящую из пористого металла и полимерных мембран. Аппарат состоит из 11 параллельно работающих от общего коллектора секций с общей полезной площадью фильтрования 0,1876 м². В качестве комбинированных фильтровальных элементов использованы диски из пористой нержавеющей стали X18H15-ПМ (ПНС-5) и полимерные мембраны ММ-А6-1 с размером пор 5,5×10³ Å [2].

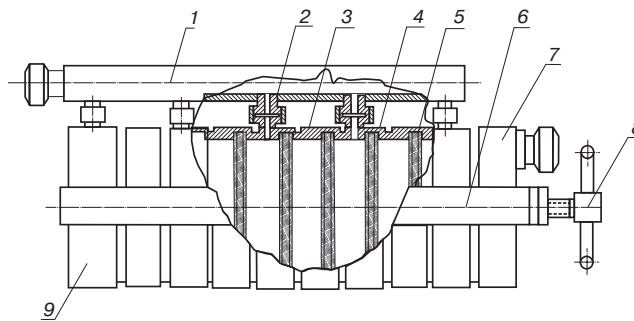


Рис. 1. Комбинированный фильтр с параллельными элементами: 1 – коллектор; 2 – штуцер; 3 – царга; 4 – мембрана; 5 – перегородка (ПНС-5); 6 – скоба; 7 – днище; 8 – винт; 9 – крышка

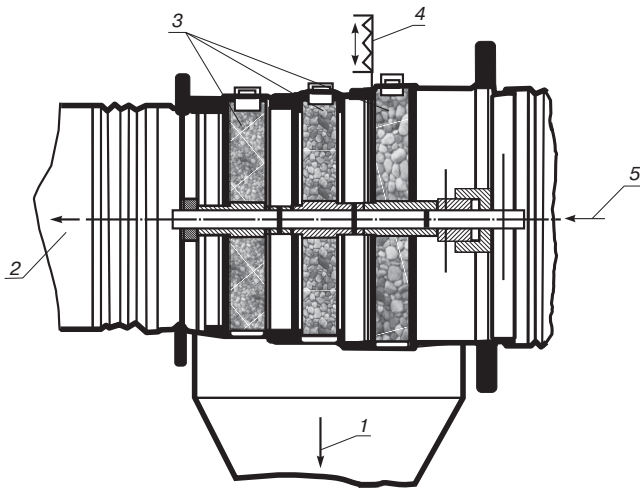


Рис. 2. Трехслойный зернистый фильтр с вертикальным вибрированием: 1 – уловленные частицы пыли; 2 – очищенный воздух; 3 – зернистый наполнитель; 4 – вибратор; 5 – запыленный воздух

Сотрудниками научной лаборатории исследования условий труда и окружающей среды Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса создан зернистый фильтр с насыпными вертикальными фильтрующими слоями, регенерируемые вертикальным вибрированием (рис. 2). Фильтр применяется для очистки промышленных газов от пыли при их прохождении через слои зернистого материала. Устройство может быть использовано в любой отрасли промышленности.

Фильтр состоит из корпуса, внутри которого на ось жестко насажены три секции, заполненные крупным, средним и мелким зернистым наполнителем. Для лучшей герметизации секции выполнены в форме дисков, которые в местах соприкосновения с трубчатым корпусом изолированы резиновым кольцом. В верхней части каждой секции расположены отверстия, через которые производится загрузка зернистого наполнителя. При необходимости замены наполнителя секции поворачиваются на 180°, и наполнитель через отверстия удаляется из секций. Зернистый наполнитель регенерируют вибратором 4. Во избежание передачи вибрации через воздухопроводы фильтр подсоединен к коммуникациям через гибкие диафрагмы. Запыленный воздух, поступающий по воздухопроводу 5, проходит через секции 3 с крупным, средним и мелким наполнителями, что обеспечивает тонкую очистку от пыли.

Уловленные твердые частицы удаляются в бункер 1 для собранной пыли, а очищенный воздух через выводящий воздухопровод 2 выбрасывается в атмосферу [2].

Список литературы

1. Романюк Е.В., Красовицкий Ю.В., Чугунова И.А., Лобачева Н.Н., Важинский Р.А. Фильтры с комбинированными элементами: Тр. 4-й Всесоюз. науч.-практ. конф. «Экологические проблемы промышленных городов». Саратов, СГТУ, 2009. С. 313–315.
2. Krasovickij J. V., Baltrėnas P., Kolbeschkin B. G., Dobrosotskij V. P., Koltsov G. V. Aerodynamische Verfahren zur Erhöhung der Leistungserzeugung der Entstaubung, Monographie. Vilnius: Technika, 2006. 352 S.

информация

Линия по производству панелей для новой серии домов

25 августа 2009 г. на ОАО «Завод ЖБИ-6» (предприятие Группы ЛСР) состоялся технологический пуск новой линии для производства сплошных панелей внутренних и внешних стен. Переход к полной комплектации строительства панельных зданий – важный этап в развитии завода. Первая партия изделий – вертикальные элементы стеновых панелей для новой серии домов, производство которой «Завод ЖБИ-6» запустит осенью 2009 г.

ОАО «Завод ЖБИ-6» станет базовым производителем новой для Московского региона серии панельных домов, ключевыми преимуществами которой являются широкая возможность использования и многообразие различных архитектурных решений, а также особая технология отделки фасада, которая обеспечивает отсутствие межпанельных швов. Первые дома этой серии появятся в жилом квартале для семей военнослужащих в г. Балашихе (Московская обл.). Квартал будет застроен панельными 14–17-этажными домами общей площадью 140 тыс. м².

Общий объем инвестиций в новое производство, включая модернизацию цеха и приобретение импортного оборудования, составил 170 млн р. В период опытной эксплуатации на новой линии будет производиться 12 изделий в день, а по его завершении 70 изделий в день. Линия будет эксплуатироваться в двухсменном режиме, общая производительность завода составит 170 тыс. м³ железобетона в год, что наряду с выпуском свай и пустотных плит перекрытий позволит комплектовать 200 тыс. м² панельного жилья в год.

Модернизация производственных мощностей обеспечит работу завода по принципу домостроительного

комбината: предприятие предложит заказчикам полный ассортимент железобетонных изделий, необходимых для комплектации зданий. Благодаря применению новых технологий и максимальной автоматизации процесса производства для обслуживания новой линии требуется всего 12 человек. Тестовый выпуск изделий показал, что использование нового оборудования обеспечивает более высокое качество поверхности плит.

ОАО «Завод ЖБИ-6» – ровесник журнала «Строительные материалы» так же созданный в 1955 г., является одним из лидеров по производству железобетонных изделий в Москве. Состоит из пяти основных и семи вспомогательных цехов. Максимальная фактическая мощность предприятия в 2008 г. составила 135 тыс. м³ железобетона в год. Всего за время существования завода было произведено 15 млн м³ изделий. Основное направление деятельности завода – реализация бюджетных заказов по комплектации строительства зданий государственных учреждений, объектов социальной и транспортной инфраструктуры. Продукция завода использовалась при строительстве и реконструкции Белого дома, Мэрии Москвы, Олимпийского комплекса, Мемориального комплекса на Поклонной горе, Музея-заповедника «Царицыно», издательства «Известия», Третьего транспортного кольца, ММДЦ «Москва-Сити». Благодаря применению гибких схем технологической переоснастки завод может выпускать большие объемы железобетонных изделий в короткие сроки. Наличие проектно-конструкторского отдела позволяет производить нестандартную продукцию по чертежам заказчика.

КОЛЛЕГИ

К юбилею Л.А. Абдрахмановой



3 октября юбилей у Ляйли Абдулловны Абдрахмановой, доктора технических наук, профессора Казанского государственного архитектурно-строительного университета.

Ляйля Абдулловна, закончив в 1972 г. с отличием Казанский химико-технологический институт, начала работать на кафедре пластмасс (технологии строительных материалов, изделий и конструкций) Казанского инженерно-строительного института. В 1977 г. успешно защитила кандидатскую диссертацию на тему: «Новые эпоксидные и эпоксиуретановые олигомеры — стабилизаторы и модификаторы ПВХ» (научный руководитель — профессор В.А. Воскресенский). В 1996 г. защитила докторскую диссертацию «Диффузионная модификация полимеров реакционноспособными олигомерами», в которой заложены физико-химические основы нового оригинального научного направления в полимерном материаловедении.

Будучи высокоэрудированным и чрезвычайно работоспособным ученым, Ляйля Абдулловна расширяет круг своих научных интересов — теплоизоляционные материалы, гибридные композиты, керамика. Однако главным объектом ее исследований является поливинилхлорид: проблемы его физико-химической модификации, стабилизации, пластификации, разработка высоконаполненных ПВХ-композитов, в частности древесно-полимерных, и его наномодифицирование.

Под научным руководством и консультированием профессора Л.А. Абдрахмановой защищены восемь кандидатских и одна докторская диссертация. Л.А. Абдрахманова — прекрасный педагог и преподаватель, ей присвоены звания «Заслуженный деятель науки Республики Татарстан», «Почетный работник высшего профессионального образования РФ». Является научным руководителем темы в межвузовской НТП «Архитектура и строительство», заказной темы Минобразования РФ и гранта Минобразования РФ в области архитектуры и строительных наук. Ею опубликовано более 230 научных работ. Работы Ляйли Абдулловны защищены 18 авторскими свидетельствами и патентами на изобретения.

Ляйля Абдулловна — активный ученый, много выступает с научными докладами на международных и всероссийских конференциях и симпозиумах, участвует в работе оргкомитетов международных конференций. Она является членом диссертационных советов КазГАСУ и КГТУ, ученым секретарем докторского совета Д 212.077.01 в КазГАСУ.

Ляйля Абдулловна пользуется огромным уважением и искренней симпатией широкого круга коллег и друзей в своем вузе и в кругах научной общественности. Коллеги с полным основанием называют ее душой кафедры.

Редакция и редакционный совет, коллеги поздравляют Ляйлю Абдулловну с юбилеем и желают ей доброго здоровья, неиссякаемого оптимизма и новых успехов в науке и подготовке инженерных кадров для стройиндустрии России.

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Новый кирпичный завод в Тульской области

В сентябре 2009 г. в Туле состоялся пуск в эксплуатацию предприятия по производству крупноформатных поризованных керамических блоков ООО «Ново-керамик». Строительство завода началось в 2007 г. группой компаний «КОНТИ». Инвестиции составили около 20 млн USD. У нового предприятия есть собственная сырьевая база глины и суглинков Бежковского месторождения Ленинского района Тульской области. В перспективе производительность завода составит 40 млн шт. условного кирпича в год.

Стоимость проекта 250 млн р. Срок окупаемости создаваемого производства определен в 3,5 г. Бюджетная эффективность проекта составит 7,1 млн р. в год. После ввода кирпичного завода в эксплуатацию будет создано 100 новых рабочих мест.

Применение такого кирпича позволит использовать упрощенную конструкцию фундамента и обеспечить высокие показатели по прочности и теплосбережению.

По материалам пресс-службы администрации Тульской области

В пустыне Мойынкумы строится цементный завод

В населенном пункте Мынарал Мойынкумского района Жамбылской области (Республика Казахстан) строится самый крупный в Южном регионе завод по производству цемента сухим способом проектной мощностью 1,1 млн т продукции в год.

Строительство этого предприятия обусловлено как наличием в Мойынкумской пустыне огромных запасов сырья, которого, по оценкам специалистов, хватит на 135 лет, так и близостью автомобильных и железнодорожных республиканских магистралей.

Инвестируют строительство «Жамбылская цементная строительная компания» и французская фирма «Викат». Заказчик строительных работ — ТОО «Мынарал тас компани».

Проект строительства стоимостью 230 млн USD разработан компанией «Казкоммерцинвест». Партнером стала французская компания «Викат». Участие французской стороны в проекте составило 60%; 10% принадлежит Международной финансовой корпорации IFC и 30% — доля «Казкоммерцинвеста».

Финансирование проекта ведется за счет займа, предоставленного IFC, в 160 млн USD. Оборудование китайского производства поставит и установит китайская фирма «China Triumph», строительство инфраструктурных объектов ведет ТОО «Компания АДС».

Цемент (М400 и М500) потребуется для строительства находящейся неподалеку Балхашской ТЭЦ, для автодороги Китай—Западная Европа, которая пройдет по региону.

В настоящее время на объекте работают 395 человек.

По материалам агентства «КазИнформ»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

НПО «Пульс» увеличивает пределы огнестойкости противопожарных дверей

Компания НПО «Пульс» завершила работу по сертификации новой модели металлической противопожарной двери с пределом огнестойкости 90 мин (EI 90). По заключению проведенных испытаний и согласно полученному сертификату № С-РУ.ПБ05.В.00066 от 06.07.2009 г. дверь ДПМ-Пульс-01/90 полностью соответствует требованиям технического регламента о требованиях пожарной безопасности. Установку дверей EI 90 на строительных объектах предусматривают

«Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и комплексов в городе Москве», действующие с декабря 2005 г. (МГСН 4.19–2005). Согласно данному нормативному документу в зданиях и сооружениях транспорта «пожарные отсеки должны разделяться между собой противопожарными стенами и перекрытиями 1-го типа (REI 240) с соответствующими противопожарными воротами и дверями с пределом огнестойкости EI 90 (п.14.29 МГСН 4.19–2005).

По материалам НПО «Пульс»

В Саратовской области кирпичный завод возобновил работу

В Саратовской области возобновил свою производственную деятельность ООО «Лысогорский кирпичный завод», который выпускает керамический полнотелый кирпич. Кирпич будет реализовываться в Саратовской области, и в первую очередь в Лысогорском, Калининском и Балаковском районах.

Работы по реконструкции завода были начаты в декабре 2008 г. практически с нуля. Осуществлен капитальный ремонт печи обжига, заменено формо-

вочное и электрическое оборудование. Построено новое административное здание и столовая. Ввод в действие завода значительно улучшит обстановку занятости населения в Лысогорском районе. На сегодняшний день на нем работают 50 человек. При выходе предприятия на производственную мощность численность работников составит 100 человек.

По материалам
Министерства строительства
и жилищно-коммунального хозяйства
Саратовской области

Новый завод ССС в Подмоскowie

В сентябре в поселке Малино Ступинского района был открыт завод сухих строительных смесей ООО «Капарол-Малино».

Производственный комплекс представляет собой башню из металлоконструкций, имеющую пять уровней с размещенным на них производственным оборудованием, складом сырья в силосах в верхней части. Общая высота башни 35 м. Производственная мощность завода на первом этапе составляет 20 тыс. т готовой продукции в год.

Номенклатура пока включает клеевую смесь, шпаклевочную смесь, фасадную шпатлевку и декоративные штукатурки различной зернистости.

Производство состоит из двух независимых производственных линий, на которых одновременно

можно производить различные материалы. Каждая линия оснащена смесителем объемом 2 тыс. л, весами для взвешивания основного сырья, весами для добавок. Первая линия оснащена двумя пневматическими фасовочными машинами, вторая линия – одной. Производительность одной такой машины составляет 400 двадцатипятикилограммовых мешков в час. Общая производительность в смену 80 т продукции.

Контроль за качеством входящего сырья и материалов осуществляется при каждой поставке. Завод оснащен мощным аспирационным оборудованием и фильтрами очистки загрязненного воздуха.

По материалам ООО «Капарол»

Завод параболических цилиндрических зеркал Saint-Gobain

В Португалии пущено первое предприятие концерна Saint-Gobain, производящее параболические цилиндрические зеркала, используемые в солнечно-энергетических установках. Новая мощность введена как расширение завода, который до сих пор производил сверхпрозрачное стекло SGG Albarino для использования в фотогальванических панелях. Концерн инвестировал более 20 млн евро, в результате существующее производство расширено на 12 тыс. м², на которых и производится параболические цилиндрические зеркала.

Годовая производительность линии, введенной в Португалии, превышает 2 млн м² параболических цилиндрических зеркал. Этого достаточно, чтобы оснастить пять солнечно-энергетических парков мощностью по 50 МВт, совокупная работа которых

может обеспечить энергией 150-тысячный город и позволит избежать эмиссии до 149 тыс. т углекислого газа, которая имела бы место при эксплуатации обычной электростанции, работающей на угле.

Эта новая линия делает португальский завод самым большим в мире производством параболических цилиндрических зеркал, обеспечивающим Южную Европу, Ближний Восток, Америку, Австралию и другие регионы. Параболические солнечно-энергетические концентраторы весьма востребованы благодаря налоговым льготам и институциональной поддержке.

Согласно Гринпис к 2020 г. установленная мощность подобного солнечно-энергетического оборудования во всем мире может достичь 50 ГВт. Концерн Saint-Gobain к 2010 г. намерен заполнить около 30% рынка концентраторов солнечной энергии.

По материалам концерна Saint-Gobain

Как подготовить к публикации научно-техническую статью (методическое пособие для начинающего автора)



Развитие стройиндустрии стимулировало развитие строительного материаловедения, что, в свою очередь, предопределило рост направляемых в редакцию статей. Статьи аспирантов и докторантов, как и в прежние годы, публикуются без оплаты за размещение в журнале.

За все годы существования журнала научные редакторы, члены редколлегии, редакционного совета и большая группа специалистов-рецензентов внимательно и терпеливо помогали росту научных кадров и специалистов отрасли. Однако в последнее время все чаще в редакцию для публикации представляют слабые в научном отношении, незавершенные, незрелые работы, которые в ряде случаев не доходят даже до рецензентов и забраковываются на этапе внутриредакционного рецензирования.

Начнем с определений. Наука – система знаний о закономерностях развития природы и общества и способах воздействия на окружающий мир. Статья – сочинение небольшого размера в сборнике, журнале, газете.

Таким образом, научность труда, исследования, работы характеризуется целью проникнуть, нащупать, определить, сформулировать какую-либо новую закономерность формирования вещества или протекания процесса для практического, унитарного использования в материаловедении, прикладной механике, теплотехнике и т. д.

В нашем случае 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 группы журналов «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 группы журналов «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 иллюстрации;
- 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); распечаткой, лично подписанной авторами; рефератом объемом до 500 знаков на русском и английском языке; подтверждением, что статья предназначена для публикации в группе журналов «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.

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства www.rifsm.ru/avtoram.php

УДК 645.043.84:6–022.532

Л.Ю. ОГРЕЛЬ, В.В. СТРОКОВА, доктора техн. наук,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова;
Яхо ЛИ, д-р наук, Баоде ЗАНГ, доктор, Харбинский политехнический университет (КНР)

Наследование полимерными композитами структур наноразмерных неорганических наполнителей

Модификация известных полимерных материалов с целью придания им заданных характеристик, например повышенной деформационной теплостойкости, химической и атмосферной стойкости, улучшенных механических свойств и др., в настоящее время является альтернативой синтезу новых полимеров. Этот способ весьма эффективен в тех случаях, когда по каким-либо причинам трудно или невозможно получить новое полимерное связующее с требуемыми характеристиками. Выбор метода модификации, как правило, определяется областью применения полимерного материала, его типом, условиями производства и переработки.

В настоящее время весьма популярна модификация различных полимеров наноструктурными модифицирующими добавками (наномодификаторами). Этот метод позволяет создавать полимерные связующие и композиты нового поколения с комплексом улучшенных характеристик, которые можно использовать для получения высокопрочных конструкционных, клеевых и изоляционных строительных материалов.

Наноструктурные модифицирующие добавки вводят в определенных отношениях в матричный полимер, обеспечивая при этом необходимое сочетание технологичности (вязкость, время жизни и т. д.) с требуемым комплексом характеристик.

Благодаря колоссальной поверхностной энергии наномодификаторы обладают высокой сорбционной способностью по отношению к макромолекулам полимеров, что изменяет конформационные характеристики как индивидуальных полимерных цепей, так и макромолекулярных ансамблей. Это приводит к изменению структуры и, как следствие, усилению механических, барьерных свойств и придает ряд других функциональных особенностей полимерным материалам и композитам [1–4].

При всем разнообразии и множестве исследований, посвященных модификации полимеров различными наночастицами, обобщающих данных, выявляющих закономерности, не существует. Разрозненные работы, интенсивно ведущиеся в этой области, как правило,

направлены на выявление взаимосвязи между составом (конкретный вид наночастиц и их количество) и свойствами получаемого материала. При этом многими авторами получены интересные с точки зрения дальнейших перспектив результаты. К примеру установлено, что малые добавки фуллеренов и углеродных нанотрубок существенно изменяют эксплуатационные характеристики полимерных материалов, повышая прочностные свойства, тепло- и термостойкость, электропроводность, антифрикционные показатели и т. д. [5–6]. Введение от 0,3–1,05 мас. % фуллеренов в наполненные базальтовым волокном и оксидом алюминия полимеркомпозиты привело к существенному улучшению ряда характеристик. Предел прочности при сдвиге к алюминию увеличился от 4,8–5,5 (исходный) до 7–12 МПа. При введении 0,01 мас. % смеси фуллеренов C60–C70 в эпоксиаминное связующее адгезия к алюминию возросла на 20%, а удельное объемное электрическое сопротивление в десять раз [7].

Для выявления закономерностей в системе политетрафторэтилен–наномодификатор были проведены исследования поверхностных зарядов наночастиц и их поляризующего влияния на полимер. Установлено [8], что керамические наночастицы несут естественный поляризационный заряд, и при наполнении частицами полимера происходит поляризация тетрафторэтилена с формированием граничного слоя. В результате формируется армированная полимерная система, отличающаяся повышенными прочностными и триботехническими характеристиками.

Введение 4% модифицированных наночастиц углеродных трубок в полиимид привело к комплексному увеличению физико-механических показателей в среднем на 30%. Электронная микроскопия подтвердила формирование структуры с меньшим количеством дефектов и микротрещин у наномодифицированных образцов полиимида [2].

Микрофотографии (рис. 1–6) демонстрируют огромное разнообразие возможных наномодификаторов природного и искусственного происхождения – за-

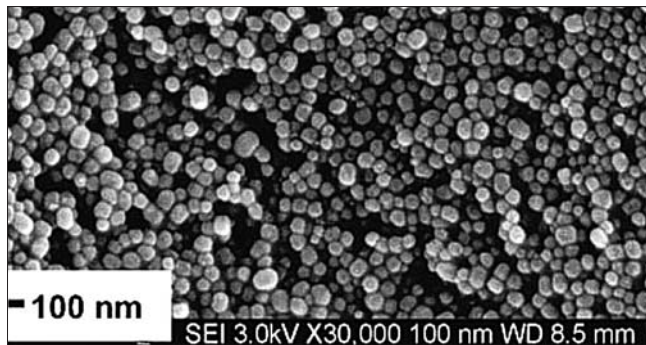


Рис. 1. Сферические частицы опала, образующие мезопористую силикатную матрицу [11]

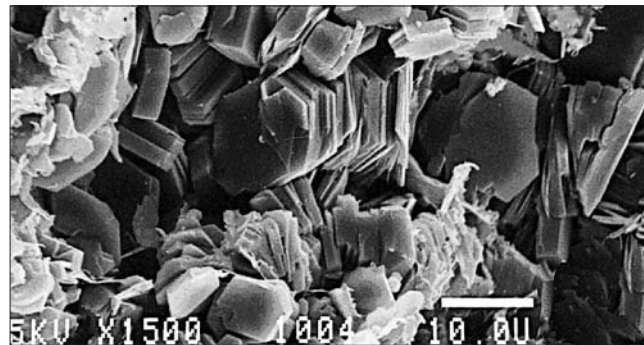


Рис. 2. Микроиндивиды каолинита [12]

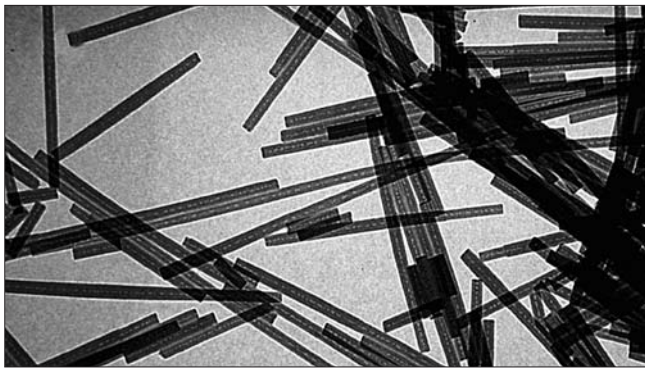


Рис. 3. Нанокристаллы хризотила с монотрубчатой морфологией [13]

родышеобразователей полимерных структур. Снимки получены с помощью сканирующего электронного микроскопа и просвечивающего микроскопа (рис. 3) высокого разрешения [9–13].

Таким образом, можно считать установленным, что введение функционально активных наночастиц даже в очень малых количествах способно существенно влиять на характеристики полимерных связующих. Это связано в первую очередь с формированием особой структуры полимеров на нано- и микроуровнях под влиянием наномодифицирующих микрочастиц [14].

Используя различные типы структурных модификаторов, можно целенаправленно управлять структурообразованием полимерных связующих и композитов.

Свойства наноструктурированных полимерных композитов строительного назначения могут выгодно отличаться от свойств обычных строительных полимерных материалов. К таким свойствам в первую очередь относятся: повышенные прочность и жесткость, деформационная теплостойкость, устойчивость к ультрафиолетовому излучению, барьерные характеристики пленочных и лакокрасочных покрытий, тепловая и электрическая проводимость и некоторые другие.

В этой связи весьма перспективна разработка метода регулирования характеристик матричных полимерных связующих строительного назначения сочетанием термореактивных и термопластичных полимеров с наномодификаторами как искусственного, так и природного происхождения различного генезиса и типоморфизма, регулирующими формирование структуры связующего на нано- и микроуровнях.

Термореактивные олигомеры (эпоксидные, полиэфирные, полиуретановые и др.) содержат в своем составе полярные группы, благодаря которым они образуют молекулярные ассоциаты. Морфологической единицей большинства термореактивных олигомеров является глобула. Глобулы определенным образом могут быть распределены в бесструктурном хаотическом поле олигомерных молекул и способны образовывать кластеры. Вопрос о степени упорядоченности структуры термореактивных олигомеров и полимеров в настоящее время продолжает оставаться дискуссионным, но в ряде исследовательских работ не опровергается возможность образования термореактивными олигомерами высокоупорядоченных ассоциатов и структурных единиц различного уровня, а при некоторых условиях – перехода их в жидкокристаллическое состояние, наследуемое в дальнейшем конечным материалом [15].

Структурообразующим фактором как термопластичных, так и термореактивных полимеров могут быть активные искусственные и природные неорганические наночастицы и наноструктурные микрочастицы – наномодификаторы структуры, способные образовывать достаточно прочные связи с полярными группами олигомеров и полимеров. При этом наномодификаторы,

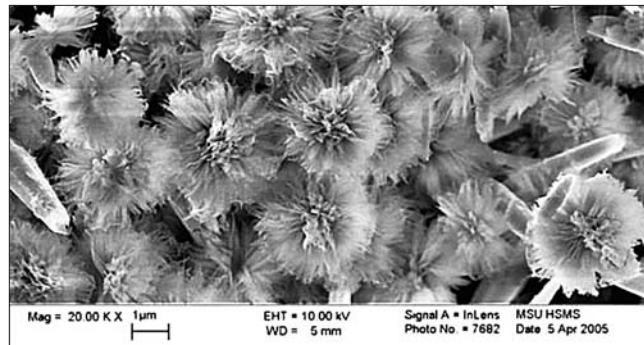


Рис. 4. Наноструктурированные кристаллиты оксида цинка, полученные гидротермальным методом [14]

обладая определенной морфологией, будут выполнять роль структурных зародышеобразователей. На поверхности минеральных микрочастиц будет происходить формирование граничных полимерных слоев с определенной структурой, скорее всего регулярной, повышенной плотности, принципиально отличающейся от объемной и так или иначе наследующей структуру неорганического зародышеобразователя – наномодификатора. Образование в олигомерном связующем структурных ассоциатов различного уровня неизбежно должно отражаться на свойствах конечного материала.

В настоящее время не существует ответов на ряд вопросов. В какой мере структура сформированного полимерного композита наследует структуру неорганического наномодификатора? Как сказывается влияние химической природы, минералогического состава и типоморфизма минеральных наномодификаторов на структуре отвержденного полимера, а значит, и на комплексе его характеристик? Каковы вероятность, условия и механизмы образования жидкокристаллических структур термопластичными полимерами и термореактивными олигомерами под влиянием наномодификаторов?

Решение этих задач является весьма актуальным, так как открывает новые возможности использования композиционных материалов на основе наноструктурированных полимеров в строительных технологиях. Фундаментальный интерес представляет выявление механизма наследования структуры наномодификаторов матричными термореактивными и термопластичными полимерами и их смесями.

Выявление общих закономерностей и взаимозависимостей в системе состав композита – микро- и надмолекулярная структура – свойства позволит прогнозировать характеристики в зависимости от состава и структуры матричного полимера и наномодификаторов и создавать композиционные строительные материалы с управляемыми характеристиками.

Несмотря на огромный интерес к модификации полимеров наночастицами, механизм их действия, закономерности и, как следствие, принцип выбора типа наполнителей-модификаторов и прогноз свойств полимерных композитов остаются неисследованными.

Очевидно, что основной задачей исследований будет установление четкой взаимосвязи между природой, пространственной структурой, типоморфизмом наномодификаторов и физико-химическими свойствами полимерных композитов, а также выявление механизма их упрочняющего действия на полимерные связующие и композиционные материалы.

Конкретными задачами исследования являются:
– выделение генетических типов природного минерального сырья – потенциального поставщика наномодифицирующих наполнителей для полимерных связующих и композиционных строительных материалов;

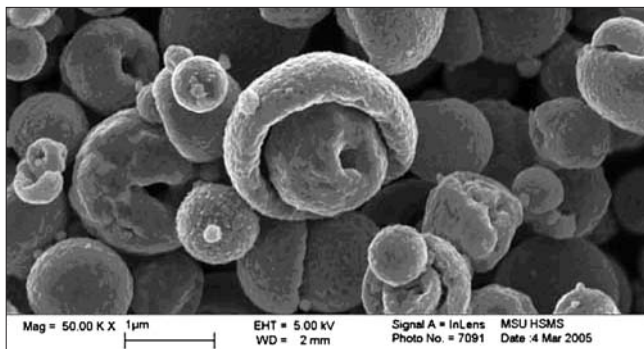


Рис. 5. Полые деформированные микросферы – продукт пиролиза ультразвукового аэрозоля из микрокапель раствора нитратов кальция, марганца и меди с размерами 1–5 мкм



Рис. 6. Микроспираль Si_3N_4 [15]

– создание генетической классификации минеральных наполнителей, пригодных для полимерных строительных нанокompозитов;

– разработка новых принципов регулирования барьерных, прочностных, деформационных и прочих заданных характеристик матричных полимеров на основе терморезистивных и термопластичных полимеров и их смесей и добавок минеральных наномодификаторов различного происхождения и генезиса, с целью обеспечения необходимого сочетания структурных параметров, технологичности с требуемым комплексом характеристик;

– разработка способов повышения упрочняющего действия армирующих волокон в композитных наполненных материалах на основе усовершенствованных наноструктурированных полимерных матриц и регулирования адгезионного взаимодействия на поверхности раздела матрица – наполнитель;

– исследование влияния фазовой структуры полимерной матрицы на реализацию повышенных и заданных характеристик, в том числе повышенных физико-механических показателей и деформационной теплоустойчивости.

В качестве наноструктурных минеральных модификаторов полимерных связующих строительного назначения предполагается использование нанодисперсных и микрочастиц углерода, кремнезема, слоистых и смешанослойных силикатов и прочих минералов.

Будущее строительного материаловедения связано с наносистемами. Для того чтобы ускорить решение поставленных задач, необходимо объединить усилия специалистов различных областей науки и разных стран.

Исследования проводятся при финансовой поддержке в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 годы» по лоту «Работы по проведению проблемно-ориентированных поисковых исследований и формированию научно-технического задела в области создания и обработки полимеров и эластомеров» (шифр заявки 2009–03–1.3–26–01–114).

Список литературы

1. Wang C., Guo Z.-X., Fu S., Wu W., Zhu D. Polymers containing fullerene or carbon structures // Prog. Polym. Sci. 2004. V.29. P. 1079–1141.
2. Zhang B., Rongguo Wang, Huai qin Xie. Developing Strategies of Nanocomposite Industrialization from the Successful Commercial Application of Automotive Material Innovations // Fiber Composites. 2004. Vol. 21. Iss.04.
3. Куличихин В.Г. Новые подходы к переработке нанокompозитов на основе полимерных матриц: В сб. тр. Международного форума по нанотехнологиям «Rusnanotech-08». Москва. 3–5 декабря. 2008. Т. 1. С. 392–393.

4. Алдошин С.М., Бадашнина Э.Р., Каблов Е.Н. Полимерные нанокompозиты – новое поколение полимерных материалов с повышенными эксплуатационными характеристиками: В сб. тр. Международного форума по нанотехнологиям «Rusnanotech-08». Москва. 3–5 декабря. 2008. Т. 1. С. 385–386.
5. Лобач А.С. Разработка композиционных наноматериалов на основе химически модифицированных одностенных углеродных нанотрубок и водорастворимых полимеров с заданными свойствами: В сб. тр. Международного форума по нанотехнологиям «Rusnanotech-08». Москва. 3–5 декабря. 2008. Т. 1. С. 479–481.
6. Алдошин С.М., Аношкин И.В., Грачев В.П. и др. Повышение свойств эпоксидных полимеров малыми добавками функционализированных углеродных наночастиц: В сб. тр. Международного форума по нанотехнологиям «Rusnanotech-08». Москва. 3–5 декабря. 2008. Т. 1. С. 410–412.
7. Беляева Т.Н., Филоненко В.И. Исследование влияния наномодифицированного наполнителя на свойства полимерных композиций: В сб. тр. Международного форума по нанотехнологиям «Rusnanotech-08». Москва. 3–5 декабря. 2008. Т. 1. С. 428–429.
8. Попов С.Н., Охлопкова А.А., Соколова П.Н., Петрова П.Н. Полимерные нанокompозиты триботехнического назначения: В сб. трудов Международного форума по нанотехнологиям «Rusnanotech-08». Москва. 3–5 декабря. 2008. Т. 1. С. 325–328.
9. Roveri N. Geoinspired synthetic chrysotile nanotubes. / N. Roveri, G. Falini, E. Foresti, G. Fracasso, I.G. Lesci, and P. Sabatino // J. Mater. Res., Vol. 21, No. 11, Nov. 2006. – P. 2711–2725.
10. Lu Jie, Monty Liong, Jeffrey I. Zink and Fuyuhiko Tamanoi. Mesoporous Silica Nanoparticles as a Delivery System for Hydrophobic Anticancer Drugs // Small. 2007. Vol. 3. No. 8. P. 1341–1346.
11. Красная книга микроструктур новых функциональных материалов. Вып. 1. Наноструктурированные материалы / Под ред. Ю.Д. Третьякова, Е.А. Гудилина. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2006. 115 с.
12. Гудилин Е.А., Вересов А.Г., Гаршев А.В. и др. Микро- и наномир современных материалов. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2006. 67 с.
13. Motojima S. Development of ceramic microcoils with 3D-helical/spiral structures // Journal of the Ceramic Society of Japan. 2008. 116 [9]. P. 921–927.
14. Долматов В.Ю. Композиционные материалы на основе эластомерных и полимерных матриц, наполненных наноалмазами детонационного синтеза // Российские нанотехнологии. 2007. Т. 2. № 7–8. С. 19–37.
15. Хозин В.Г. Усиление эпоксидных полимеров. Казань: Дом печати, 2004. 446 с.

Т.А. НИЗИНА, д-р техн. наук, П.А. КИСЛЯКОВ, инженер, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева (Саранск, Республика Мордовия)

Оптимизация свойств эпоксидных композитов, модифицированных наночастицами

В последние годы исследования, связанные с применением наносистем в строительном материаловедении, развиваются достаточно активно [1–3]. Фуллерены, углеродные нанотрубки, алмазоподобные и фуллереноподобные структуры обладают уникальными и существенно различающимися физико-химическими свойствами, что позволяет использовать их в качестве модификаторов полимерных связующих и получать на их основе композиционные материалы с широким диапазоном значений различных свойств. Учитывая достаточно высокую себестоимость производства наноматериалов фуллероидного типа, исключительный интерес представляют именно те направления применения фуллероидов, в которых для достижения промышленно значимых макроэффектов достаточно использования наноматериалов в гомеопатических дозах [3].

Цель данных исследований – изучение влияния фуллероидного многослойного синтетического наномодификатора астралена НТС (ТУ 31968474.1319.001–2000), далее астралены [4], производимого ЗАО «Астринг-Холдинг», на свойства эпоксидного композита и установление оптимальных составов по комплексу предъявляемых требований. Исследования проводили на эпоксидном связующем ЭД–20 с

отвердителем полиэтиленполиаминном (ПЭПА), пластификатором дибутилфталатом (ДФБ) и наполнителем маршалитом. Концентрация ПЭПА и ДФБ соответственно составляла 10 и 20 мас. ч. на 100 мас. ч. ЭД–20. Максимальное содержание маршалита составляло 220 мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидного олигомера.

Главная особенность технологии изготовления модифицированного астраленами эпоксидного связующего состоит в необходимости их равномерного распределения в объеме. Для этого использовали ультразвуковые колебания (УЗ).

Дополнительно проведенные исследования показали, что наиболее выгодно вводить частицы наномодификатора в менее вязкую среду, в данном случае в отвердитель, а не в смолу или композицию.

Интенсивность ультразвуковой обработки составляла 22 кВт/м²; частота – 18 кГц; время воздействия на отвердитель 15 мин. Передачу колебаний осуществляли через плоское дно ячейки с эпоксидной композицией. Важно, что после УЗ-обработки отвердитель с содержащимися в нем частицами сохраняет седиментационную устойчивость следовательно, технологичность, в течение нескольких суток. Для получения композиций с высокой однородностью распределения частиц астралена применяли дополнитель-

ную ультразвуковую обработку эпоксидного композита сразу после смешивания компонентов смеси. Длительность УЗ-обработки не превышала 20 мин.

Следствием введения наночастиц в связующее стало уменьшение его вязкости (рис. 1). Воздействие на систему ультразвуком сопровождается дополнительным разогревом смеси на 15°С за 20 мин и также приводит к снижению вязкости. Эффект от введения 0,03% астралена и 20 мин ультразвуковой обработки приводит к снижению вязкости в три раза (рис. 1).

С целью повышения эффективности дальнейших экспериментальных исследований был реализован ротатбельный план второго порядка с варьированием трех факторов: содержание астралена ($X_1 = 0,015 \pm 0,015$, % от массы связующего); длительность ультразвуковой обработки эпоксидных композиций ($X_2 = 10 \pm 10$ мин); степень наполнения маршалитом ($X_3 = 30 \pm 30$, %) на трех уровнях. Соответствие нижних уровней нулевому содержанию наномодификатора и отсутствию УЗ-обработки позволило оценить свойства ненаполненного немодифицированного композита ($x_1 = x_2 = x_3 = -1$). Натурный эксперимент поставлен по 15-точечному ротатбельному плану, позволяющему построить для свойств композита квадратич-

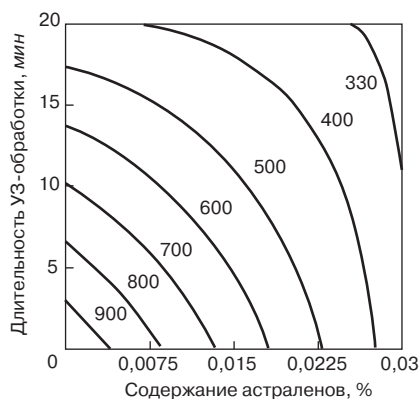


Рис. 1. Изолинии изменения вязкости, с (вискозиметр ВЗ-246, Ø4 мм), ненаполненных эпоксидных композитов

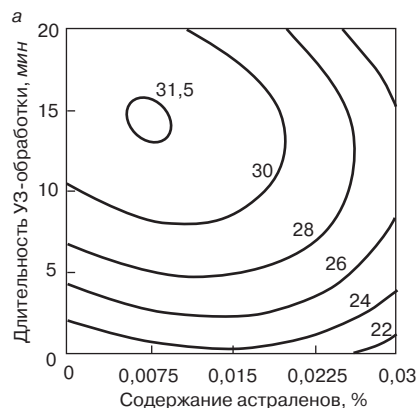
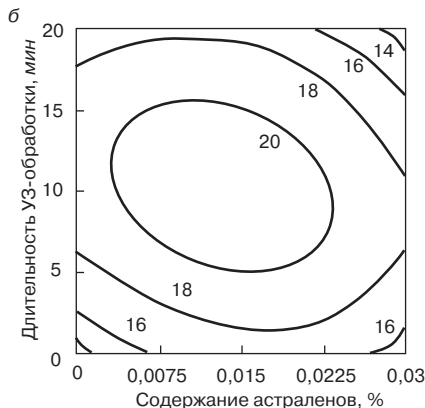


Рис. 2. Изменение предела прочности при растяжении (МПа) эпоксидных композитов от степени наполнения маршалитом: а – 0% (ненаполненный); б – 60%



| Критерии качества | Минимум, МПа | Факторы (код) | | | Максимум, МПа | Факторы (код) | | | Прирост | |
|-------------------|--------------|---------------|-------|-------|---------------|---------------|-------|-------|-----------------|------------------|
| | | x_1 | x_2 | x_3 | | x_1 | x_2 | x_3 | абсолютный, МПа | относительный, % |
| R_p | 9,98 | -1 | -1 | 0,2 | 34,71 | -0,2 | 0,4 | -1 | 24,7 | 247,8 |
| $R_{изг}$ | 12,75 | -1 | -1 | 0,1 | 39,95 | 1 | -1 | -1 | 27,2 | 213,3 |
| $R_{сж}$ | 46,38 | -0,5 | 1 | 1 | 124,4 | 1 | -1 | 0,8 | 78,1 | 168,2 |

ные структурированные экспериментально-статистические (ЭС) модели.

Проведенный анализ результатов исследований показал, что введение в состав частиц астралена в количестве 0,0075–0,018% массы связующего положительно влияет на характеристики предела прочности при растяжении (рис. 2). Наиболее ярко это проявляется для неуплотненного состава при ультразвуковой обработке в течение 15 мин (рис. 2, а).

Введение 0,015% астралена и 10 мин ультразвуковая обработка приводят к повышению предела прочности при изгибе на 20%. Увеличение длительности ультразвуковой обработки не приводит к дальнейшему росту прочности при изгибе, что связано с охрупчиванием материала вследствие повышения скорости отверждения при дополнительном разогреве смеси под действием ультразвука. Повышение степени наполнения маршалитом снижает предел прочности при изгибе. По результатам исследования наибольшее влияние на прочность при изгибе оказывает увеличение содержания астралена при длительности УЗ-обработки 10–12 мин.

Повышение доли наночастиц от 0 до 0,03% от массы связующего значительно повышает предел прочности при сжатии (рис. 3). Так, при прочих равных условиях введение 0,03% астраленов позволяет повысить прочность при сжатии на 30%. Оптимальное время ультразвуковой об-

работки составляет 5–8, в некоторых случаях 10 мин. Модуль упругости при сжатии также значительно, на 40–45% увеличивается за счет введения добавки астраленов. Однако данный эффект проявляется только при длительности УЗ-обработки, не превышающей 10 мин. Повышение влияния ультразвука до 20 мин приводит к существенному снижению данного параметра.

Для выявления оптимального состава с наилучшими характеристиками использовали метод экспериментально-статистического (ЭС) моделирования [5–7].

Определение рационального состава эпоксидного композита вели на полях трех свойств (пределов прочности при растяжении R_p , сжатии $R_{сж}$ и изгибе $R_{изг}$), описанных структурированными ЭС-моделями. Перед началом мультикритериального поиска рационального состава эпоксидных композитов проанализированы основные обобщающие показатели полей состав–прочность, информация о которых приведена в таблице.

Поле свойств Y материала, описанное ЭС-моделью, отображается семейством изоповерхностей $Y(x) = const$. Особую роль в технологических задачах играет поверхность, соответствующая уровню $Y = Y_{\text{треб}}$, требуемому по условиям конкретной задачи [6]. Это граница, которая делит поле на две области – область допустимых решений ($Y \geq Y_{\text{треб}}$) и запрещенную область ($Y < Y_{\text{треб}}$).

Объем допустимой области Ω ($0 \leq \Omega \leq 100\%$), относительный к исследуемому факторному пространству (в нормализованных переменных), характеризует устойчивость технологии и является одним из основных обобщающих показателей полей свойств материала. Чем ближе значение Ω к нулю, тем сложнее (дороже) технологу реализовать выбранное в этой области эффективное решение [6].

Для расчета объема допустимой области использовали метод Монте-Карло. Генерировали 10 тыс. равномерно распределенных случайных чисел в диапазоне от -1 до +1 для k переменных. Затем проводили расчет предсказанных значений критериев оптимизации, сортировку и подсчет количества величин, удовлетворяющих условию $Y \geq Y_{\text{треб}}$.

В данном исследовании для всех оптимизируемых параметров (пределов прочности при растяжении, сжатии и изгибе) в качестве $Y_{\text{треб}}$ были приняты значения, соответствующие характеристикам неуплотненного немодифицированного композита: $R_{p \text{ треб}} = 19,8$ МПа; $R_{изг \text{ треб}} = 24,4$ МПа; $R_{сж \text{ треб}} = 66,2$ МПа. Размер области допустимых решений для указанных выше требуемых значений составляет соответственно 32,4; 19,7 и 92,4% (рис. 4).

Метод Монте-Карло позволяет оценить размер допустимой области в случае многокритериальной оптимизации. В случае, если к разрабатываемым композитам предъявляются совместные требования по пределам прочности при растяжении и изгибе, Ω снижается до 17%, а при обеспечении требуемых характеристик по трем оптимизируемым параметрам – до 15,6%.

Для определения оптимального соотношения исследуемых параметров целесообразно проанализировать положение области компромиссных решений по каждому фактору в отдельности [7]. Для этого удобно использовать полигоны частот, приведенные на рис. 5. По полученным результатам наглядно видно, что составы, отвечающие трем предъявляемым требованиям, можно получить лишь при степени наполнения, не превышающей 18% ($X_3 = -0,4$).

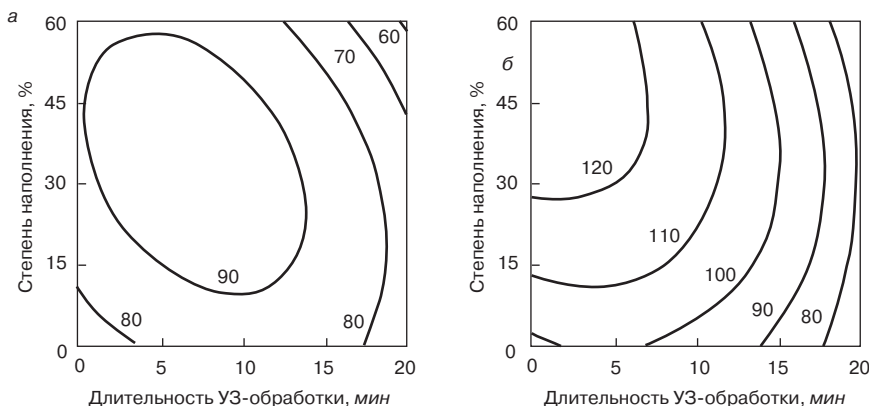


Рис. 3. Изменение предела прочности при сжатии (МПа) эпоксидных композитов от содержания астраленов: а – 0%; б – 0,03%

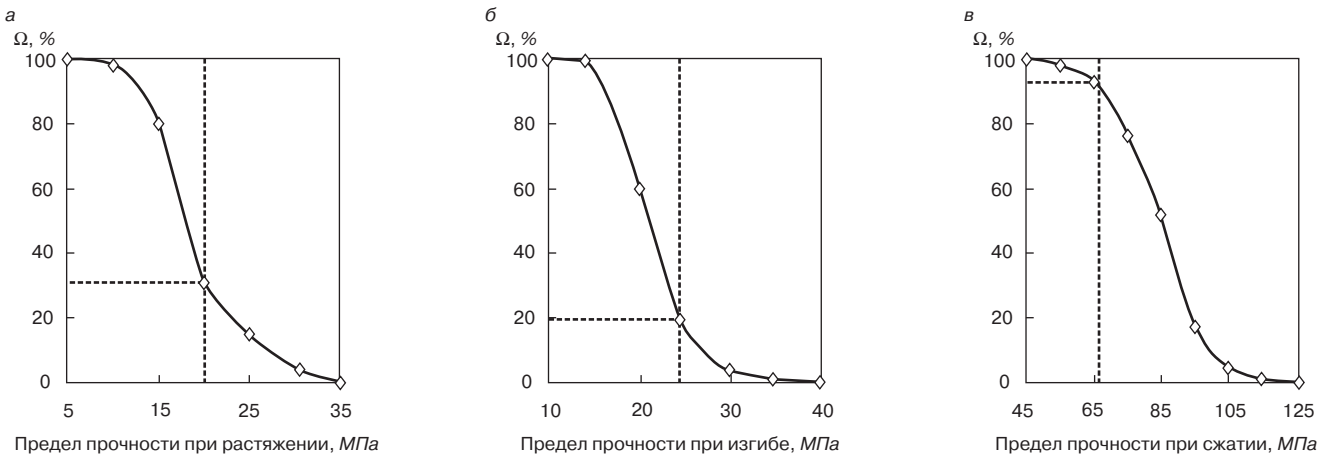


Рис. 4. Изменение объема области допустимых решений Ω от уровня требований $Y \geq Y_{\text{треб}}$

Для дальнейшего анализа и выявления оптимальных композитов, отвечающих трем предъявляемым выше требованиям, использовали метод скаляризации [8]. Максимум целевой функции определяли по формуле:

$$q(x_1, x_2, x_3) = \min \left\{ \frac{R_p}{R_{p.\text{треб.}}}, \frac{R_{\text{изг.}}}{R_{\text{изг.треб.}}}, \frac{R_{\text{сж.}}}{R_{\text{сж.треб.}}} \right\}$$

Условие $q(x_1, x_2, x_3) \rightarrow \max$ означает такой выбор системы параметров (x_1, x_2, x_3) , которая максимизирует отношение j -го реально достигнутого критерия к его контрольному значению [8].

Как показал проведенный анализ, максимум целевой функции $q = 1,347$ достигается для ненаполненного композита при введении 0,027% массы связующего астралена и длительности ультразвуковой обработки 5 мин. Упруго-прочностные характеристики состава оптимальной рецептуры следующие: предел прочности при растяжении – 26,85; при сжатии – 89,2; при изгибе – 35,9 МПа. Подобранный рецепт позволяет получить композит, пре-

вышающий контрольный состав по прочностным характеристикам соответственно на 35, 47 и 34%.

Учитывая определенные технологические трудности ультразвуковой обработки больших объемов, проанализировали возможность изготовления модифицированных наночастицами эпоксидных композитов без дополнительной УЗ-обработки. Максимум целевой функции $q = 1,253$ в этом случае достигается для ненаполненного композита при введении астралена в количестве 0,024% массы связующего. Получены следующие значения: прочность при растяжении 24,88; при сжатии 84,76; при изгибе 36,26 МПа, что превышает контрольный состав на 25; 48 и 28%.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что модификация эпоксидных связующих наночастицами астралена позволяет значительно повысить прочностные характеристики полимерных композитов.

Список литературы

1. Королев Е.В., Баженов Ю.М., Береговой В.А. Модифицирование строительных материалов нано-

углеродными трубками и фуллеренами // Строит. материалы. 2006. № 9 / Наука. № 8. С. 2–4.

2. Лесовик В. С., Строчкова В.В. О развитии научного направления «Наносистемы в строительном материаловедении» // Строит. материалы. 2006. № 9 / Наука. № 8. С. 18–20.
 3. Пономарев А.Н. Технологии микромодификации полимерных и неорганических композиционных материалов с использованием наномодификаторов фуллероидного типа: Тр. международной конференции ТПКММ, Москва, 27–30 августа 2003. С. 508–518.
 4. Патент РФ на изобретение № 2196731. Полиэдральные многослойные углеродные наноструктуры фуллероидного типа / Пономарев А.Н., Никитин В.А. // Опубл. 20.05.2007. БИ № 14. 2007.
 5. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Иванов Я.П., Николов И.И. ЭВМ и оптимизация композиционных материалов. К.: Будивельник, 1989. 240 с.
 6. Ляшенко Т. В. Области допустимых технологических решений в полном и локальных полях свойств композитов // Вісник Одес. ДАБА. 2001. Вип. 5. С. 75–80.
 7. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В. Методы компьютерного материаловедения и технология бетона: В сб. Будівельні конструкції. Вип. 56: Сучасні проблеми бетону та його технологій. Київ: НДІБК, 2002. С. 217–226.
 8. Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В., Смирнов В.А. Преодоление неопределенностей целей в задаче многокритериальной оптимизации на примере разработки сверхтяжелых бетонов для защиты от радиации // Строит. материалы. 2006. № 9 / Наука. № 8. С. 23–26.

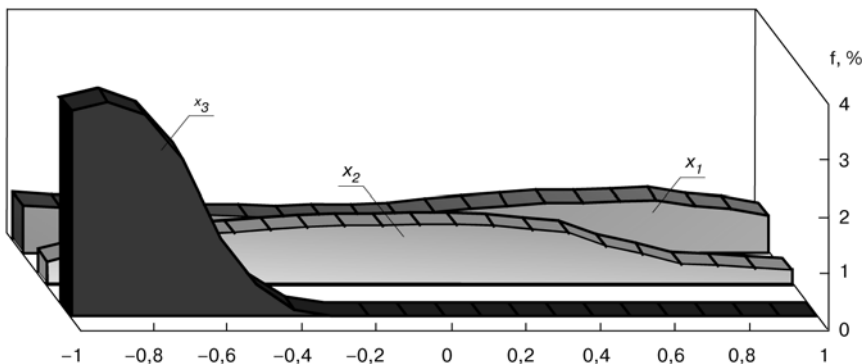


Рис. 5. Полигоны распределений уровней факторов компромиссных составов модифицированных эпоксидных композитов: x_1 – содержание астраленов,%; x_2 – длительность УЗ-обработки, мин; x_3 – степень наполнения маршалитом, %

УДК 548.5+553.678-022.532

А. А. СМОЛИКОВ, канд. техн. наук, Л. Ю. ОГРЕЛЬ, д-р техн. наук,
Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова;
А. И. ВЕЗЕНЦЕВ, д-р техн. наук, Белгородский государственный университет

Нанотрубчатый наполнитель на основе хризотила для теплостойких композиционных материалов

В строительной технике широко используются изделия из теплостойких композиционных материалов на основе органических и неорганических матриц. В качестве теплостойкого армирующего наполнителя композитов находят применение хризотил, улучшающий технологические и эксплуатационные характеристики и снижающий стоимость готовых изделий.

Природный жильный хризотил является естественным поликристаллическим композиционным материалом, в котором параллельно расположенные нанотрубчатые монокристаллы диаметром около 30 нм с внешним слоем из гидроксида магния связаны серпентиновой матрицей [1–3]. Структурным аналогом жильного хризотила является древесина, в которой волокна целлюлозы связаны лигнином. Товарный хризотил представляет собой пучки параллельно-волокнистых агрегатов длиной от долей миллиметра до нескольких сантиметров, которые без дополнительной распушки использовать в качестве армирующего наполнителя полимерных композитов нецелесообразно. Поверхностные свойства волокон хризотила различной прочности обусловлены типоморфными отличиями в структуре и химическом составе и различаются не только в зависимости от конкретного месторождения, но и в пределах одной рудной залежи [1]. Предел прочности при разрыве неповрежденных агрегированных волокон хризотила достигает 3000 МПа, а распущенных, т. е. деформированных, находится в пределах 200–500 МПа. Прочность агрегатов волокон при растяжении в перпендикулярном длине волокна направлении значительно меньше. Среднее значение предела прочности при сдвиге составляет 1,9–2 МПа [4], т. е. примерно в 1000 раз меньше предела прочности при растяжении недеформированного волокна. Это свойство лежит в основе технологии распушки товарного хризотила. Для каждой марки и сорта хризотила, с учетом его минералогических особенностей, вида и конструкции оборудования, а также некоторых других факторов должен быть экспериментально подобран оптимальный режим распушки. При сухом измельчении хризотила практически не удается добиться полной распушки агрегатов хризотила до отдельных элементарных волокон. Для исключения агрегации волокон распушку следует проводить в жидкой среде, благодаря которой частицы измельченного материала удаляются друг от друга на такое расстояние, при котором силы взаимного притяжения частиц будут меньше «расклинивающих» сил дисперсионной жидкой среды.

В технологии подготовки хризотила как наполнителя для полимерных композиционных материалов распушка и измельчение являются весьма ответственными. На заводах, перерабатывающих хризотил, получают агрегированные пучки элементарных волокон толщиной более 13 мкм, что не удовлетворяет требованиям получения высококачественных полимерных композиционных материалов, требующих полной распушки пучков хризотила.

Значительная часть поверхности волокон, образующаяся при распушке хризотила, представлена гидроксильными кристаллическими соединениями и имеет практически такой же химический состав, как и гидроксид магния [5]; рН водных суспензий свежераспущенных пучков эластичного хризотила соизмерим с величиной рН водных суспензий гидроксида магния и достигает 10,3.

Для получения теплостойких композиционных материалов на основе полиметилфенилсилоксановой смолы требуются наполнители с рН водных суспензий, близким к нейтральному значению. Фенилсилоксановая композиция включает в свой состав некоторое количество отвердителя, который в присутствии наполнителей с высокой удельной поверхностью и $\text{pH} < 7$ взаимодействует с поверхностью наполнителя. В этом случае полимерная композиция плохо отверждается. При введении наполнителей с рН водной вытяжки более 9,5 кремнийорганическая композиция отверждается слишком быстро, что также отрицательно сказывается на качестве получаемых изделий.

Цель данной работы – разработка промышленной технологии получения волокнистого армирующего наполнителя для полимерных композиционных материалов на основе фенилсилоксанов с величиной рН водной суспензии наполнителя 7,5–8,5.

Снизить рН водных суспензий хризотила до требуемых значений можно модификацией поверхности волокон. Для осуществления этой задачи был применен механохимический метод получения нановолокон с заданными физико-химическими свойствами поверхности.

В результате исследования свойств хризотиллов различных месторождений был выбран хризотил Баженовского месторождения марки БП–5–65, имеющий следующий химический состав, мас. %: SiO_2 – 41,3; MgO – 42,56; Al_2O_3 – 0,65; Fe_2O_3 – 1,1; FeO – 0,45; H_2O – 13,8.

Помол хризотила в фарфоровых шаровых мельницах (МЛШК) проводили как в воздушной, так и в водной средах. Механохимическую обработку проводили в этих же средах в присутствии кварцевого песка. При этом увеличивается скорость помола хризотила, а измельченный кварцевый песок вступает в химическое взаимодействие с дисперсным хризотилом и кремнийорганической матрицей, т. е. активно участвует в структурообразовании и улучшает физико-химические и физико-механические характеристики конечного композиционного материала. Из суспензии, полученной после распушки материала в жидкости, удаляли жидкую фазу. При сушке происходит агрегирование полученных нановолокон хризотила, система приобретает вид коржа. Полученный хризотилковый корж подвергали дезагрегации в шаровой мельнице.

С целью оптимизации состава материала и определения соотношения кварцевого песка и хризотила были проведены замеры рН 4% водной суспензии исходных компонентов, а также продуктов измельчения и механо-

химической обработки. Измерения показали, что pH водной суспензии хризотила и кварцевого песка зависит от условий и продолжительности измельчения.

При измельчении хризотила значение pH водной суспензии зависит от условий и среды измельчения. При сухом измельчении в течение 8 ч наблюдается некоторое увеличение pH от 9,6 до 9,8, которое в дальнейшем практически не меняется. При мокром способе помола, наоборот, pH снижается от 9,6 до 8,8 за то же время. Такие же зависимости наблюдаются и при совместном помоле хризотила и кварцевого песка взятых в массовом отношении 1:1. При сухом помоле хризотила pH водной суспензии возрастает от 9,6 до 9,75, а при мокром помоле экспоненциально снижается от 9,6 до 8,25 за тот же период времени. Последний продукт по величине pH водной суспензии удовлетворяет требованиям, предъявляемым к наполнителям для кремнийорганических полимерных композитов. Механическая смесь хризотила и песка после раздельного сухого помола имеет значение pH = 9,28, а после мокрого – pH = 9,25.

Для подтверждения возможности частичной аморфизации волокон хризотила при механическом измельчении [6, 7] проведен рентгенографический и термографический анализы исходного хризотила и продуктов механохимической обработки. На рентгенограммах исходного хризотила, полученных на дифрактометре ДРОН-3.0 (рис. 1), выделены следующие минералы: хризотил (7,36; 3,66; 2,44; 1,525 Å), брусит (4,72; 2,32; 1,78 Å) и небольшие примеси магнетита (2,47; 2,09; 1,61; 1,48 Å) и талька (9,21; 3,1 Å). Слабое отражение 7,62 Å, возможно, принадлежит другому серпентиновому минералу – лизардиту. Уменьшение величины пиков 7,36, 3,66, 2,44 Å и др. свидетельствует о разупорядочивании структуры хризотила при измельчении.

Термографические исследования образцов измельченного различными способами хризотила были проведены на дериватографе системы Паулик – Паулик – Эрдей модели ОД-102. Скорость нагрева 20 град/мин, чувствительность ДТА = 1/10 и ДТГ = 1/15, в диапазоне потерь массы (ТГ) – 100 мг; тигли корундовые, масса навески – 500 мг; атмосфера статическая – воздух. Установлено, что сухое измельчение хризотила приводит к аморфизации его структуры при сохранении количества структурной воды. На дериватограммах неизмельченного хризотила (рис. 2) на кривой ДТА наблюдаются два эн-

доэфекта: в интервале 80–220°C (связан удалением свободной и адсорбционной воды) и 580–720°C (связан с удалением структурной воды) [7], а также экзоэффект в интервале 800–830°C с максимумом в точке 810°C (который связан скорее всего с образованием кристаллической решетки форстерита). Описанные эффекты зафиксированы при анализе кривой ТГ: в области 80–220°C наблюдается плавное понижение кривой, что соответствует уменьшению массы образца; в области 320–460°C наблюдается плавная ступень понижения кривой, которая, возможно, соответствует разложению брусита. Резкое снижение кривой при 580–720°C свидетельствует об удалении кристаллохимической воды из хризотила. После того как хризотил был подвергнут измельчению и механохимической обработке в шаровой мельнице в течение 20 ч до размеров частиц, проходящих через сито №063, сделан термический и рентгеновский анализ полученных образцов хризотила сухого и мокрого помолов. Сравнивая кривые ТГ, можно заметить, что у хризотила, измельченного в воздушной среде, кривая ТГ имеет больший наклон по сравнению с хризотилом, измельченным в воде, что свидетельствует о большей аморфизации структуры волокон сухого измельчения и, как следствие, о более легком выделении кристаллогидратной воды.

При сравнении расположения эндоэффектов на кривых ДТА заметно смещение эндоэффекта, соответствующего дегидратации хризотила, в область 640–72°C у исходного хризотила, 620–700°C у измельченного в воде и 570–690°C у измельченного в воздушной среде. Явление смещения эндоэффекта образцов измельченного хризотила ранее было отмечено Мартинесом [8]. На кривой ДТА продуктов мокрого помола скорость максимальной дегидратации (минимум соответствующего эндоэффекта) имеет промежуточное значение, что свидетельствует о меньшей, чем при сухом измельчении, аморфизации хризотила.

Экзотермический эффект, соответствующий возможному образованию форстерита, наблюдается на кривых ДТА при температуре ~800°C независимо от способа помола. На кривой образцов хризотила сухого помола пик в 2,5 раза выше, чем у образцов неизмельченного хризотила. Эти данные, а также увеличение наклона кривой ТГ свидетельствуют о разупорядочении структуры хризотила при его измельчении. На кривой ДТГ исходного хризотила зафиксирован эффект разложения

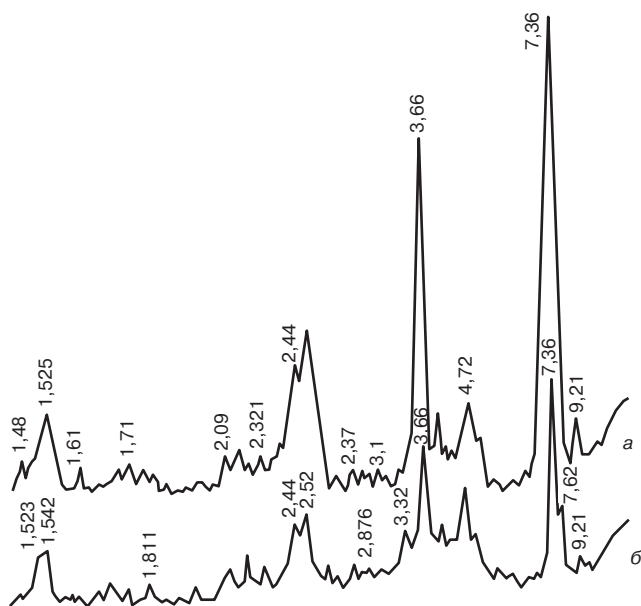


Рис. 1. Порошковые рентгеновские дифрактограммы хризотила БП-5-6: а – исходного; б – измельченного в воде

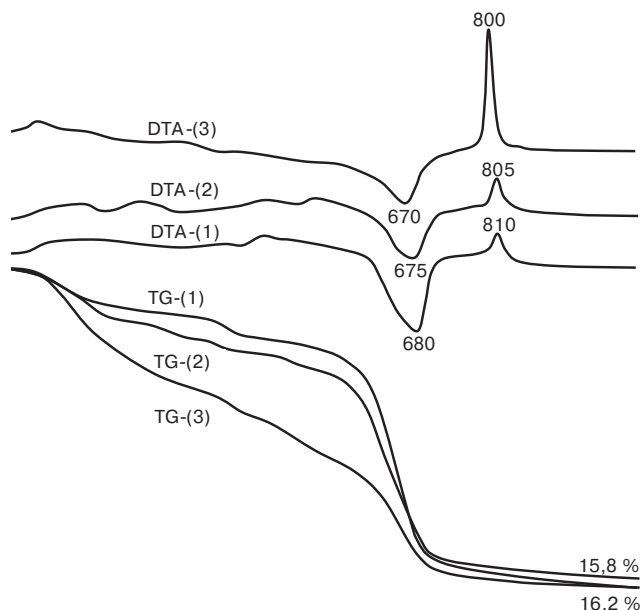


Рис. 2. Кривые ДТА и ТГ хризотила БП-5-6: 1 – исходного; 2 – помола в воде; 3 – измельченного в воздушной среде

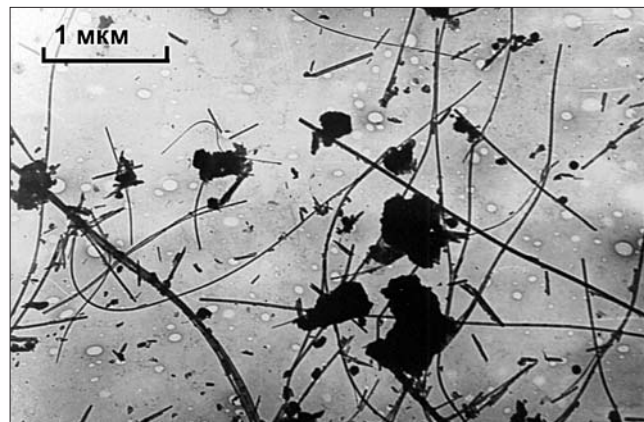
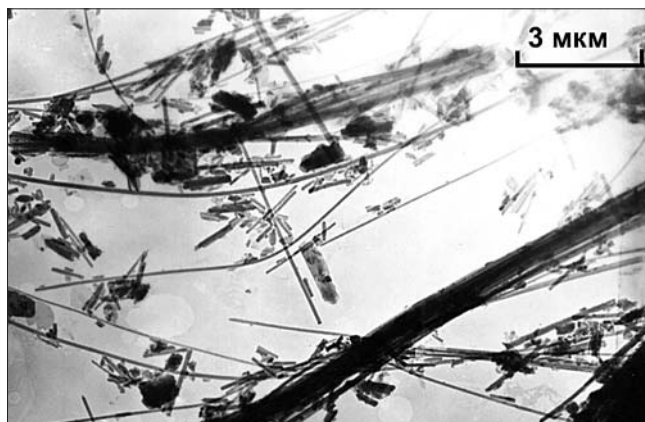


Рис. 3. Продукты измельчения товарного хризотила: а – при сухом способе помола; б – при мокром помоле

брусита в интервале 320–450°C, что согласуется с данными [9]. По результатам термогравиметрического анализа установлено, что в исходном хризотиле содержится 0,73 мас. % свободного брусита, который способствует повышению рН суспензии. На кривых ТГ образцов сухого и мокрого помола хризотила совместно с кварцевым песком этот эффект не зарегистрирован, что свидетельствует о связывании брусита при механохимической обработке. Этот вывод подтверждается данными рентгеновского анализа. На рентгенограмме образца хризотила после измельчения в воде в течение 20 ч рефлексы, характерные для брусита, не зарегистрированы.

Характер кривых термогравиметрического анализа образцов, полученных совместным измельчением песка и хризотила в воздушной среде и в воде, идентичен характеру кривых чистого хризотила, измельченного в тех же средах.

Механизм взаимодействия кварцевого песка и хризотила при мокром помоле можно представить следующим образом: в начальный период помола в водной среде происходит диссоциация поверхностного слоя хризотила, имеющего бруситоподобный состав и строение. В раствор переходят преимущественно ионы OH^- , а ионы Mg^{2+} остаются на поверхности хризотила и являются активными центрами, на которые хемосорбируются кремнекислородные ионы. С увеличением времени измельчения поверхностный слой волокон хризотила разрушается и происходит миграция ионов Mg^{2+} , на поверхности оказываются кремнекислородные тетраэдры, которые при взаимодействии с водой частично образуют кремниевую кислоту, диссоциирующую с отщеплением протонов H^+ . Взаимодействие растворимых ионов Mg^{2+} с активными силанольными группами возможно на свежей поверхности разрушенных зерен кварца. О морфологии продуктов измельчения можно судить по рис. 3.

Полученный таким способом хризотилковый наноапполнитель позволил в производственных условиях полностью устранить технологический брак при изготовлении изделий из фенилсилоксанов.

Теплостойкий композиционный материал на основе фенилсилоксана и хризотилового наноапполнителя имеет следующие характеристики: плотность 1,8 г/см³; температура эксплуатации до 460°C; предел прочности при изгибе 130 МПа при 20°C; после термостарения при 300°C в течение 1000 ч 90 МПа, при 350°C в течение 800 ч 60 МПа, при старении 400°C в течение 100 ч 59 МПа; ударная вязкость 65–75 кг·см/см²; удельное поверхностное электрическое сопротивление не менее 10¹⁴ Ом, объемное электрическое сопротивление не менее 10¹² Ом·см; тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 1 МГц не более 0,018–0,02; электропрочность (непробивное) – 8 кВ/мм; диэлектрическая проницаемость 5,5; по показателю горючести материал самозатухающий, слабодымя-

щий, группа 2. Кремнийорганическая композиция в состоянии поставки и в отвержденном состоянии физиологически безвредна, негорюча, пожаробезопасна.

Таким образом, при механохимическом модифицировании выявлены закономерности модифицирования поверхности кристаллов хризотила: влияние дисперсионной среды на рН 4% водной суспензии, изменение рН в зависимости от продолжительности помола. Получен хризотилковый наноапполнитель с заданной дисперсностью и значениями рН как в виде мономинеральной фазы, так и в виде смеси волокон с модифицирующими их поверхность компонентами.

Работа проведена в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2007–2012 годы» по лоту «Работы по проведению проблемно-ориентированных поисковых исследований и формированию научно-технического задела в области создания и обработки полимеров и эластомеров» (шифр заявки 2009-03-1.3-01-114).

Список литературы

1. Перлин В. Д. Структура, свойства и применение хризотил-асбеста в асбестоцементной промышленности: В сб. Итоги науки и техники. Сер. Неметаллические полезные ископаемые. М.: Наука, 1973. Т. 3. С. 74–127.
2. Yada K. Study of chrysotile asbestos by a high resolution electron microscope // Acta Crystallography. 1967. V. 23. P. 704–707.
3. Whittaker E. J. W., Zussman J. The characterization of the serpentine minerals by X-ray diffraction // Mineralogical Magazine. 1956. V. 31. № 233. P. 107–126.
4. Тимашев В. В., Гризак Ю. С. Технология асбестоцементных изделий. М.: СИ, 1979. 336 с.
5. Whittaker E. J. W. Chrysotile Fibers Felled or Hollow Tubes? // Chemical and Engineering News. 1963. V. 30. № 9 (Sept.). P. 34–35.
6. Островский В. П., Харитонов Н. П. Структурные изменения хризотилового асбеста под действием температуры // Изв. вузов. Неорганические материалы. 1975. Т. 11. № 5. С. 22–53.
7. Везенцев А. И., Смоликов А. А., Солодовников Д. Н. Термические свойства хризотил-асбеста // Изв. АН СССР. Неорганические материалы. 1987. Т. 23. № 4. С. 669–671.
8. Martinez E. The effect of particle size on the thermal properties of serpentine minerals // American Mineralogist. 1961. V. 46. P. 901–912.
9. Иванова В. П., Каситов Б. К., Красавина Г. В., Розинович Е. А. Термический анализ минералов и горных пород. Л.: Недра, 1974. 399 с.

С.В. ФЕДОСОВ, д-р техн. наук, член-корр. РААСН,
В.И. БОБЫЛЕВ, А.М. СОКОЛОВ, кандидаты техн. наук,
Ивановский государственный архитектурно-строительный университет

Математическое моделирование температурно-временных зависимостей удельной проводимости бетонных смесей

Перспективным способом тепловой обработки бетонных смесей и железобетонных изделий является разогрев протекающим через них электрическим током [1, 2]. Известно, что удельная проводимость бетонных смесей при электротепловой обработке существенно изменяется и на ее величину оказывает влияние несколько факторов [3, 4]. Знание удельной проводимости бетона необходимо для расчета и оптимизации установок такого назначения и режимов их работы. Необходима математическая модель удельной проводимости бетона.

Бетонная смесь представляет собой сочетание различных материалов, поэтому для определения ее проводимости может быть использована формула удельной проводимости композиционного электротехнического материала [5]:

$$\gamma = \frac{1}{\gamma_v} = \gamma_{ц} \cdot V_{ц}^* + \gamma_{п} \cdot V_{п}^* + \gamma_{г} \cdot V_{г}^*, \quad (1)$$

где $\gamma_{ц}$, $\gamma_{п}$ и $\gamma_{г}$ — удельные проводимости цементного теста, песка и гравия соответственно; $V_{ц}^*$, $V_{п}^*$ и $V_{г}^*$ — объемные доли составляющих бетонной смеси; γ_v — удельное объемное сопротивление.

Измерения удельной проводимости бетона классов В20 и В15 при тепловой обработке [4, 6] показали, что величина ее колеблется в пределах $\gamma = 10^{-0,4} - 10^{-3,5}$ См/м. Удельная проводимость песка и гравия, по литературным сведениям [5], находится в пределах $\gamma_{п} \approx \gamma_{г} = 10^{-8} - 10^{-11}$ См/м, как минимум на четыре порядка меньше удельной проводимости бетона. Это означает, что электропроводность бетона полностью определяется проводимостью цементного теста. Тогда выражение (1) может быть записано в более простом виде:

$$\gamma = \gamma_{ц} \cdot V_{ц}^* \quad (2)$$

Проводимость твердых и жидких неметаллических материалов имеет ионный характер и описывается известным соотношением [5]:

$$\gamma = A \cdot e^{-\frac{b}{T+273}}, \quad (3)$$

где T — температура бетонной смеси; b — постоянный коэффициент; $A = q \cdot n \cdot u$, здесь q — величина единичного свободного заряда; n — концентрация свободных зарядов; $u = \vartheta_{ср} / E$ — подвижность свободных зарядов (для заданного материала величина постоянная); $\vartheta_{ср}$ — средняя скорость движения свободных зарядов в направлении электрического поля; E — напряженность электрического поля.

Проводимость цементного теста обеспечивается перемещением ионов, обусловленных диссоциацией молекул воды и примесями, растворенными в воде. Поэтому можно предположить, что концентрация свободных зарядов будет пропорциональна концентрации молекул воды N_B , находящихся в несвязанном состоянии:

$$n = K_B \cdot N_B, \quad (4)$$

где K_B — постоянный коэффициент.

При твердении бетона происходит переход молекул воды в связанное состояние. Характер изменения прочности бетона в зависимости от времени и температуры известен [7]. Из него следует, что скорость перехода молекул воды из несвязанного состояния в связанное будет зависеть от концентрации молекул N_B и температуры T , а сам процесс описывается линейным дифференциальным уравнением:

$$\frac{dN_B}{dt} = -M \cdot N_B \cdot T^\beta, \quad (5)$$

где t — время; M и β — постоянные коэффициенты; знак «—» в правой части уравнения отражает убывающий характер зависимости $N_B(t)$; уравнение справедливо для $T \geq 0$. Решение уравнения имеет вид:

$$N_B = N_{B0} \cdot \exp(-M \cdot \int_0^t T^\beta \cdot dt), \quad (6)$$

где N_{B0} — начальное значение концентрации молекул воды в только что приготовленном бетоне ($t=0$); температура является некоторой функцией времени $T=f(t)$.

С учетом выражений (6) и (5) формула (3) приобретает вид:

$$\gamma_{ц} = q \cdot u \cdot K_B \cdot N_{B0} \cdot e^{-M \cdot \int_0^t T^\beta \cdot dt} \cdot e^{-\frac{b}{T+273}} = \gamma_{ц0} \cdot e^{\left(\frac{bT}{T+273} \right)_{273} - M \cdot \int_0^t T^\beta \cdot dt}, \quad (7)$$

где $\gamma_{ц0} = q \cdot u \cdot K_B \cdot N_{B0} \cdot e^{-\frac{b}{273}}$ — удельная проводимость свежего цементного теста ($t=0$) при $T=0^\circ\text{C}$.

При подстановке (7) в (2) получаем формулу для определения удельной проводимости бетона:

$$\gamma = \gamma_{ц0} \cdot V_{ц}^* \cdot e^{\left(\frac{bT}{T+273} \right)_{273} - M \cdot \int_0^t T^\beta \cdot dt} = \gamma_0 \cdot e^{\left(\frac{bT}{T+273} \right)_{273} - M \cdot \int_0^t T^\beta \cdot dt}, \quad (8)$$

где $\gamma_0 = \gamma_{ц0} \cdot V_{ц}^*$ — удельная проводимость свежего бетона при температуре $T=0^\circ\text{C}$; объемная доля цементного теста определяется из соотношения:

$$V_{ц}^* = \frac{Q_B}{\delta_B} + \frac{Q_{ц}}{\delta_{ц}},$$

здесь Q_B и $Q_{ц}$ — массовая концентрация воды и цемента соответственно; $\delta_B = 1000$ и $\delta_{ц} = 2600$ кг/м³ — плотность воды и цемента соответственно.

Выражение (8) отражает влияние на электропроводность бетона состава бетона, его температуры, времени твердения. Эта формула справедлива для любых марок бетона, отличие состоит в величине постоянных величин, входящих в ее состав ($\gamma_{ц0}$, M , b , β), которые можно определить опытным путем. Экспериментальное исследование электропроводности бетона класса В20 [6] позволило оценить значения этих постоянных для напряжений различной частоты (см. таблицу).

Формула (8) позволяет с использованием приведенных в таблице значений расчетным путем определять

| Частота напряжения | $V_{цт}^*$, отн. ед. | $\gamma_{цт}^0$, 1/Ом·м | b, 1/°C | $M \times 10^{-6}$, 1/(°C) $^{\beta}$ ·ч | β , отн. ед. |
|--------------------|--------------------------|-----------------------------|---------|----------------------------------------------|-----------------------|
| 50 Гц | 0,308 | 0,29 | 964 | 5 | 2,63 |
| 20 кГц | | 0,49 | 878 | 75 | 1,9 |

удельную проводимость бетона при известном законе изменения его температуры во времени.

Наибольший практический интерес представляет знание величины удельной проводимости бетона при тепловой обработке. В этом случае закон изменения температуры бетона во времени описывается соотношениями:

– для стадии нагревания:
 $T(t) = \vartheta_{нагр} \cdot t + T_H, 0 \leq t \leq t_{нагр};$ (9)

– для изотермической стадии:
 $T(t) = T_{изот} = const, \Delta t_{нагр} \leq t \leq \Delta t_{нагр} + \Delta t_{изот};$ (10)

– для стадии охлаждения:
 $T(t) = T_{изот} - \vartheta_{охл} \cdot (t - \Delta t_{нагр} - \Delta t_{изот}), \Delta t_{нагр} + \Delta t_{изот} \leq t,$ (11)

где $\vartheta_{нагр}$ – скорость нагревания бетона, °С/ч; $\vartheta_{охл}$ – скорость остывания бетона, °С/ч; T_H и $T_{изот}$ – начальная температура свежего бетона и температура изотермической стадии соответственно, °С; $\Delta t_{нагр}$ и $\Delta t_{изот}$ – длительность стадии нагревания и изотермической стадии соответственно, ч.

Закон изменения температуры при тепловой обработке описывается функцией, имеющей разрыв в двух точках: в конце стадии нагревания и изотермической, что необходимо учитывать при выполнении интегрирования в формуле (7). В результате подстановки выражений (9)–(11) в (8), интегрирования и преобразований получены следующие формулы для определения удельной проводимости бетона:

– для стадии нагревания:

$$\gamma = \gamma_0 \cdot \exp \left\{ \frac{b \cdot (\vartheta_{нагр} \cdot t + T_H)}{273 \cdot (273 + \vartheta_{нагр} \cdot t + T_H)} - \frac{M \cdot [(\vartheta_{нагр} \cdot t + T_H)^{\beta+1} - T_H^{\beta+1}]}{\vartheta_{нагр} \cdot (\beta+1)} \right\};$$
 (12)

– для изотермической стадии:

$$\gamma = \gamma_0 \cdot \exp \left\{ \frac{b \cdot T_{изот}}{273 \cdot (273 + T_{изот})} - \frac{M \cdot (T_{изот}^{\beta+1} - T_H^{\beta+1})}{\vartheta_{нагр} \cdot (\beta+1)} - M \cdot T_{изот}^{\beta} \cdot (t - \Delta t_{нагр}) \right\};$$
 (13)

– для стадии охлаждения:

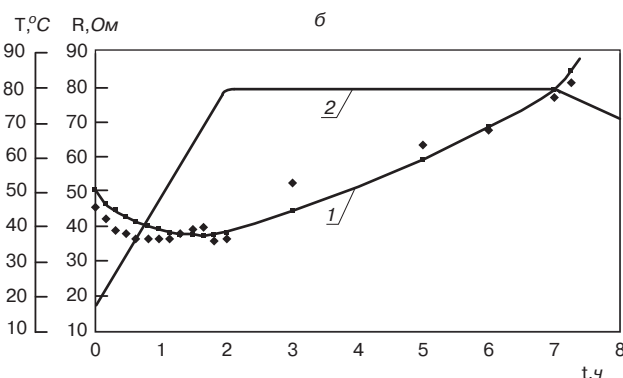
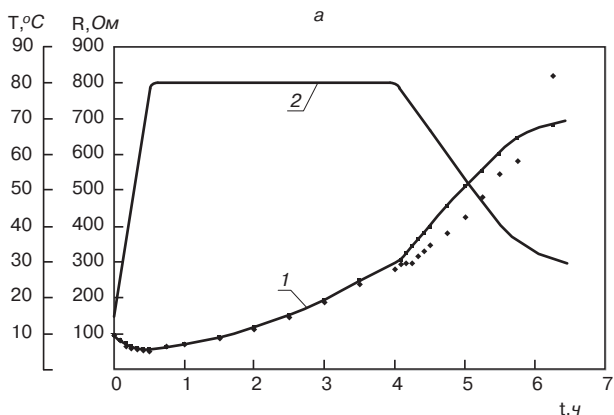
$$\gamma = \gamma_0 \cdot \exp \left\{ \frac{b \cdot (T_{изот} - \vartheta_{нагр} \cdot [t - \Delta t_{нагр} - \Delta t_{изот}])}{273 \cdot (273 + T_{изот} - \vartheta_{нагр} \cdot [t - \Delta t_{нагр} - \Delta t_{изот}])} - M \cdot T_{изот}^{\beta} \cdot \Delta t_{изот} - \frac{M}{\vartheta_{охл} \cdot (\beta+1)} \cdot (T_{изот} + \vartheta_{охл} \cdot (\Delta t_{нагр} + \Delta t_{изот}))^{\beta+1} - [T_{изот} + \vartheta_{охл} \cdot (\Delta t_{нагр} + \Delta t_{изот}) - \vartheta_{охл} \cdot t]^{\beta+1} \right\}.$$
 (14)

На рисунке представлено сравнение результатов расчетов с использованием формул (12)–(14) и опытных значений сопротивления при выполнении электротепловой обработки стандартных образцов 100x100x100 мм с использованием переменного напряжения с частотой 50 Гц и 20 кГц. Величину сопротивления образцов вычисляли по формуле: $R = 10 \cdot r_v = 10 / \gamma$.

Как видно из приведенного рисунка, наблюдается удовлетворительное совпадение результатов расчета и эксперимента, что дает основание для использования полученной математической модели удельной объемной проводимости бетона в расчетах промышленных процессов и установок электротепловой обработки железобетонных изделий.

Список литературы

1. Крылов Б.А. Электроразогрев бетонных смесей и перспективные области его применения // Строит. материалы. 2002. № 5. С. 8–10.
2. Трембицкий С.М. Энергосберегающие технологии изготовления железобетонных изделий и конструкций // Бетон и железобетон. 2006. № 6. С. 23–26.
3. Пионкин Н.Г. Оценка эмпирических зависимостей электрического сопротивления бетонных смесей от температуры // Бетон и железобетон. 1992. № 12. С. 4–5.
4. Бобылев В.И., Соколов А.М. Исследование электрических параметров бетонных смесей: Тез. докл. междунар. научн.-технич. конф. «Состояние и перспективы развития электротехнологий». Иваново, 2001.
5. Богородицкий Н.П., Пасынков В.В., Тареев Б.М. Электротехнические материалы. Л.: Энергоатомиздат, 1985.
6. Федосов С.В., Бобылев В.И., Митькин Ю.А., Соколов А.М. Исследование параметров электротепловой обработки бетона токами различной частоты // Строит. материалы. 2009. № 4. С. 102–104.
7. Афанасьев А.А. Бетонные работы. М.: Высшая школа, 1991.



Сравнение экспериментальных данных и расчета по предложенной модели для частоты поля 50 Гц (а) и 20 кГц (б): 1 – расчетные зависимости сопротивления образца R; 2 – изменение температуры образца T. Здесь точки – эксперимент, сплошные линии – расчет

УДК 666.9

А.О. ЛЮТЕНКО, канд. техн. наук, М.А. НИКОЛАЕНКО, инженер, А.Ф. ЩЕГЛОВ, канд. техн. наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова; Е.И. ХОДЫКИН, канд. техн. наук, зам. директора по развитию, ООО ОСК «ВАЛЕНТИН» (Челябинск)

Экспресс-метод определения количества цемента для получения заданного класса прочности грунтобетона

При строительстве автомобильных дорог с использованием укрепленных грунтов в конструктивных слоях дорожных одежд большое значение имеет подбор материала с заданными характеристиками прочности и морозостойкости. Задача состоит в разработке оптимального состава грунтобетонной смеси с минимальным расходом вяжущих, удовлетворяющей нормативным требованиям, зависящим от дорожно-климатической зоны и расположения слоя грунтобетона в дорожной одежде.

С целью создания математической модели зависимости прочностных характеристик дорожно-строительного материала от содержания вяжущего были проведены исследования изменения прочности грунтобетона на основе суглинка тяжелого ($I_p=14$) и супеси пылеватой ($I_p=4$), укрепленных различным количеством цемента марки ЦЕМ1 32,5Н.

Анализ полученных результатов эксперимента (рис. 1) показывает, что зависимость прочности при сжатии ($R_{сж}$) грунтобетона от процентного содержания вяжущего и количества циклов замораживания-оттаивания является нелинейной, что свидетельствует о сложности происходящих процессов.

На основании экспериментальных данных можно определить функцию зависимости прочности от параметров, пользуясь структурой следующего соотношения [1, 2]:

$$R_{сж} = f(A_1, \dots, A_n), \quad (1)$$

где $R_{сж}$ – предел прочности при сжатии; A_1, \dots, A_n – варьируемые параметры, такие как процентное содержание компонентов, их типы и т. д.

Соотношение (1) является моделью оценки прочности образцов из грунтобетонной смеси. Определенный в результате эксперимента состав грунтобетона,

обеспечивающий требуемую $R_{сж}$ и необходимую морозостойкость при минимальном расходе вяжущего, считается оптимальным для строительства заданного конструктивного слоя в дорожной одежде.

Задача подбора состава компонентов грунтобетонной смеси является известной [3], однако на практике часто возникает задача, обратная рассмотренной, состоящая в подборе количества одного или нескольких компонентов по заданному значению класса прочности грунтобетона. Для решения данной задачи может быть недостаточно модели в табличном представлении на основе соотношения (1). Необходимо обладать математической моделью, в которую искомые компоненты будут входить явно [2].

Зависимость прочности при сжатии от концентрации вяжущего ($C_{ЦЕМ}$) и количества циклов замораживания-оттаивания (C_{3-0}) представим в виде полинома двух переменных степени N . С учетом вышеизложенного уравнение регрессии имеет вид:

$$R_{сж}(C_{ЦЕМ}, C_{3-0}) = \sum_{k=0}^N \sum_{m=0}^N b_{k(N+1)+m} C_{ЦЕМ}^k C_{3-0}^m, \quad (2)$$

где $b_{k(N+1)+m}$ – искомые коэффициенты уравнения регрессии; N – показатель степени; k, m – индексы.

Взаимозависимость между переменными $C_{ЦЕМ}$, C_{3-0} и прочностью ограничим полиномом третьего порядка, т. е. положим $N=3$.

Оценка коэффициентов уравнения (2), обладающих свойствами несмещенности, состоятельности, эффективности и достаточности, можно найти с помощью метода наименьших квадратов (МНК). Для получения несмещенных оценок необходимо использовать обобщенный МНК (ОМНК).

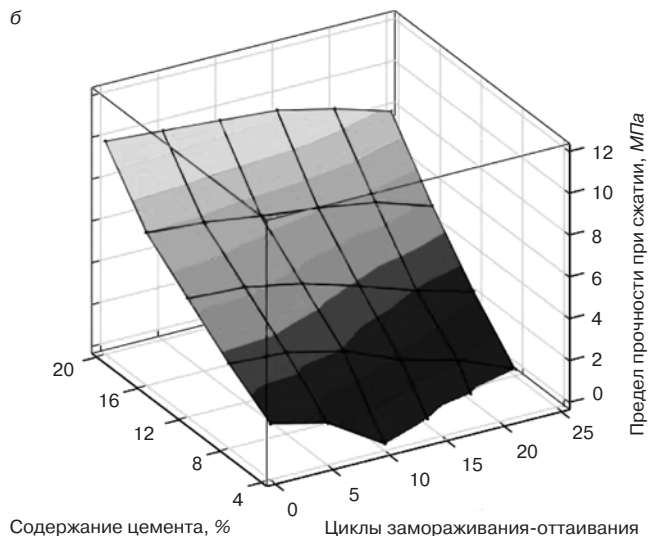
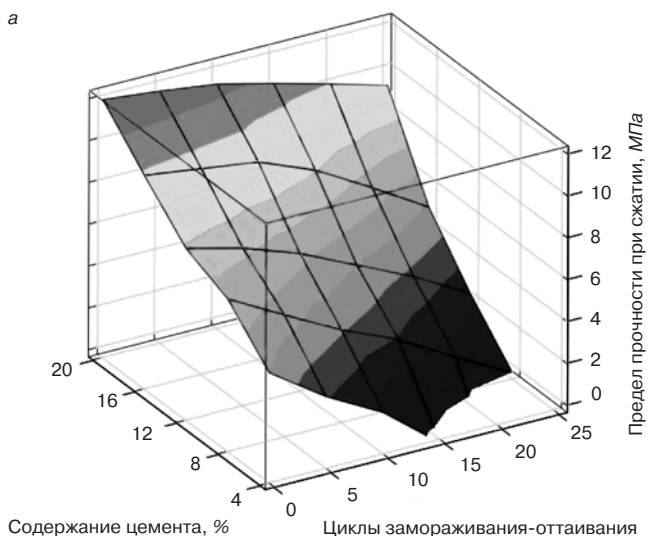


Рис. 1. Зависимости предела прочности при сжатии грунтобетона от содержания вяжущего и количества циклов замораживания-оттаивания для: а – суглинка тяжелого; б – супеси пылеватой

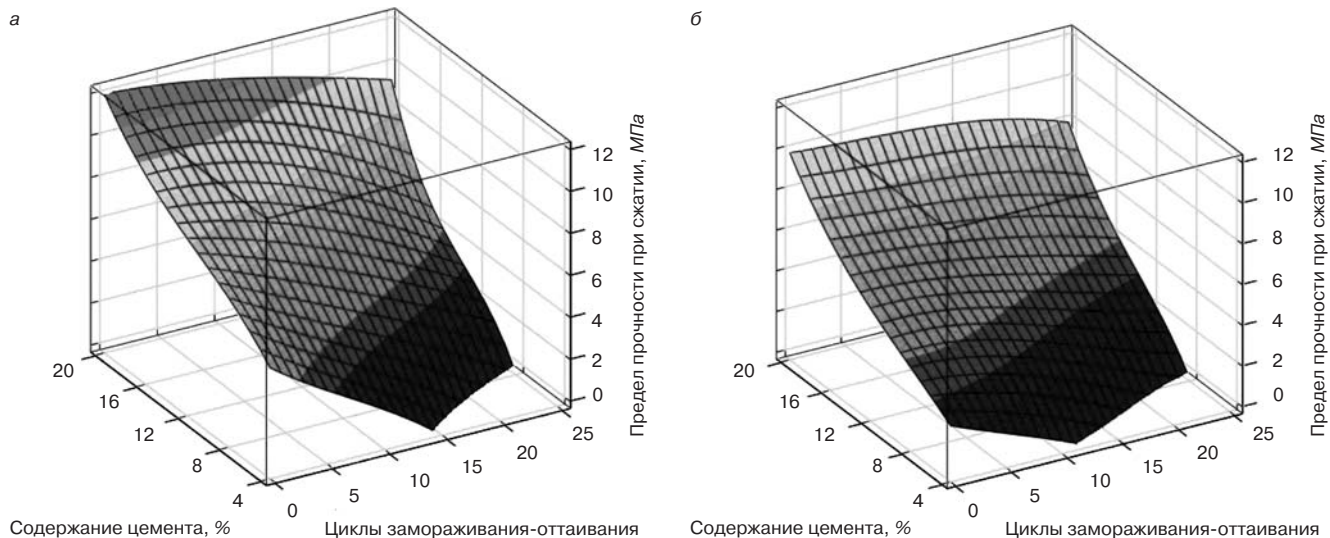


Рис. 2. Зависимости предела прочности при сжатии грунтобетона от содержания вяжущего и количества циклов замораживания-оттаивания, построенные по эмпирической модели для: а – суглинка тяжелого; б – супеси пылеватой

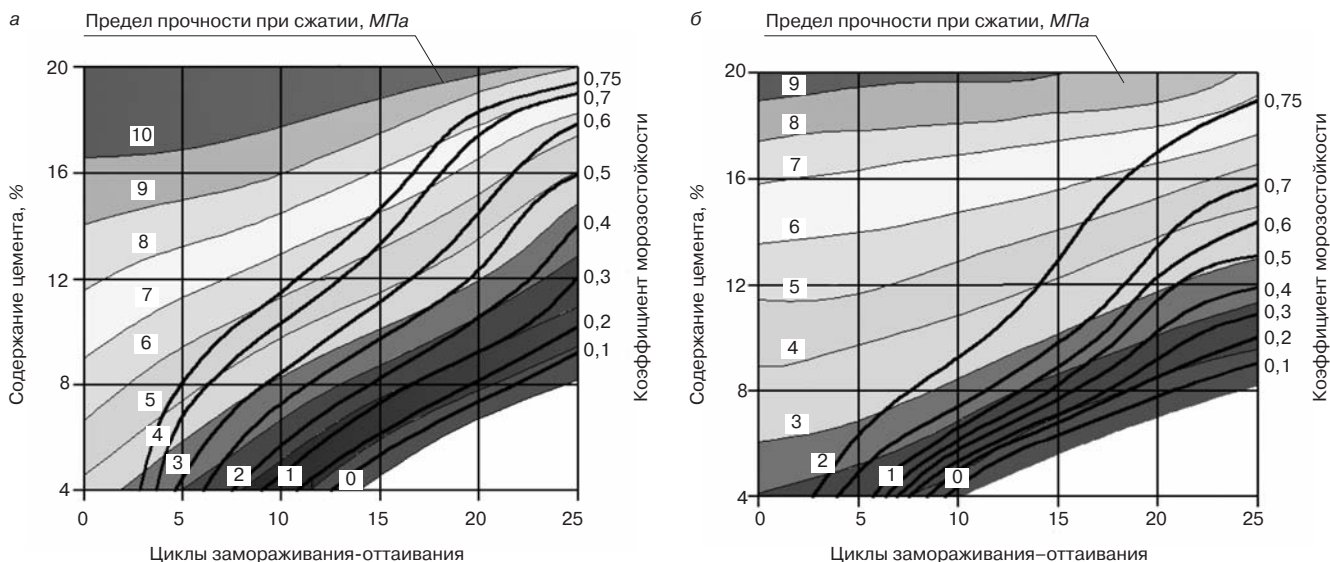


Рис. 3. Номограммы для определения количества цемента для получения заданного класса прочности грунтобетона на основе: а – суглинка тяжелого; б – супеси пылеватой

На рис. 2 приведены графики зависимостей, полученных по предложенной эмпирической модели. Следует отметить, что модель достаточно адекватно описывает исследуемый процесс.

Аналогично проведено исследование изменения коэффициента морозостойкости от содержания цемента и количества циклов замораживания-оттаивания для данных типов грунтов по следующему уравнению регрессии:

$$K_{\text{МОР}}(C_{\text{ЦЕМ}}, C_{3-0}) = \sum_{k=0}^N \sum_{m=0}^N b_{k(N+1)+m} C_{\text{ЦЕМ}}^k C_{3-0}^m \quad (3)$$

Далее графики, построенные по эмпирической модели, были приведены к двумерному виду и наложены друг на друга (рис. 3). Как видно, каждая точка полученных номограмм характеризует определенные предел прочности при сжатии и коэффициент морозостойкости. На основании заданных показателей $R_{\text{СЖ}}$ и $K_{\text{МОР}}$ можно определить необходимое минимальное количество цемента для получения грунтобетона требуемого класса прочности.

Разработанные номограммы позволяют для рассмотренных компонентов решать задачи подбора состава для заданной прочности и морозостойкости конечного продукта – грунтобетона для строительства конструктивных

слоев дорожных одежд. Построение аналогичных изображений функциональных зависимостей для других грунтов потребует дополнительных экспериментальных исследований прочности и морозостойкости грунтобетона.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009–2013 годы», проводимой федеральным агентством по образованию по теме «Разработка принципов утилизации отходов горнодобывающих предприятий в дорожном строительстве».

Список литературы

1. *Строкова В.В., Потапенко Е.А., Карацупа С.В.* Эмпирическая модель оценки прочности грунтобетона // Бетон и железобетон в Украине. 2005. № 5. С. 8–10.
2. *Строкова В.В., Лютенко А.О., Карацупа С.В., Яковлев Е.А.* Математическая модель оценки прочности грунтобетона // Строит. материалы. 2006. № 4. С. 80–81.
3. *Безрук В.М., Горячков И.Л., Луканина Т.М., Аганова Р.А.* Укрепленные грунты (Свойства и применение в дорожном и аэродромном строительстве). М.: Транспорт, 1982. 231 с.

В.В. БЕЛОВ, д-р техн. наук, М.А. СМИРНОВ, канд. техн. наук,
Тверской государственной технической университет

Формирование оптимальной макроструктуры строительной смеси

Известно, что правильный выбор зернового состава заполнителей для сырьевой смеси, обеспечивающий минимальную пустотность, или максимальную плотность упаковки зерен — одна из важных задач технологии строительных изделий. Например, пустотность заполнителя тяжелого бетона в известной мере определяет расход цемента и тем самым прочность и другие свойства бетона.

Для моделирования наиболее плотной упаковки систем с непрерывным зерновым составом предлагались различные идеальные кривые просеивания, например Фуллера, Боломея, Функа, Дингера и др. Тем не менее оптимальный зерновой состав заполнителя часто, а для систем с прерывистой гранулометрией как правило определяют экспериментально с помощью методов статистического планирования.

При рассмотрении закономерностей упаковки систем с размером частиц от нескольких десятков миллиметров (крупный заполнитель) до нескольких микрометров (цемент, микрозаполнитель) необходимо учитывать наличие некоторого минимального (критического) размера зерна, ниже которого происходит изменение баланса действия поверхностных и гравитационных сил. Этот размер частиц является критерием агрегируемости [1]. При размере минеральных частиц меньше критического следует ожидать принципиальной невозможности плотной упаковки частиц вследствие образования арочных и мостиковых структур. Определение минимального размера частиц — предмет данной работы.

Закономерности изменения насыпной плотности как количественного показателя упаковки сыпучих полидисперсных систем изучали на кварцевом песке. В качестве грубодисперсной части использовали фракцию песка 1,25–1,6 мм, в качестве тонкодисперсной части — молотый кварцевый песок с удельной поверхностью 163; 318; 447 м²/кг и наиболее вероятным радиусом частиц соответственно 10; 9,3; 6,2 мкм, определенным методом седиментационного анализа.

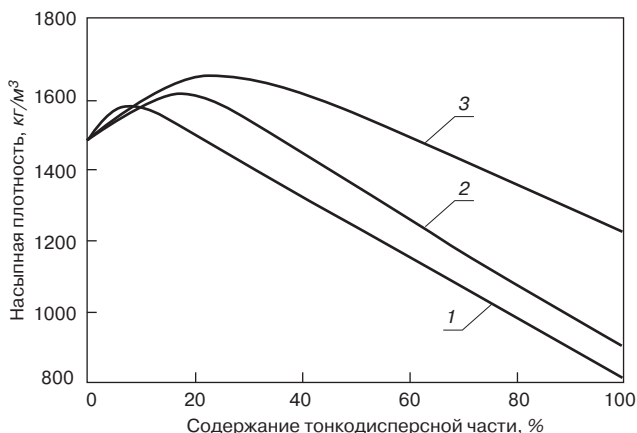


Рис. 1. Зависимости насыпной плотности полидисперсной системы от содержания добавки молотого кварцевого песка с удельной поверхностью: 1 - 447; 2 - 318; 3 - 163 м²/кг

Для получения полидисперсных систем грубо- и тонкодисперсную части перемешивали вручную, варьируя содержание тонкодисперсной части от 0 до 100% через 10 % (рис. 1).

При постепенном увеличении содержания тонкодисперсной части насыпная плотность системы резко увеличивается, достигая максимального значения при ее содержании 5–25%, а затем вновь уменьшается. Наблюдаемый экстремум насыпной плотности свидетельствует о достижении состояния, когда тонкодисперсные частицы располагаются между грубодисперсными, не раздвигая их. При дальнейшем увеличении тонкодисперсной части происходит уменьшение насыпной плотности системы, следовательно, в системе начинается явление раздвижки, т. е. частицы меньших размеров вклиниваются между крупными частицами. Таким образом, на нисходящей части кривых (рис. 1) объем тонкодисперсной части превышает объем межзерновых пустот грубодисперсной части. Указанные предпосылки лежат в основе предложенных методов расчета сыпучих систем [2].

Необходимо отметить, что при увеличении дисперсности заполняющей части экстремум насыпной плотности сдвигается влево. Для выяснения причин этого обстоятельства были составлены полидисперсные системы, где в качестве тонкодисперсной части использовали молотый кварцевый песок монофракций 200–250; 160–200; 125–160; 100–125 мкм. В качестве грубодисперсной части использовали фракцию песка 1,25–1,6 мм.

Зависимости насыпной плотности полученных смесей показывают (рис. 2), что при увеличении содержания тонкодисперсной части наблюдается экстремум на-

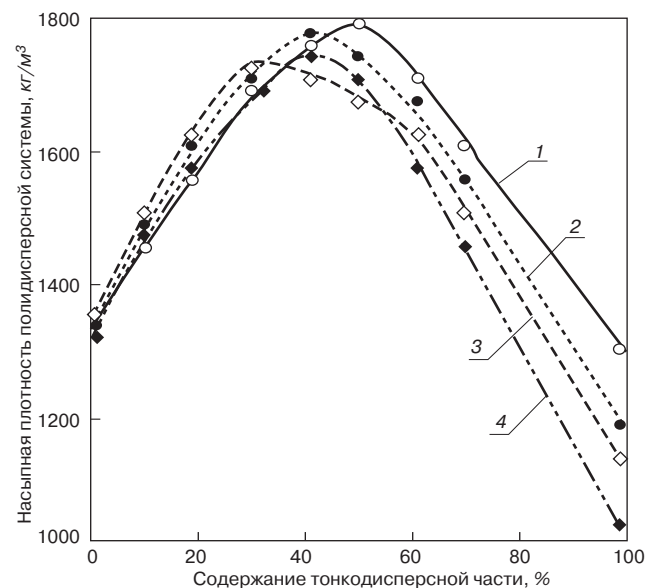


Рис. 2. Зависимость насыпной плотности полидисперсной системы от содержания тонкодисперсной части: 1 - фракция 200–250; 2 - 160–200; 3 - 125–160; 4 - 100–125 мкм

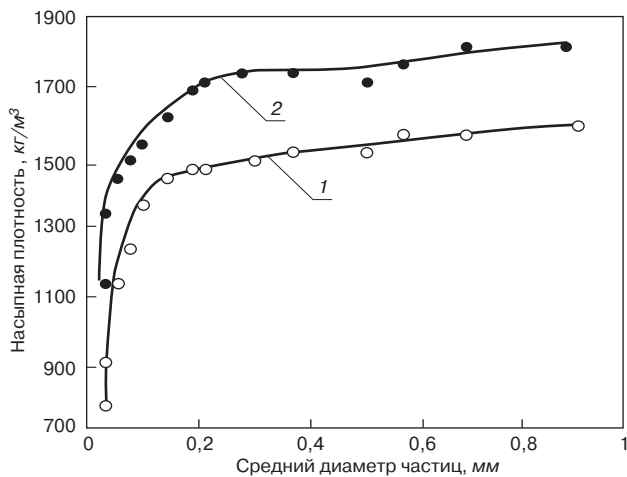


Рис. 3. Значения насыпной плотности для отдельных фракций кварцевого песка: 1 – в свободном состоянии, 2 – в уплотненном состоянии

сыпной плотности. Покажем, что наиболее плотная упаковка частиц достигается при значительно отличающихся от расчетных соотношениях тонкой и грубой фракций. Известно много методов расчета и проектирования составов сыпучих смесей на основе сферических частиц. В работе [3] описан метод расчета бимодальной упаковки двух типов сфер. Однако использование сочетания только двух сфер не обеспечивает максимального уплотнения системы с одновременным снижением пустотности. Кроме того, расчет составов бинарных систем известным способом производится графически без применения аналитических зависимостей между основными объемными и массовыми характеристиками исходных сыпучих компонентов.

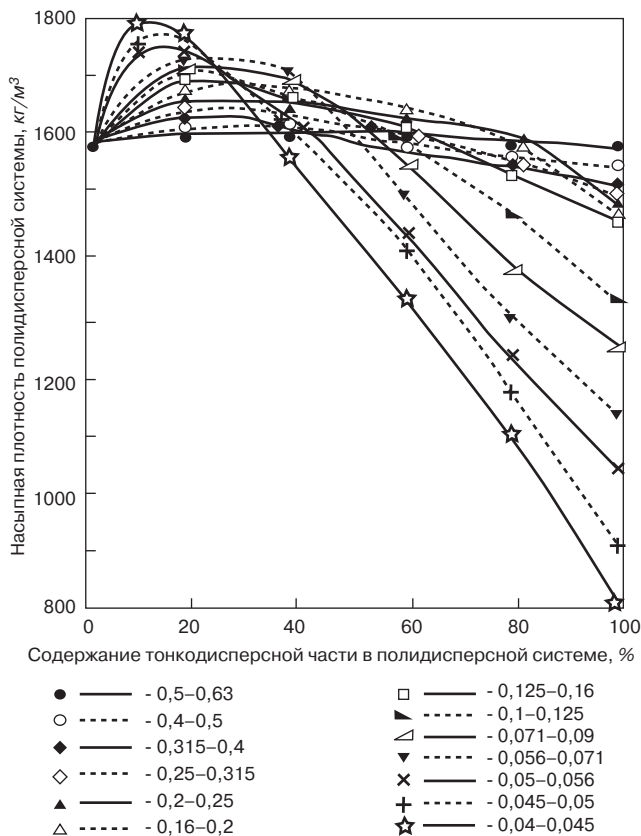


Рис. 4. Зависимости насыпной плотности полидисперсных систем от процентного содержания тонкодисперсной части при свободной загрузке и размерах частиц тонкодисперсной части, мм

Монодисперсные фракции имеют постоянное отношение объема межсферических пустот к насыпному объему при различном диаметре сфер [4, 5]. Таким образом, сыпучий материал со сферическими телами независимо от своей природы и диаметра сфер имеет постоянную величину объема межсферических пустот в единице объема фракции. В [6] описан метод непрерывного подбора фракций сыпучего материала. Метод основан на том, что упаковка наиболее крупных тел дает общий объем системы, а введение фракций с меньшим размером тел обеспечивает заполнение пустот между крупными телами. Однако количественные соотношения между насыпными объемами или другими объемно-массовыми характеристиками фракций не приводятся.

Для сравнительного анализа примем за основу расчет состава сыпучей системы, приведенный в [7]. Для получения бинарной смеси сферических фракций выберем фракции с диаметром сфер d_1 и d_2 , причем $d_1 > d_2$. Фракция с наибольшим диаметром сфер (d_1) выполняет роль скелета, для заполнения единицы объема без явления раздвижки требуется 1 м^3 этой фракции.

С учетом раздвижки сфер диаметром d_1 сферами диаметром d_2 потребуется насыпной объем фракции d_1 , уменьшенный на величину объемного коэффициента раздвижки сфер d_1 сферами d_2 , т. е. $V_{d_1} = 1/\alpha$, где V_{d_1} – насыпной объем монофракции сфер d_1 ; α – объемный коэффициент раздвижки сфер d_1 сферами d_2 , $\alpha = (1 + d_2/d_1)^3$.

Для заполнения объема межсферических пустот V_{d_1} потребуется V_{n_1}/α сфер d_2 ; для заполнения свободного объема до 1 м^3 требуется $1 - 1/\alpha$ сфер d_2 ; общая потребность фракции сфер d_2 составит $V_{d_2} = V_{n_1}/\alpha + (1 - 1/\alpha)$, где V_{d_2} – насыпной объем монофракции с диаметрами сфер d_2 ; V_{n_1} – пустотность монофракции сфер d_1 . После принятия $V_{n_1} = 0,4$ и преобразования получим:

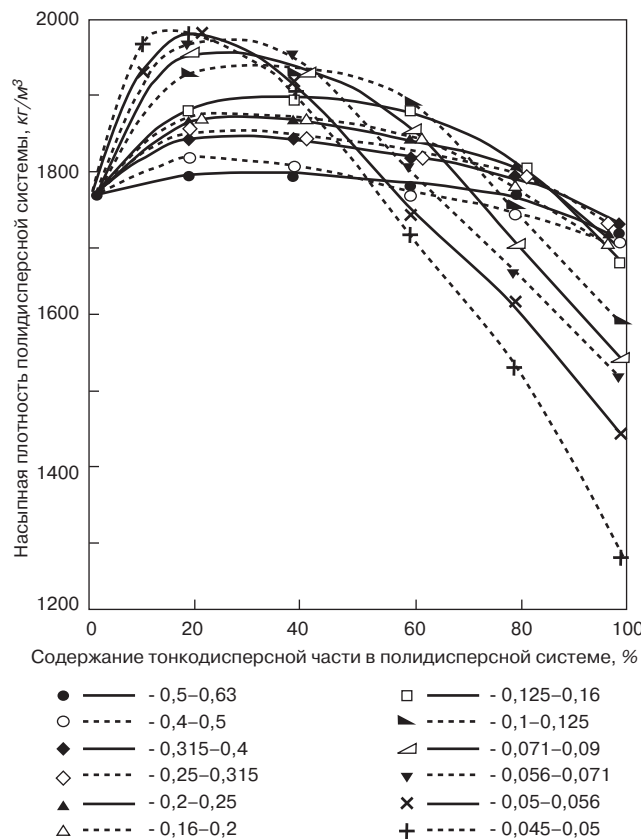


Рис. 5. Зависимости насыпной плотности полидисперсных систем от процентного содержания тонкодисперсной части при вибрации и размерах частиц тонкодисперсной части, мм

$$V_{d_2} = 1 - \frac{0,6}{\alpha}$$

Арифметическая сумма насыпных объемов фракций d_1 и d_2 равна:

$$V_{d_1} + V_{d_2} = 1 + \frac{0,4}{\alpha}$$

т. е. больше 1 м^3 на величину $0,4/\alpha$.

После перемешивания объем смеси составит 1 м^3 . Выражая V_{d_2} через V_{d_1} , получим $V_{d_2} = V_{d_1} \cdot V_{n_1} + 1 - V_{d_1}$.

Из полученного выражения следует, что насыпной объем фракции с диаметром сфер d_2 для приготовления 1 м^3 смеси, имеющей максимальную степень уплотнения, зависит от насыпного объема V_{d_1} и величины ее пустотности.

Для фракций 125–160 мкм и 1,25–1,6 мм имеем $d_1 = 1,425 \text{ мм}$, $d_2 = 0,1425 \text{ мм}$ соответственно. Принимая частицы указанных фракций за сферы, имеем:

$$\alpha = \left(1 + \frac{d_2}{d_1}\right)^3 = 1,331;$$

$$V_{d_1} = 1 \text{ м}^3 / \alpha = 0,751 \text{ м}^3; V_{d_2} = V_{d_1} \cdot V_{n_1} + 1 - V_{d_1} = 0,55 \text{ м}^3,$$

где α – объемный коэффициент раздвижки сфер d_1 сферами d_2 ; V_{d_1} – насыпной объем монофракции сфер d_1 ; V_{d_2} – насыпной объем монофракции сфер d_2 ; V_{n_1} – пустотность монофракции сфер d_1 .

Окончательно получим: для наиболее плотной упаковки полидисперсной системы с максимальной степенью уплотнения, составленной из указанных фракций, необходимо 58% грубодисперсной части и 42% тонкодисперсной (заполняющей) части. Однако эти результаты отличаются от экспериментальных данных, согласно которым грубодисперсной части необходимо 70%, а тонкодисперсной – 30% (рис. 2). Полученные данные подтверждают факт участия поверхностных сил в законах упаковки полидисперсных систем.

Особый интерес для исследования законов упаковки полидисперсных систем представляет определение размера частиц тонкодисперсной части, при котором начинают проявляться поверхностные явления. С этой целью изучали насыпную плотность полидисперсных систем, полученных из кварцевого вольского песка, как молотого, так и естественной крупности. С помощью набора сит с размером ячеек 0,04–1 мм были получены отдельные фракции песка и определены их насыпные плотности при свободной засыпке и в условиях вибрации.

Анализ полученных зависимостей (рис. 3) показывает, что при постепенном уменьшении размера частиц монофракции происходит плавное снижение величины насыпной плотности отдельной фракции. При среднем диаметре частиц 0,15 мм можно выделить ярко выраженный перегиб зависимости насыпной плотности, а при дальнейшем уменьшении диаметра частиц происходит резкое снижение насыпной плотности системы. Полученную зависимость можно условно разбить на два участка, разделенных точкой перегиба при размере частиц песка 0,15 мм. Это обусловлено тем, что в соответствии с принципом Гельмгольца в высококонцентрированных дисперсных системах самопроизвольно возникает пространственная структура, ее образование сопровождается уменьшением избыточной межфазной энергии Гиббса, а структурообразование завершается формированием термодинамически устойчивой структуры [8]. Таким образом, в области размеров частиц менее 0,15 мм дисперсная система перестает подчиняться законам упаковки под действием силы тяжести.

При постепенном уменьшении среднего диаметра частиц кварцевого песка (меньше 0,15 мм) происходит

резкое снижение насыпной плотности системы, что свидетельствует о существенной роли поверхностных сил в закономерности упаковки дисперсных систем. В этом случае наполнитель способен образовывать собственную структуру. Кроме того, может происходить осаждение дисперсных частиц наполнителя на крупных зернах заполнителя. Последнее обстоятельство вызывает увеличение плотности контактной зоны и прочности дисперсного наполненного материала.

В экспериментах составляли сыпучие системы из смеси двух фракций вольского песка естественной крупности и молотого. Грубодисперсную фракцию 0,63–0,8 мм и тонкодисперсную брали с разным процентным содержанием заполняющей части. Измеряли насыпную плотность при свободной засыпке и в условиях вибрации (рис. 5, 6).

Анализ полученных зависимостей позволяет заключить, что абсолютный максимум насыпной плотности исследуемых систем достигается с уменьшением среднего диаметра частиц тонкодисперсной части. Причем сначала экстремум насыпной плотности сдвигается вправо и при среднем диаметре частиц этой фракции 0,15 мм занимает крайнее правое положение. Это объясняется тем, что при непрерывном увеличении содержания тонкодисперсной части сыпучая система переходит из системы уплотненного типа в систему заполненного типа, а затем раздвинутого типа.

При среднем диаметре частиц тонкодисперсной части 0,15 мм и менее экстремум насыпной плотности сдвигается влево. Следовательно, при среднем диаметре частиц тонкодисперсной части 0,15 мм и менее с увеличением ее содержания полидисперсная система переходит в систему заполненного типа, а затем раздвинутого. Таким образом, экстремум насыпной плотности достигается раньше, чем абсолютный объем тонкодисперсной части сравнивается с объемом пустот грубодисперсной части системы. При этом возникают новые системы глобулярного типа, в которых зерна крупной фракции окружены оболочками из частиц мелких фракций за счет проявления поверхностных сил на межфазной границе раздела грубо- и тонкодисперсной частей.

Наличие взаимосвязей между компонентным и зерновым составом, объемно-массовыми характеристиками минеральной части сырьевых смесей на основе физических явлений заполнения пустот и раздвижки частиц свидетельствует о существовании фундаментальной базы для разработки новых методов проектирования строительных смесей оптимального состава.

Список литературы

1. *Урьев Н.Б.* Высококонцентрированные дисперсные системы. М.: Химия, 1980. 320 с.
2. Патент RU 2236676 С1. Способ определения степени уплотнения крупнозернистых фракций мелкозернистыми Миронов В.А., Голубев А.И. Заявл. 16.06.2003 // Опул. БИ № 26. 2004.
3. Химическая технология керамики и огнеупоров / Под ред. П.П. Будникова и Д.Н. Полубояринова. М.: Стройиздат, 1972. 552 с.
4. *Касаткин А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. М.: Химия, 1973. 752 с.
5. *Кноп А., Шейб В.* Фенольные смолы и материалы на их основе. М.: Химия, 1983. 280 с.
6. Наполнители для полимерных композиционных материалов: Справочное пособие. Пер. с англ. / Под ред. П.Г. Бабаевского. М.: Химия, 1981. 736 с.
7. *Миронов В. А., Голубев А.И.* Методы оптимизации составов сыпучих систем. Тверь: Изд-во Твер. гос. техн. ун-та, 2003. 76 с.
8. *Гиббс Дж. В.* Термодинамика. Статистическая механика. М.: Наука, 1980. 548 с.

УДК 691.3

Ш.М. РАХИМБАЕВ, д-р техн. наук, М.В. КАФТАЕВА, канд. техн. наук,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

О влиянии формы цементного кольца на его собственные деформации и напряжения

Известно, что собственные напряжения и деформации цементной матрицы оказывают большое влияние на свойства бетонов. В связи с этим расчету и экспериментальному определению влияния различных факторов и особенно формы цементного кольца на обжатие им арматуры, а также зерен заполнителя уделяется большое внимание [1–5]. Однако практические аспекты полученных до последнего времени результатов по этой проблеме требуют дополнительного внимания к ней.

Для упрощения задачи о влиянии собственных деформаций и напряжений на сцепление оболочки цементной матрицы с арматурой и заполнителем в работе [1] использовали коаксиально расположенные кольца с разными диаметрами, зазор которых заполнялся цементным тестом либо цементно-песчаным раствором. Варьирование состава последних позволяло изучить влияние величины и знака собственных деформаций, а соотношения диаметра коаксиально расположенных колец – влияние формы цементной оболочки на сцепление последней с внутренними и внешними контактными поверхностями.

В этих экспериментах кроме визуального осмотра образцов определялось напряжение сцепления цементного камня с внутренним и внешним стальными цилиндрами. При этом были установлены следующие закономерности для цементного камня, испытывающего усадку:

– усадка цементного камня по величине и направлению сильно зависела от формы кольца, т. е. соотношения внешнего d_v и наружного d_n его диаметров.

При отношении внешнего диаметра цементного кольца к внутреннему, не превышающем 2–4, сцепление камня с внутренней поверхностью всегда больше, чем с внешней;

– усадка и обусловленные ею собственные напряжения есть векторные величины, численное значение и направление которых зависят от соотношения высоты образца, внутреннего и внешнего диаметра кольца. При рассмотрении плоской задачи основную роль играет последний показатель.

Выделяют радиальную $L_{рад}$ и тангенциальную $L_{тан}$ составляющие упругой усадки. Первая равна:

$$\Delta L_{рад} = (d_n - d_v) \varepsilon_{рад}. \quad (1)$$

Вторая по внутренней $L_{тан в}$ и наружной $L_{тан н}$ поверхностям цементного кольца равна соответственно:

$$\Delta L_{тан в} = \pi d_v \cdot \varepsilon_{тан} \text{ и } \Delta L_{тан н} = \pi d_n \cdot \varepsilon_{тан}, \quad (2)$$

где $\varepsilon_{рад}$ и $\varepsilon_{тан}$ – удельная усадка, т. е. усадка на единицу толщины или длины цементного кольца.

Очевидно, удельная усадка по длине несколько больше, чем по толщине, но для упрощения задачи примем $\varepsilon_{тан} \approx \varepsilon_{рад}$.

При этом получим:

$$\Delta L_{тан в} / \Delta L_{рад} = \frac{\pi d_v \cdot \varepsilon_{тан}}{(d_n - d_v) \varepsilon_{рад}} \text{ и} \quad (3)$$

$$\Delta L_{тан н} / \Delta L_{рад} = \frac{\pi d_n \cdot \varepsilon_{тан}}{(d_n - d_v) \varepsilon_{рад}}; \quad (4)$$

$$\frac{\Delta L_{тан в}}{\Delta L_{рад}} \approx \frac{\pi d_v}{d_n - d_v} \text{ и } \frac{\Delta L_{тан н}}{\Delta L_{рад}} \approx \frac{\pi d_n}{d_n - d_v} \quad (5)$$

Очевидно, что πd_n всегда больше, чем $(d_n - d_v)$, поэтому цементное кольцо при усадке всегда будет отставать от наружной поверхности, которая с ним контактирует. В то же время при достаточно малом значении d_v толщина цементного кольца может быть равна его длине по внутренней поверхности. Это имеет место при условии:

$$\pi d_v = d_n - d_v, \text{ т. е. } 4,14 d_v = d_n.$$

Из этого следует, что при $d_n \approx 4,14 d_v$ цементное кольцо не создает никакого давления на заключенное в него тело, а при $d_n > 4,14 d_v$ оно и вовсе отстает от него, т. е. наблюдается «отрицательное обжатие» зерен заполнителя, арматуры и т. п.

В работе [1] это явление впервые было описано по результатам экспериментальных исследований.

В работе А.И. Булатова и А.Л. Видовского [4] отношение диаметра датчика собственных напряжений цементного кольца к наружному диаметру образца последнего было близко к указанной величине. Эти авторы поставили под сомнение возможность обжатия зерен заполнителя и арматуры цементным камнем.

В работах [1–3, 5] эти результаты полностью опровергаются.

При увеличении внутреннего диаметра цементного кольца, т. е. отношения $d_n / (d_n - d_v)$ сверх допустимого предела тангенциальная составляющая собственных напряжений возрастает настолько, что происходит разрыв его сплошности, т. е. появление на нем крупных, видимых невооруженным глазом поперечных трещин. Чем меньше толщина кольца при постоянном наружном диаметре, тем больше на нем усадочных трещин. Именно это приводит к тому, что слишком сильное уменьшение толщины цементной оболочки вокруг арматуры и зерен заполнителя снижает сцепление между ними. Очевидно, что чем меньше влажность окружающей среды, тем сильнее этот фактор влияет на физико-механические характеристики и трещиностойкость бетонов.

Наибольшее сцепление цементной матрицы с погруженным в него телом круглой формы наблюдается при $d_n / d_v = 2–3$.

В качестве иллюстрации к приведенным в работе данным и соображениям могут служить результаты обследования пола из бетона с фиксированным крупным заполнителем (см. рисунок).

На рисунке видно, что трещины обычно идут от острых углов на поверхности частиц крупного заполнителя. По-видимому, это обусловлено тем, что на острых углах наблюдаются не только растягивающие, но и из-



Рис. 1. Пол из бетона с фиксированным крупным заполнителем

гибающие напряжения. Максимальное число трещин наблюдается на участках с наибольшим отношением длины к толщине. В керамзитобетоне, бетоне с заполнителем из гальки окатанной формы, где зерна имеют круглую либо эллипсоидную форму, в зависимости от способа упаковки зерен заполнителя, на их стыках образуются полости из цементной матрицы, имеющие треугольную либо четырехугольную форму с острыми краями. Именно в последних будет происходить зарождение и развитие усадочных микро- и макротрещин, так как растягивающие собственные деформации и напряжения в них будут больше, чем в прослойках между двумя зернами заполнителя.

На основе приведенных выше данных можно сформулировать следующие выводы:

- одной из причин падения прочности бетонов при уменьшении расхода растворной составляющей бетона и соответственно толщины цементно-песчаной оболочки (кольца) вокруг частиц крупного заполнителя является уменьшение трещиностойкости этого кольца из-за тангенциальной составляющей собственных деформаций и напряжений при усадке. В связи с этим в бетонах, твердеющих на воздухе, должно соблюдаться максимально допустимое соотношение П:Ш, а также П:Ц;

- уменьшение этих показателей оказывает меньшее отрицательное влияние на физико-механические свойства при твердении в воде в сравнении с воздушно-влажным твердением;

- местом максимальной концентрации собственных напряжений в структуре тяжелого бетона, твердеющего во влажно-воздушных условиях, являются острые углы на зернах заполнителя, а также стыки между частицами последних. При плотнейшей кубической упаковке зерен крупного заполнителя этот элемент структуры на плоскости имеет четырехугольную форму, а гексагональной – треугольную. Цементно-песчаный раствор в первом случае, по-видимому, менее трещиностоек;

- для уменьшения трещинообразования цементно-песчаного элемента в местах стыка частиц заполнителя целесообразно применить вторую, меньшую по размеру фракцию, обеспечивающую ее плотную упаковку с учетом наличия на них цементно-песчаной оболочки. Как следует из [6], отношение диаметра этой фракции к более крупной должно быть $\approx 1 : 7$;

- при использовании непрерывных по размеру зерен крупного заполнителя в тяжелых бетонах максимальное количество усадочных трещин образуется там, где тангенциальные составляющие усадочных напряжений имеют наибольшее численное значение, т. е. вокруг самых крупных зерен заполнителя, а также в местах, где

толщина оболочки вяжущего вокруг частиц заполнителя минимальна;

- изложенные выше закономерности, относящиеся к тяжелым бетонам с крупным заполнителем, к бетонам с фиксированным крупным заполнителем, бутобетонам, по-видимому, справедливы и по отношению к мелкозернистым бетонам;

- при конструировании датчиков для измерения собственных напряжений в бетонах необходимо обеспечить их диаметр, который был бы не меньше $1/3-1/4$ диаметра бетонного (цементного) образца.

Список литературы

1. Рахимбаев Ш.М. Регулирование прочности межфазных контактных связей в искусственных строительных конгломератах. Проблемы материаловедения и совершенствование технологии производства строительных изделий. Белгород, БТИСМ, 1990. С. 51–60.
2. Саркисов Г.М., Лихачев Ю.И. О влиянии объемных изменений при твердении тампонажных цементах на давление в скважине. Крепление скважин и разобщение пластов. М. Недра, 1964. С. 21–26.
3. Slate F. O. Stress - strain response and fracture of a concrete in biaxial boading // I. of the American concrete institute. 1971. 8. P. 41–45.
4. Булатов А.И., Видовский А.Л. Обжатие цементным камнем заполнителей в бетоне // Бетон и железобетон. 1985. № 3. С. 24–26.
5. Попов А.И., Орентлихер Л.П., Новикова И.П. Определение собственных напряжений в бетоне поляризационно-оптическим методом // Бетон и железобетон. 1972. № 3. С. 41–42.
6. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. М.: Стройиздат. 1981. 464 с.

17-19 марта 2010 **ВЫСТАВКА**
Ростов-на-Дону

СТИМЭкспо
 СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И МАТЕРИАЛЫ

СТРОИТЕЛЬСТВО.
АРХИТЕКТУРА

ВЕРТОЛ
 ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР EXPO

РОСТОВ-НА-ДОНУ, ПР. М. НАГИБИНА, 30
 ТЕЛ./ФАКС (863) 268-77-19
 WWW.VERTOLEXPO.RU