

СОДЕРЖАНИЕ

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

**Главный редактор
издательства**

ЮМАШЕВ А.Б.

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.

ГОРИН В.М.

ГОРНОСТАЕВ А.В.

ГРИДЧИН А.М.

ГУДКОВ Ю.В.

ЖУРАВЛЕВ А.А.

КОВАЛЬ С.В.

КОЗИНА В.Л.

ЛЕСОВИК В.С.

ПИЧУГИН А.П.

СИВОКОЗОВ В.С.

ФЕДОСОВ С.В.

ФЕРРОНСКАЯ А.В.

ФИЛИППОВ Е.В.

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 из нашего журнала
возможны лишь с письменного
разрешения главного редактора

Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений

Адрес редакции:

Россия, 117997, Москва,

ул. Кржижановского, 13

Телефон: (926) 833-48-13

Тел./факс: (495) 124-32-96

124-09-00

E-mail: mail@rifsm.ru

http://www.rifsm.ru

Ячеистые бетоны: наука и практика

Е.М. ЧЕРНЫШОВ, А.А. ФЕДИН, Н.Д. ПОТАМОШНЕВА, Ю.А. КУХТИН

Газосиликат: современная гибкая технология материала и изделий 4

Дана ретроспектива становления производства и применения изделий из газосиликата в Воронеже, рассмотрены концепции современной гибкой технологии газосиликата, представлены рациональные базовые решения.

Т.А. УХОВА, Я.М. ПАПЛАВСКИС, Г.И. ГРИНФЕЛЬД, А.А. ВИШНЕВСКИЙ

Разработка межгосударственных стандартов взамен ГОСТ 21520-89 и ГОСТ 25485-89 в части ячеистых бетонов автоклавного твердения 10

Представлены новые ГОСТ 21520 и ГОСТ 25485, в которых учтены особенности производства ячеистых бетонов автоклавного твердения с целью применения их в качестве конструкционно-теплоизоляционных материалов.

Г.С. СЛАВЧЕВА, Е.М. ЧЕРНЫШОВ, Д.Н. КОРОТКИХ, Ю.А. КУХТИН

Сравнительные эксплуатационные теплозащитные характеристики одно- и двухслойных стеновых газосиликатных конструкций 13

Представлены результаты натурных исследований влажностного состояния газосиликата средней плотностью 600 кг/м³ с различным сроком эксплуатации. Показана эффективность однослойных конструкций.

Л.Д. ШАХОВА

Роль пенообразователей в технологии пенобетонов 16

Проанализированы физико-механические и химические процессы формирования структуры поризованного цементного камня. Приведены результаты исследований поверхностного натяжения пенообразователей различного вида, дзета-потенциала на границе минеральные частицы – раствор ПАВ, адсорбции ПАВ на границах газ – жидкость и жидкость – минеральные частицы.

Н.Л. ЗОЛОТАРЕВА, Е.И. ШМИТЬКО, Т.Н. ПОЯРКОВА

Устойчивость газовой фазы и структура поризованного бетона 20

Изучен механизм трансформации газовой фазы в процессе приготовления поризованных бетонов низкой плотности. Установлено, что при назначении дозировки воздухововлекающей добавки необходимо учитывать критическую концентрацию мицеллообразования водного раствора ПАВ.

А.С. ТАРАСОВ, В.С. ЛЕСОВИК, А.С. КОЛОМАЦКИЙ

Гидратация клинкерных минералов и цемента с добавками пенообразователей 22

Приведены результаты исследований влияния пенообразователей различной природы на кинетику гидратации и фазовый состав индивидуальных клинкерных минералов и цемента.

Добавки для бетона компании «СКТ-Стандарт»: экономия ресурсов, повышение качества бетона 24

Показано, что применение предлагаемых добавок позволяет повысить морозостойкость бетона на 2–3 марки, водонепроницаемость – на 2–3 марки (до W10–W16), снизить расход цемента до 20% и т. д.

Ш.М. РАХИМБАЕВ, Т.В. АНИКАНОВА

Теоретические аспекты улучшения теплотехнических характеристик пористых систем 26

На основе теории подобия и пограничного слоя анализируется зависимость коэффициента теплопроводности любого газонаполненного материала от его средней плотности и поровой структуры. Показано, что форма и размер пор не оказывают существенного влияния на теплофизические показатели для теплоизоляционных ячеистых материалов.

В.Н. МОРГУН

Влияние формы компонентов на интенсивность межчастичных взаимодействий в пенобетонных смесях 29

Дано научное обоснование влияния формы частиц твердой фазы, составляющих пенобетонные смеси, на скорость замены между ними вязких связей упругими.

Ю.Г. ЛОСЕВ

40 лет созидания: Минстрой СССР – Минсвязпострой СССР – ОАО «Россвязпострой» 33

И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ, Г.Я. ШАЕВИЧ, С.Г. МАКАРОВ, Н.И. ШКУРКИН

Вопросы формообразования пенобетонных блоков 36

Приведена конструкция и техническая характеристика комплекса резки пеноблоков ШЛ 444, на котором получены хорошие результаты по качеству поверхности и точности размеров.

А.А. ЗАГАРСКИХ, Д.М. ХАБИРОВ

Технология и автоматизация производства мелких стеновых блоков из неавтоклавного пенобетона 39

Представлен комплекс оборудования для резки пенобетонных массивов различной производительности и автоматизированная технологическая линия для производства стеновых блоков из пенобетона. Описано влияние пенообразующей добавки ПК-1 и на структуру и свойства пенобетона.

С.А. САМБОРСКИЙ

Автоматизированный резательный агрегат АРАП «Сочи-5» 42

Представлен резательный агрегат АРАП «Сочи 5», в котором в качестве режущего инструмента применена цепь. Это позволило осуществлять резку пенобетонных моноблоков без ухудшения качества поверхности даже на третьи и четвертые сутки после формования.

М.Б. МЕДВЕДЕВ, И.Н. ВАСИЛЬЕВ

Экономические аспекты производства пенобетона методом баротехнологии 46

Представлен сравнительный анализ затрат при производстве пенобетонных блоков методом баротехнологии при литевой и резательной технологии изготовления блоков.

И.А. САПРОНОВА, А.А. БОБРОВА, А.И. СОКОЛЬСКИЙ

Пенобетон на основе техногенных отходов текстильного производства 49

 Получен пенобетон плотностью 500–600 кг/м³, прочностью при сжатии 1,4–2 МПа, в качестве заполнителя использована резиновая крошка с размером частиц 2 мкм, являющаяся отходом текстильной промышленности.

Д.Д. ДАШИЦЫРЕНОВ, М.Е. ЗАЯХАНОВ, Л.А. УРХАНОВА

Эффективный пенобетон на основе эффузивных пород 50

Приведена технологическая схема получения пенобетонной смеси на основе бесклинкерного (щелочного алюмосиликатного) вяжущего на основе эффузивных пород, а также свойства пенобетона.

Строительная керамика: наука и практика

V Международная научно-практическая конференция «Развитие керамической промышленности в России: КЕРАМТЭК-2007» 54

Т.В. ВАКАЛОВА, В.М. ПОГРЕБЕНКОВ

Рациональное использование природного и техногенного сырья в керамических технологиях 58

Предложены критерии оценки пригодности глинистого и непластичного силикатного сырья для получения алюмосиликатной керамики широкого спектра назначения.

Н.Г. ГУРОВ, Л.В. КОТЛЯРОВА, Н.Н. ИВАНОВ

Расширение сырьевой базы для производства высококачественной стеновой керамики 62

Результаты научных исследований

А.Н. ВОЛОДЧЕНКО, Р.В. ЖУКОВ, В.С. ЛЕСОВИК, Е.А. ДОРОГАНОВ

Оптимизация свойств силикатных материалов на основе известково-песчано-глинистого вяжущего 66

Рассматривается возможность использования метода математического планирования эксперимента для подбора оптимальных технологических параметров производства силикатных материалов и достижения необходимой прочности, плотности и водостойкости.

В.В. СТРОКОВА, А.О. ЛЮТЕНКО, Е.И. ХОДЫКИН

Методика определения количества цемента для оптимального твердения грунтобетона 69

Описана методика расчета минимального количества цемента для получения грунтобетона, которая учитывает свойства исходных материалов – грунта, цемента. Влияние технологических факторов учтено введением эмпирических коэффициентов.

А.С. КОРОЛЕВ, Ф.А. ЗЫРЯНОВ, Б.Я. ТРОФИМОВ

Быстротвердеющее композиционное вяжущее на основе портландцемента и вяжущего низкой водопотребности ... 72

Изложены результаты разработки нового модификатора, ускоряющего твердение цементного камня и бетона, полученного на основе тонкомолотого цемента с добавками пластифицирующих веществ.

С.В. КОРНИЕНКО

Характеристики состояния влаги в материалах ограждающих конструкций зданий 74

Исследованы характеристики состояния влаги, которые могут быть использованы для моделирования процессов влагопереноса в материалах ограждающих конструкций зданий. Введено понятие абсолютной и относительной удельной влагоемкости материала.

Экология и отрасль

Ю.В. КРАСОВИЦКИЙ, А.В. ЛОГИНОВ, Е.В. АРХАНГЕЛЬСКАЯ, Д.Б. ТРОЩЕНКО, В.П. ДОБРОСОЦКИЙ, Г.В. КОЛЬЦОВ и др.

Особенности фильтрации при обеспыливании газов зернистыми слоями 78

Рассмотрены особенности фильтрации зернистыми слоями. Показано, что слои из зерен неправильной формы более эффективны, чем из зерен сферической или окатанной формы. Приведены зависимости для расчета и оптимизации обеспыливания.

А.В. КАЛАЧ, О.Б. РУДАКОВ, В.Ф. СЕЛЕМЕНЕВ, И.В. БОЧАРНИКОВА

Экспертиза строительных материалов с применением электронного нося 82

Показана возможность проведения экспертизы строительных материалов с применением мультисенсорной системы электронный нос. Приведены примеры определений.

А.Н. АБЫЗОВ, В.А. АБЫЗОВ, А.К. АБРАМОВ, В.К. ПЕЧЕРИЧЕНКО

Жаростойкие бетоны с добавками отходов производства носителя катализатора дегидрирования углеводородов ... 84

Рассмотрена возможность применения отработанного катализатора производства синтетического каучука ИМ-2201 в качестве активной тонкомолотой добавки в жаростойком бетоне на фосфатных связующих, глиноземистом и высокоглиноземистом цементах.

Т.В. ХАМОВА, О.А. ШИЛОВА, Д.Ю. ВЛАСОВ, В.М. МИХАЛЬЧУК, О.В. ФРАНК-КАМЕНЕЦКАЯ, А.М. МАРУГИН, Д.Ю. ДОЛМАТОВ

Биоактивные микро- и наноконпоненты для строительных материалов, формируемые золь-гель методом 86

На основе эпокисиликатных и силикатных золь, легированных мягкими биоцидами синтезированы наноконпозиционные покрытия и микроконпозиционные порошки. Исследована биологическая активность синтезированных материалов по отношению к плесневым грибам.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

№8

приложение к научно-техническому журналу «Строительные Материалы» №4-2007 г.

ВНИМАНИЕ!

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

87723 каталог «Пресса России»

20461 каталог агентства «Роспечать»

СОДЕРЖАНИЕ

Л.В. ХИХЛУХА

Малоэтажное жилище в XXI веке, его социальная роль и архитектура 2

Показано, что частный жилой фонд в настоящее время составляет более 50% общего жилого фонда России, и его доля постоянно увеличивается. Перед современными градостроителями и архитекторами поставлена ответственная задача создания жилищ и поселений, базируясь на принципах экономичности, функциональной целесообразности, долговечности, эстетической привлекательности, а также экологичности. Рассмотрен опыт малоэтажного жилищного строительства в России от сельского родового дома до нашего времени. Предложены современные типологические модели малоэтажного жилья.

А.К. ГОНЧАРОВ, С.П. МИЮСОВ, А.Н. ПОЛЯНСКИЙ, С.А. ВОЛКОВ

Научно-техническое сопровождение и мониторинг высотных, большепролетных и технически сложных зданий и сооружений. (Обмен опытом) 7

Обоснована необходимость научно-технического сопровождения и мониторинга строительства и эксплуатации высотных, большепролетных и технически сложных зданий и сооружений. Приведены примеры: геотехнического мониторинга в период строительства высотного монолитного железобетонного здания; испытания пространственной конструкции перекрытия здания аэропорта; испытания нагружением монолитного железобетонного перекрытия в строящемся многоэтажном торгово-развлекательном центре.

А.А. ДЕНИСЕНКО, С.И. ФАТЕЕВ

О рациональном конструировании мобильных зданий. (Продолжение разговора) 10

Мобильные здания рассмотрены как объекты индустриального строительства, в связи с этим отмечено, что для подобных объектов необходимо проектирование всех стадий их жизненного цикла, включая технологию возведения. Приведены примеры развития принципа «один плюс один больше, чем два» для мобильных зданий системы JERRY. Показана эффективность раздельной передачи постоянной и временной нагрузок разными расчетными схемами конструкции.

Быстровозводимые здания с каркасом из легких металлических конструкций Lindab 12

Современные технологии строительства малоэтажных зданий из легких металлоконструкций, предлагаемые шведской промышленной группой Lindab, позволяют собрать комфортабельный теплый дом в любом регионе за 2–3 месяца. Приведены основные преимущества возведения домов по системе Lindab.

О.А. ЛУКИНСКИЙ

Полимеры в реставрационных работах 13

Разработаны составы для герметизации металлических кровельных покрытий как при их возведении, так и при реставрации; самоклеящаяся лента с хлорсульфополиэтиленовым покрытием для прорезиненных работ. Для гидроизоляции и реставрации уникальных памятников архитектуры разработаны полиизоцианатные составы серии Лукар.

Высокие технологии на службе экологического строительства 16

Представлен новый материал Калимакс 11 на основе вспученной глины и стекла. Приведены технические характеристики мелкоблочных камней.

Не забудьте оформить подписку своевременно!

Телефон/факс: (926) 833-48-13, (495) 124-32-96, 124-09-00

E-mail: mail@rifsm.ru

www.rifsm.ru

ДОКУМЕНТАРЬ
АРХИТЕКТУРА

Е.М. ЧЕРНЫШОВ, академик РААСН, д-р техн. наук,
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет;
А.А. ФЕДИН, д-р техн. наук, Государственная академия специалистов инвестиционной сферы (Москва);
Н.Д. ПОТАМОШНЕВА, канд. техн. наук, Воронежский государственный
архитектурно-строительный университет; Ю.А. КУХТИН, генеральный директор
ЗАО «Коттедж-индустрия» (г. Россошь Воронежской области)

Газосиликат: современная гибкая технология материала и изделий

В кризисный период функционирования строительного комплекса силикатный ячеистый бетон автоклавного твердения (газосиликат) остался одним из немногих конкурентоспособных стеновых материалов и в настоящее время весьма востребован. Материал успешно вписался в современные архитектурно-строительные системы мало- и многоэтажных зданий, возводимых по монолитной, сборно-монолитной и сборной технологиям. Активизировались работы по вопросам технического регулирования автоклавных ячеистых бетонов нового поколения, нормирования и стандартизации их качества. Для дальнейшего формирования рынка стеновых строительных материалов, выбора альтернативных заводских и построечных технологий, ориентированных на безавтоклавные и бестепловые принципы организации твердения различных видов ячеистых бетонов, целесообразно обратиться к ретроспективе становления технологии производства и применения изделий из газосиликата (табл. 1).

Технология отечественного газосиликата впервые разработана учеными Воронежского инженерно-строительного института и в промышленном масштабе начала реализовываться в 1958–1959 гг. в Воронеже на заводе ЖБИ № 3. Первыми изделиями из газосиликата средней плотностью 900–1000 кг/м³ были крупные индивидуально формуемые неармированные блоки для несущих стен двухрядной разрезки четырех- и пятиэтажных домов, которые возводились в Воронеже в 1959–1961 гг. (рис. 1). С 1961 г. ЖБИ № 3 (впоследствии завод № 1) треста № 6 «Стройдеталь» перешел на выпуск наружных стеновых ленточных навесных панелей из газосиликата средней плотностью 700 кг/м³ для жилых пятиэтажных домов серии 1-467, а с 1967 г. — для девятиэтажных домов серии 1-467Д (рис. 2). Навесные панели применяли также для строительства детских садов и школ. Годовой объем производства газосиликата до 1974 г. составлял от 7 до 10 тыс. м³.

Таблица 1

Этапы применения газосиликата в ограждающих конструкциях (опыт Воронежского региона)

| Годы | Виды зданий с применением газосиликата | Номенклатура газосиликатных изделий | Толщина стены, мм | Конструктивные характеристики материала в изделии | | |
|------------------------------|---|--|---------------------------|---|---|---|
| | | | | Средняя плотность, кг/м ³ | Прочность при сжатии, МПа, или класс бетона | Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С) |
| 1958–1961 | 5-этажные жилые дома крупноблочные | Крупные неармированные блоки | 380 | 900–1000 | 3,5–4,5 | 0,2–0,22 |
| 1961–1967 | 5-этажные жилые дома с несущим железобетонным каркасом | Ленточные армированные стеновые панели | 250 | 700 | 4,5–5,5 | 0,14 |
| 1967–1997 | 9-этажные жилые дома, детские сады, школы, торговые центры с несущим железобетонным каркасом | Ленточные армированные стеновые панели | 250 | 600–700 | 3,5–5 | 0,09–0,12 |
| С 1984 г. по настоящее время | Сельские дома с несущими газосиликатными стенами | Мелкие стеновые блоки | 300 | 600 | 5 В 3,5 | 0,09 |
| С 1994 г. по настоящее время | 4–5-этажные дома с продольными несущими стенами из газосиликатных блоков в стенах с кирпичом | Мелкие стеновые блоки | 530 (400 + полкирпича) | 600 1900 | В 3,5 М 150 | 0,09 0,73 |
| С 1994 г. по настоящее время | Многоэтажные дома с применением туннельной опалубки | Мелкие стеновые блоки | 400 | 600 | В 3,5 | 0,09 |
| С 2000 г. по настоящее время | Многоэтажные жилые дома на основе сборного и сборно-монолитного каркаса с заполнением наружных стен блоками | Мелкие стеновые блоки | 400 | 500 | В 2,5 | 0,065 |
| | | | | 600 | В 3,5 | 0,09 |



Рис. 1. Газосиликатная стена крупноблочного жилого дома (постройка 1959 г.)



Рис. 2. Крупнопанельный жилой дом серии 1-467Д (постройка 1970 г.)



Рис. 3. Строительство дома по технологии туннельной опалубки с применением для наружных стен мелких газосиликатных блоков

Накопленный опыт исследований и реализации технологии, эффективного использования газосиликатных изделий стимулировал создание в 1974 г. подобного производства на Лискинском комбинате «Стройдеталь», где был организован выпуск ленточных стеновых панелей для строительства магазинов, складских и производственных помещений в системе Роспотребсоюза; на комбинате было налажено также изготовление теплоизоляционных плит из газосиликата средней плотностью 400 кг/м³. Годовой выпуск продукции составлял от 25 до 35 тыс. м³.

В те годы на фоне масштабного строительства объемы производства и применения ячеистого бетона в целом оставались небольшими, что не соответствовало эффективности данного материала, здания из которого были наиболее экономичными и комфортными. Только к середине 80-х гг. прошлого века стала очевидной необходимость приоритетного развития производства ячеистых бетонов автоклавного твердения.

В 1982 г. по инициативе Воронежского ИСИ при поддержке руководства области были приняты шаги к расширению производства и применения газосиликата в регионе. Лискинский комбинат к 1984 г. увеличил мощность и освоил выпуск мелких стеновых блоков по резательной технологии для строительства индивидуального жилья на селе. В этот же период было принято решение о строительстве в г. Россоши в системе Воронеж-агропромстроя завода газосиликатных мелких блоков мощностью 80 тыс. м³ в год. Оригинальную технологию для данного завода разработали совместно Воронежский ИСИ и головная в то время в стране организация НИПИСиликатобетон (Таллин, Эстония); проект завода выполнили специалисты Воронежского института ГИПРОПРОМ. Завод начал выпускать продукцию в 1988 г. и к 1991 г. превысил проектную мощность.

В это же время цех газосиликата из состава завода ЖБИ № 1 был передан в систему ДСК на завод КПД № 1, была проведена реконструкция цеха, предусматривавшая выпуск не только ленточных панелей, но и мелких блоков по резательной технологии.

В конце 80-х гг. прошлого века было начато строительство Россошанского завода КПД, в составе которого планировалось производство изделий из газосиликата для серии жилых домов нового поколения — индивидуальных, малоэтажных для плотной застройки, а также высокоэтажных. При этом рассматривалась также возможность строительства малоэтажных зданий полностью из газосиликата. С началом экономического кризиса 90-х гг. прошлого века строительство заводов ячеистого бетона и Россошанского завода КПД остановилось.

С введением в действие Изменений № 3 к СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» газосиликат оказался одним из немногих конкурентоспособных стеновых материалов. Расширение востребованности материала проходило на фоне переоценки эффективности архитектурно-строительных систем зданий прежних серий, активного перехода к новым системам, в том числе с использованием технологии туннельной опалубки (рис. 3), ригельного и безригельного каркаса (рис. 4) и др. В этих системах газосиликат применялся как самонесущий материал в виде мелких блоков. Интересными и эффективными оказались также четырех-пятиэтажные здания с несущими двухслойными стенами газосиликатные блоки-кирпич, строительство которых развернулось по инициативе Россошанского ЗАО «Коттедж-индустрия» (рис. 5, 6). Показательно, что производство газосиликатных панелей на Воронежском ДСК и Лискинском комбинате «Стройдеталь» к 2000 г. прекратилось.



Рис. 4. Применение газосиликатных блоков в каркасных конструктивных системах зданий



Рис. 5. Фрагмент двухслойной наружной стены газосиликат-кирпич

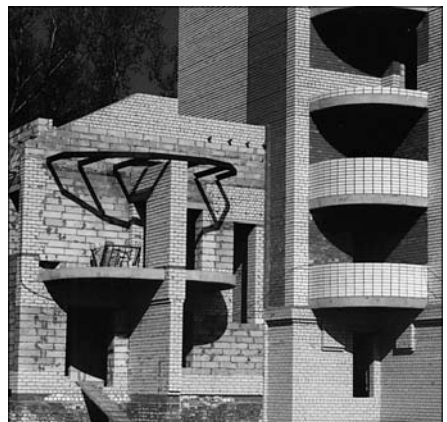


Рис. 6. Строительство пятиэтажного дома с двухслойными несущими стенами (г. Россошь, 1994 г.)

Силикатные автоклавные материалы и технологические особенности их получения

| Показатели | Силикатный автоклавный материал | | | |
|---|--|---|--|---|
| | Тяжелый плотный конструкционный | Легкий поризованный конструкционный | Легкий ячеистый | |
| | | | конструкционный и конструкционно-теплоизоляционный | конструкционно-теплоизоляционный и теплоизоляционный |
| Средняя плотность, кг/м ³ | 2200–1800 | 1800–1200 | 1200–500 | 500–200 |
| Предел прочности при сжатии, МПа | 100–10 | 50–20 | 30–2,5 | 3,5–0,5 |
| Номенклатура строительных изделий | Неармированные и армированные несущие элементы зданий, кирпич | Неармированные и армированные несущие элементы зданий | Неармированные стеновые мелкие и крупные блоки, армированные несущие и самонесущие конструкции для стен, перекрытий и покрытий | Стеновые мелкие и крупные блоки, панели; теплоизоляционные и акустические изделия |
| Исходные компоненты для синтеза цементирующего вещества | Щелочной компонент: известь-кипелка или гидратная; щелочные оксиды побочных продуктов промышленности – шлаков, зол, шламов и др. | | | |
| | Кислотный компонент: кварцевый песок; кислотные оксиды других видов природных песков и побочных продуктов промышленности – шлаков, зол, горелых пород, хвостов руд и др. | | | |
| Способ подготовки сырьевой смеси | Раздельный помол исходных компонентов при мокром измельчении кислотного компонента | | | |
| | Совместный помол компонентов с последующей гомогенизацией | | | |
| Способ использования извести | По гидратной, гидратно-кипелочной или кипелочной схеме | | По кипелочной схеме или схеме с частичной предварительной гидратацией | |
| Способ формования изделий | Прессование, вибропрессование, виброуплотнение | Виброуплотнение, литье | Литье, виброформование | Литье |
| Способ получения камневидного состояния | Омоноличивание системы сложения частиц заполнителя (наполнителя) в результате синтеза цементирующего вещества из исходных щелочных и кислотных оксидов | | | |
| Состав и строение материала | | | | |
| Состав твердой фазы | Зерна заполнителя, цементирующее вещество, остаточные зерна тонкомолотого кислотного и др. исходных компонентов | | Цементирующее вещество, остаточные зерна тонкомолотого кислотного и др. исходных компонентов | |
| Массовая доля твердой фазы в материале, % | 92–72 | 72–48 | 48–20 | 20–8 |
| Состав цементирующего вещества* | Высоко- и низкоосновные гидросиликаты кальция | | Преимущественно низкоосновные гидросиликаты кальция тоберморитовой группы | |
| Тип цементации твердой фазы материала | Поровый с плотной упаковкой зерен заполнителя или умеренной их раздвижкой | | Базальный со значительной раздвижкой зерен микронаполнителя | |
| Содержание цементирующего вещества, кг на кг твердой фазы | 0,1–0,4 | 0,25–0,5 | 0,3–0,6 | 0,5–0,8 |
| Состав порового пространства | Преимущественно микропоры (гелевые, контракционные и капиллярные) | Микропоры и поры воздухововлечения | Ячеистые поры, поры воздухововлечения, микропоры | |
| Массовая доля пор в материале, % от объема | 8–38 | 38–52 | 52–80 | 80–92 |
| *Состав цементирующего вещества дан для материалов, получаемых на известково-кремнеземистой основе. | | | | |

В то же время были приняты меры по расширению производства газосиликатных блоков. Воронежский комбинат строительных материалов (бывший Воронежский завод силикатного кирпича) ввел в 2005 г. цех по производству газосиликатных блоков средней плотностью 500–600 кг/м³ с годовым выпуском до 40 тыс. м³; строительная фирма «КИТ» построила цех мощностью до 25 тыс. м³; в настоящее время Воронежский ДСК завершает в г. Лиски строительство предприятия по выпуску 200–220 тыс. м³ газосиликатных блоков в год.

При полном освоении мощностей в регионе будет производиться в год до 350–400 тыс. м³ газосиликата, который уже в настоящее время стал продуктом межрегионального экспорта.

К началу 2007 г. в Воронежской обл. произведено более 1,7 млн м³ газосиликатных изделий и построено более 6 млн м² жилых и других зданий.

Особо отметим, что с самого начала становления в конце 60-х гг. прошлого века технологии и организации заводского производства газосиликата, применения его в строительстве, мониторинга эксплуатацион-

ного ресурса материала в длительно эксплуатируемых зданиях было обеспечено научное сопровождение всех решаемых проблем, что отражено в кандидатских диссертациях А.Т. Дворякина, Е.М. Чернышова, Е.И. Шмитко, Б.М. Зуева, А.М. Синотова, А.М. Крохина, А.В. Уколовой, Е.С. Шинкевич, Л.Н. Адоньевой, В.А. Попова, Е.И. Дьяченко, Н.Д. Потамошневой, И.И. Акуловой, А.И. Воронина, Е.В. Баутиной, Е.А. Лаппо, в докторских диссертациях А.А. Федина, Е.М. Чернышова, Е.И. Шмитко, И.И. Акуловой.

Оценивая в целом положительно процесс формирования строительной базы региона с ориентацией на газосиликат, нельзя не отметить, что потенциальные возможности материала и его технологии использованы не полностью.

Концепция современной гибкой технологии газосиликата

Формирование концепции гибкой технологии предполагает прежде всего рассмотрение характерных черт и признаков, критериев гибкости технологии, их существования и прикладного значения.

Понятие «гибкость» в приложении к гибким производственным системам соотносится с их быстрой приспособляемостью, адаптивностью, легкой перенастраиваемостью, относительно простой сочетаемостью с другими системами и встраиваемостью в них, с универсальностью и разносторонностью. Понятие «гибкость» следует рассматривать как возможность получения многовариантных решений задачи с сохранением высокой эффективности без изменений принципов технологии. Обобщенно существо гибкой технологии заключается в диалектическом единстве ее унифицированности и многовариантности.

Главным в качественных критериях гибкости является применимость технологии с ее сохраняющимися неизменными основными признаками к разным начальным условиям и выдвигаемым требованиям.

В отношении газосиликата как материала и технологии газосиликата можно говорить о следующих неизменных основных признаках (табл. 2): характерный состав и структура матрицы материала, имеющей типичную цементирующую связку, конгломератное строение и включающей характерные структурные элементы; принцип гидротермального (автоклавного) синтеза цементирующей связки из смеси щелочных и кислотных оксидов; единая последовательность и совокупность химико-технологических этапов получения бетона из исходного сырья, включающая измельчение, механохимическую активацию сырьевых компонентов, получение однородной многокомпонентной сырьевой смеси, формование сырья бетона, проведение процессов синтезного твердения; единая совокупность применяемых аппаратов и оборудования для реализации этапов технологии и ее процессов.

По нашему мнению, обсуждение сторон гибкости технологии газосиликата необходимо вести, имея в виду возможные разновидности материала, разнообразие номенклатуры изделий, расширение областей применения материала и изделий, многовариантные реализации технологии при применении разного по качеству и составу природного и техногенного сырья. Важным представляется обсуждение и таких вопросов гибкости, как вариантность компоновочных решений, масштаб и мощность технологических линий, возможности встраивания технологии в инфраструктуру предприятий других отраслей, создания комплексов взаимосвязанных малоотходных и безотходных производств, относящихся к различным отраслям промышленности.

Если рассматривать возможные варианты газосиликата как материала, то необходимо говорить о газосиликате конструкционном, конструкционно-теплоизоля-

ционном и теплоизоляционном. Каждая из этих разновидностей имеет соответствующую область применения, что ясно из самой классификации. Однако дополнительно следует сказать о ряде неочевидных на первый взгляд новых возможных областей использования газосиликата, а именно в качестве акустического и отделочного материала, в том числе интерьерного декоративно-акустического и фасадного декоративно-отделочного и теплоизолирующего.

Классификация вариантов решений технологии, при использовании которых может быть произведена любой из представленных вариантов материала и изделий, показана на рис. 7. И здесь, во-первых, следует остановиться на альтернативных составах вяжущего для синтезного автоклавного твердения. В связи с этим можно выделить известково-песчаное бесцементное, известково-песчаное с добавкой цемента, известково-цементно-песчаное вяжущее, известково-шлаковое, известково-зольное и др. вяжущие, в составе которых могут быть использованы природные и техногенные сырьевые материалы, содержащие щелочные и кислотные оксиды. К числу этих материалов относятся кварцевые, полевошпатные пески, лессовые породы, а также, как показывают исследования, большинство неорганических попутных, побочных продуктов, промышленных отходов — шлаки, золы, хвосты обогащения различных руд, нефелиновые и другие шламы, горелые породы и т. п.

Все виды сырья должны пройти предварительную подготовку, после чего из них может быть получена щелочно-кислотная по составу сырьевая смесь. При этом может быть применено несколько технологических вариантов, каждый из которых может оказаться наиболее эффективным в соответствующих исходных условиях. К этим вариантам следует отнести решения с мокрым и сухим, раздельным или совместным помолом компонентов и их смесей или комбинированные решения, сочетающие указанные выше.

Сырьевые смеси могут быть использованы для получения формовочной смеси и формования как способом литья в индивидуальных формах, так и путем литья блок-массива с последующей его доавтоклавной разрезкой или же послеавтоклавной распиловкой.

Гибкость технологического этапа формования выражается не только в способах получения заданной геометрии изделия отливкой, разрезкой или распиловкой, но и в вариантах создания макропористости газосиликата за счет газовыделения, воздухововлечения и пенообразования, а также за счет комбинации этих вариантов.

Значительный потенциал гибкости технологии газосиликата заключен в решениях технологических линий по мощности, компоновке, степени универсальности по номенклатуре продукции и др. В зависимости от типа применяемого основного оборудования возможно компоновать технологические линии с годовой производительностью от 5–10 до 80–200 тыс. м³ продукции не только однотипной, но и различной номенклатуры. Технологические линии могут компоноваться применительно к агрегатно-поточному, конвейерному или даже стендовому способу организации производственного процесса. Технологические линии могут встраиваться в существующие производства, например на заводах силикатного кирпича, родственных газосиликатному производству; они могут встраиваться и в инфраструктуру промышленных предприятий других отраслей, и выступать как заводы-спутники по отношению к основному производству. Технологические линии, разумеется, могут составлять основу самостоятельного предприятия с собственной инфраструктурой. Последняя, как правило, включает подготовительное

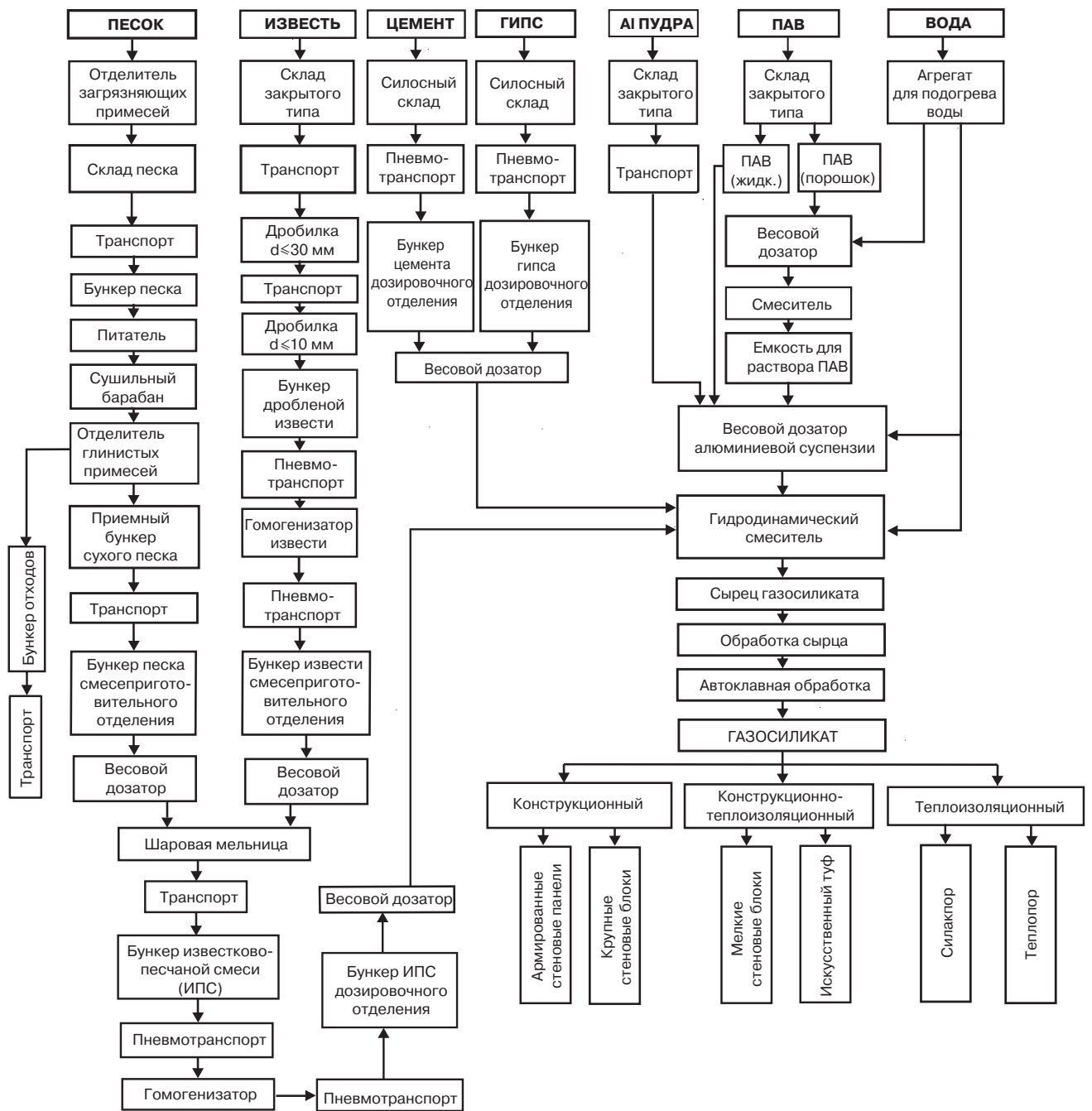


Рис. 7. Базовая технологическая схема производства газосиликатных изделий

отделение щелочно-кислотного вяжущего, однако не исключается возможность получения такого вяжущего с другого предприятия, в том числе специализированного по выпуску вяжущего для материалов синтетического автоклавного твердения.

Представленная концепция и положения гибкой технологии газосиликата демонстрируют ее широкие инновационные возможности, которые должны учитываться в перспективных инвестиционных процессах развития строительного комплекса.

В методологическом отношении рациональные решения технологического процесса газосиликата базируются на структурно-физической концепции управления показателями качества материала и предусматривают учет условий минимизации соответствующих затрат при обеспечении заданного уровня качества по ком-

плексу эксплуатационных свойств, определяемых его назначением в строительных конструкциях.

Применительно к ячеистому бетону как конструкционному и теплоизоляционному материалу такой комплекс свойств включает показатели сопротивления механическому разрушению (вязкость разрушения, удельная работа разрушения, прочность, предельная сжимаемость и растяжимость), теплопроводности, влажностной усадки, морозостойкости и др. Значение этих показателей на момент изготовления устанавливается техническими условиями и требованиями к бетону и строительным изделиям. При определении уровня качества материала важен учет требований и в отношении стабильности его свойств во времени как условия надежной работы материала в строительной конструкции.

Таблица 3

| Показатель | | Значения показателей для газосиликата средней плотности, кг/м ³ | | |
|---|--------|--|---------|---------|
| | | 700 | 600 | 500 |
| Класс бетона по прочности при сжатии | | B5 | B3,5 | B2,5 |
| Марка по морозостойкости | | F35–F50 | F25–F35 | F25–F35 |
| Влажностная усадка, мм/м, не более | | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С) при влажности | W = 8% | 0,18 | 0,14 | 0,11 |
| | W = 6% | 0,165 | 0,125 | 0,095 |
| | W = 4% | 0,15 | 0,11 | 0,08 |
| | W = 2% | 0,135 | 0,1 | 0,07 |
| | W = 0% | 0,12 | 0,09 | 0,065 |

Критериями этих требований выступают характеристики сопротивления бетона действию физико-климатических и химических факторов эксплуатационной среды – стойкость при увлажнении-высыхании, химическая (карбонизационная и др.) стойкость, эксплуатационная трещиностойкость и т. п.

Обеспечение требуемого уровня качества достигается управлением формирования состава, структуры, состояния твердой фазы и порового пространства материала. Структурно-физическая концепция конструирования силикатного ячеистого бетона как композиционного материала исходит при этом из целесообразности получения: оптимальной цементации твердой фазы межпорового материала по критерию максимума сопротивления механическому разрушению; максимальной пространственной однородности распределения структурных элементов в твердой фазе по условию минимизации локальных концентраций напряжений, возникающих в структуре при действии механических и других факторов эксплуатационной среды; рационального минералогического состава, морфологии и степени дисперсности гидросиликатов кальция и других гидратных соединений в цементирующей связке твердой фазы по требованиям обеспечения прочности, предельной растяжимости, трещиностойкости и др.; рациональной структуры микропористости материала мембран по требованиям к влажностной усадке и морозостойкости; оптимального соотношения объема ячеистых и капиллярных пор; рационального распределения ячеистых пор по размерам, минимальной дефектности мембран и анизотропии ячеистой пористости по условиям наиболее эффективного использования свойств материала мембран в пространственной конструкции ячеистого бетона.

Базовый технологический процесс изготовления газосиликата имеет следующие элементы и отличительные признаки. Изготовление известково-песчаной смеси основывается на методе совместного помола исходных компонентов с сушкой песка тепловым, а при использовании высокоактивной известки физико-химическим методом. Величина и кинетика тепловыделения известково-песчаной смеси регулируется частичной гидратацией известки в процессе физико-химической сушки песка. Молотая известково-песчаная смесь подвергается гомогенизации. В сырьевой шихте принимается оптимальное по прочности соотношение щелочного и кислотного компонентов. Гранулометрия кремнеземистого компонента назначается по услови-

ям формирования квазигомогенной структуры материала межпоровых перегородок ячеистого бетона заданной средней плотности. В состав сырьевой шихты вводятся в минимально необходимом количестве минеральные добавки, позволяющие регулировать реологические свойства формовочной смеси и модифицировать цементирующее вещество. Газообразователь при необходимости изменения размера макропор подвергается дополнительной диспергации для разрушения агрегатов частиц алюминиевой пудры и получения ячеистых пор минимального диаметра. Приготовление раствора осуществляется в смесителях, обеспечивающих интенсивный турбулентный режим течения и передачу работы перемешивания, необходимой для достижения высокой однородности раствора за время, отведенное для его приготовления. Путем варьирования В/Т и расхода газообразующей добавки ведется регулирование распределения микропор по размерам и объемного соотношения микро- и ячеистых пор в общем объеме порового пространства бетона. При формировании ячеистой пористости обеспечивается предельная, соответствующая объему газовыделения полнота вспучивания. Внутренние напряжения от давления газа снимаются посредством виброоживления формируемой смеси механическими воздействиями на нее. Температурные условия гидротермальной обработки назначаются из условия обеспечения максимума эффективной энергии активации процесса синтеза цементирующего вещества, что отвечает условию минимизации энергозатрат на автоклавирование. Продолжительность стадии изотермической выдержки для принятой температуры автоклавной обработки назначается по требованиям формирования цементирующего вещества в виде низкоосновных гидросиликатов кальция с соотношением С–S–Н(І) и тоберморита 11,3 Å, морфологическим составом и степенью дисперсности, отвечающих условию обеспечения заданного уровня качества по совокупности свойств как на момент изготовления, так и с учетом стабильности показателей качества во времени.

Технологический процесс рассчитан на получение строительных изделий широкой номенклатуры из конструкционного, конструкционно-теплоизоляционного силикатного ячеистого бетона средней плотностью от 900 до 200 кг/м³. Данный технологический процесс обеспечивает возможности изготовления материала высшего класса качества на уровне лучших мировых образцов (табл. 3).

Т.А. УХОВА, канд. техн. наук, НИИЖБ (Москва); Я.М. ПАПЛАВСКИС, канд. техн. наук, Aeroc International AS (Таллин); Г.И. ГРИНФЕЛЬД, ООО «Аэрок СПб» (Санкт-Петербург); А.А. ВИШНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, ООО «Рефтинское объединение «Теплит» (Свердловская область)

Разработка межгосударственных стандартов взамен ГОСТ 21520–89 и ГОСТ 25485–89 в части ячеистых бетонов автоклавного твердения

В настоящее время в различных регионах России (Санкт-Петербург, Ярославль, Липецк, Самара, Свердловская обл., Новосибирск, Воскресенск, Можайск, Электросталь и др.) работают или строятся современные заводы по производству автоклавного ячеистого бетона.

Для продукции современных заводов ячеистого бетона характерна высокая точность геометрических размеров, широкая номенклатура выпускаемых изделий и, что особенно важно, на этих заводах, как показывает опыт России, Белоруссии и Прибалтики, освоен выпуск изделий со средней плотностью 350–400 кг/м³ с классом по прочности при сжатии В1,5 и более (средняя прочность 2,2 МПа). С такой прочностью изделия могут быть использованы не только как теплоизоляция, но и как стеновые блоки, воспринимающие силовые нагрузки. Эти изделия во многих регионах РФ в наружных стенах не требуют дополнительного утепления, что дает огромный народнохозяйственный эффект.

Однако старая нормативная база (ГОСТ 21520–89 [1] и ГОСТ 25485–89 [2]), разработанная в СССР, этого не учитывает, и изделия со средней плотностью менее 500 кг/м³ относятся исключительно к теплоизоляционному материалу, который в несущих или самонесущих конструкциях не может быть использован. Поэтому проектировщики, ссылаясь на вышеупомянутые ГОСТы, ячеистый бетон средней плотностью менее 500 кг/м³ не включают в проекты как стеновой материал. Таким образом, складывается абсурдная ситуация: промышленность готова поставлять ячеисто-бетонные изделия нового поколения, а существующая нормативная база запрещает их применение в качестве стенового материала.

Впервые с этой проблемой столкнулись в Белоруссии после запуска завода «Забудова», работающего по немецкой технологии «Хебель». Руководством Республики Беларусь было поручено Госстрою, научным и проектным организациям разработать ряд нормативных документов, которые узаконили бы применение нового материала. В 1998 г. эта работа была завершена изданием СТБ 1117–98 «Блоки из ячеистых бетонов стеновые. Технические условия», СНБ 2.04.01.–97 «Строительная теплотехника» и др.

В Российской Федерации сложилась та же ситуация, которая была в Белоруссии 10 лет назад. На сегодня в России работает около 20 высокопроизводительных новых современных заводов, а нормативная база по ячеистому бетону осталась прежней. Вопрос осложнился тем, что в России в связи с ликвидацией Госстроя отсутствует координация разработки и финансирования разработки новых нормативных документов, в том числе по ячеистому бетону. В сложившейся ситуации предприятия, выпускающие ячеисто-бетонные изделия по современным технологиям,

решили сами финансировать разработки новых стандартов взамен ГОСТ 21520–89 и ГОСТ 25485–89, создав рабочую группу, и в качестве головной организации привлечь институт НИИЖБ. Как известно, институт НИИЖБ являлся головной организацией и при разработке ныне действующих стандартов ГОСТ 21520–89 и ГОСТ 25485–89. В работе над стандартами приняли участие ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, МГСУ (Москва) и ВГАСУ (Воронеж). Руководитель разработки – канд. техн. наук Т.А. Ухова (НИИЖБ)

В рабочую группу вошли представители следующих предприятий – ОАО «Липецкий завод изделий домостроения», ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат», ООО «Аэрок» (Санкт-Петербург), ОАО «Липецкий комбинат силикатных изделий», ООО Рефтинское объединение «Теплит» (Свердловская обл.), ОАО «Главновосибирскстрой», ОАО «Коттедж» (Самара), ФГУП 211 КЖБИ (Ленинградская обл.).

Разработка вышеуказанных стандартов производится в соответствии с «Программой разработки национальных стандартов РФ на 2006 г. (т. 3, раздел 1), утвержденной Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии 22 февраля 2006 г.

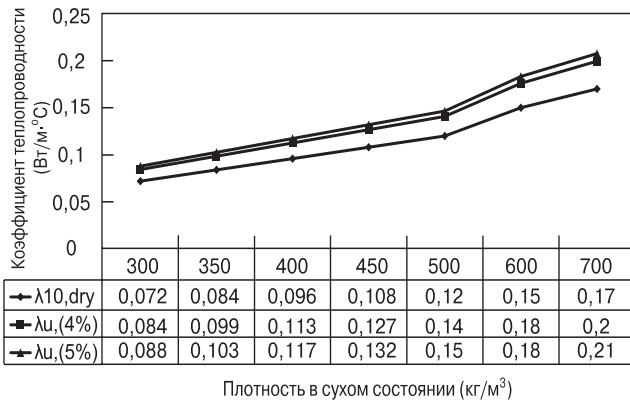
В соответствии с указанной программой разработка стандартов должна завершиться в 2007 г.

В настоящее время завершена разработка второй редакции стандартов, которые были составлены на основе первой редакции документов, рассмотренных и одобренных на расширенном заседании технологической секции НТС НИИЖБ с учетом замечаний и предложений 12 ведущих научно-исследовательских, проектно-конструкторских и производственных организаций. В настоящий момент проекты стандартов переданы ТК 465 «Строительство» для дальнейшего прохождения и утверждения.

Необходимо подчеркнуть, что вновь разработанные стандарты имеют статус «межгосударственного стандарта» и приведены в соответствие с основными положениями гармонизированных стандартов Евросоюза EN 771-4:2003 [4] и EN 1745:2002 (E) [5].

Какие основные отличия имеют вновь разрабатываемые ГОСТы по сравнению с действующими ГОСТ 21520–89 и ГОСТ 25485–89?

Во-первых, во вновь разрабатываемые ГОСТы включен только автоклавный ячеистый бетон, так как неавтоклавный ячеистый бетон по своим физико-механическим характеристикам, области применения, сырьевой базе, технологии изготовления значительно отличается от автоклавного ячеистого бетона. Поэтому на неавтоклавный ячеистый бетон во избежание разночтения необходимо разработать свой нормативный документ.



Во-вторых, во вновь разрабатываемом ГОСТ 25485 к конструкционно-теплоизоляционным ячеистым бетонам относятся все автоклавные ячеистые бетоны, для которых класс по прочности при сжатии не ниже В1,5 независимо от средней плотности.

Этим снято ограничение, указанное в ГОСТ 25485–89, когда изделия со средней плотностью ниже 500 кг/м³ относятся исключительно к теплоизоляционному материалу и в несущих конструкциях применяться не могут.

В-третьих, коэффициенты теплопроводности λ (Вт/(м·°С)) для сухого материала приняты на основании результатов обобщения многочисленных исследований, проведенных в России и за рубежом [6, 7, 8, 11, 12] и соответствуют данным, приведенным в гармонизированном Евростандарте EN 1745:2002 (Е).

Для определения расчетной величины коэффициента теплопроводности, учитывающего влажность стены, применена методика, изложенная в EN 1745:2002 (Е).

Равновесная влажность автоклавного ячеистого бетона определяется по результатам обследований конструкций в конкретном регионе. Многочисленные экспериментальные исследования [6, 7, 8, 11, 12, 13] показали, что у ячеистых бетонов, изготовленных на смешанном вяжущем и песке, равновесная влажность в нормальных условиях эксплуатации (условия А) составляет 3,5–5%, а во влажных условиях (условия Б) составляет 4,5–6%. Поэтому для нормальных условий эксплуатации (условия А) равновесная влажность принята равной $W = 4\%$ вместо 8%, а для влажных условий эксплуатации (условия Б), равновесная влажность наружных стен принята равной $W = 5\%$ вместо 12%, указанных в СНиП 23-02–2003 и СП 23-101–2004.

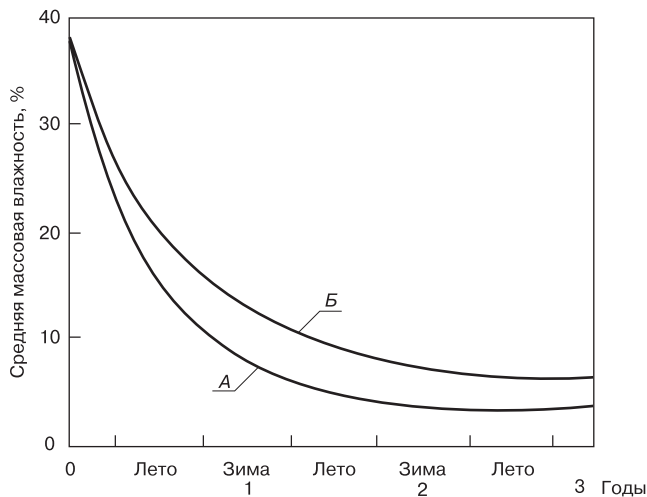


Рис. 2. Кинетика высыхания наружной стены из газобетона со средней плотностью 380 кг/м³: А – для зоны с нормальным влажностным режимом (Германия); Б – для влажной климатической зоны (Эстония)

Для ячеистых бетонов, изготовленных из других сырьевых компонентов, пенобетонов, а также для тех регионов, где определения равновесной влажности в натуральных условиях не проведены, в расчетах принимают действующие нормативные величины равновесной влажности [3].

В-четвертых, по аналогии с EN 771-4:2003 из ГОСТ 21520 исключено требование по отпускной (послеавтоклавной) влажности ячеистого бетона – не более 25% по весу, так как, с одной стороны, отпускная влажность не является физико-механической характеристикой материала и не учитывается при прочностных или теплотехнических расчетах конструкций. С другой стороны, для обеспечения 25%-й отпускной влажности смесь должна формироваться при водотвердом отношении $В/Т \leq 0,5$ (так называемые густые смеси) с использованием ударной или вибротехнологии.

Из зарубежных фирм пока исключением является немецкая фирма «Маза-Хенке», которая на Сморгонском заводе в Белоруссии, выпускающем неармированные изделия, поставила смеситель и ударные площадки, которые позволяют формировать смесь с $В/Т = 0,48$. В то же время другие заводы работают на оборудовании фирм «Хебель», «Верхан» и др. с применением литьевых технологий при $В/Т = 0,62–0,64$.

На наш взгляд всегда следует стремиться снизить количество воды затворения, т. е. снизить $В/Т$, так как это уменьшает количество конденсата в автоклавах, снижает время вызревания массивов, уменьшает отпускную массу изделий, приводит к снижению усадочных деформаций бетона при высыхании и др.

Но с другой стороны, использование динамических воздействий при формировании вызывает необходимость применения более жестких (более дорогих) форм, создания более энергоемких смесителей, осложнения с фиксацией арматурных каркасов и другие проблемы. Поэтому к вопросу снижения $В/Т$ следует подходить дифференцированно и выбирать тот способ, который для конкретных условий является наиболее целесообразным, например введение в состав ячеисто-бетонных смесей водоредуцирующих или комплексных добавок на их основе.

В новых стандартах сняты противоречия между отдельными положениями двух действующих стандартов. Исключено деление изделий по геометрическим размерам, а также ужесточены требования по отклонениям от геометрических размеров.

Важной особенностью новых стандартов (по аналогии с EN) является то, что физико-механические параметры представлены в виде параметрического ряда.

Если вернуться к вопросу о величинах коэффициента теплопроводности определенных по методике, изложенной в EN 1745:2002, то эти коэффициенты как для сухого материала, так и с учетом влажности материала практически совпадают с многочисленными экспериментальными данными, полученными в России, Белоруссии и др. странах.

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности, определенные согласно EN 1745:2002, имеют характер и величины, приведенные на рис. 1.

Новейшие исследования, проведенные в 2003–2006 гг. по определению скорости высыхания наружной стены со средней плотностью газобетона 380 кг/м³, толщиной стены 375 мм в условиях влажной климатической зоны (г. Таллин, Эстония), приведены на рис. 2. Там же приведено сопоставление результатов, полученных в Германии для зоны с нормальным влажностным режимом [11]. Как видно, характер высыхания наружной стены одинаков, но в условиях влажной климатической зоны высыхание стены происходит медленнее и равновесная влажность достигается через три года эксплуата-

ции, т. е. на один год позднее по сравнению с нормальным влажностным режимом. Кроме того, на скорость высыхания оказывают влияние характеристики паропроницаемости наружного и внутреннего отделочных слоев.

В рамках журнальной статьи невозможно более подробно изложить все экспериментальные обоснования и литературный обзор принятых в разрабатываемых стандартах численных величин тех или других характеристик материала. Эти данные приведены в Пояснительной записке к стандартам.

Авторы вновь разрабатываемых стандартов взамен ГОСТ 21520–89 и ГОСТ 25485–89 признательны за присланные отзывы и предложения, многие из которых были учтены при разработке проектов стандартов.

Список литературы

1. ГОСТ 25485–89 «Бетоны ячеистые. Технические условия».
2. ГОСТ 21520–89 «Блоки ячеисто-бетонные стеновые мелкие».
3. СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий».
4. EN 771-4:2003 Specification for masonry units. Part 4: Autoclaved aerated concrete masonry units.
5. EN 1745:2002 (E) Masonry and masonry products – Methods for determining thermal values.
6. Семченков А.С., Ухова Т.А., Сахаров Г.П. О корректировке равновесной влажности и теплопроводности ячеистого бетона // Строит. материалы. 2006. № 6. С. 4–7.
7. Граник Ю.Г. Применение ячеистого бетона в строительстве Российской Федерации // Белорусский строительный рынок. Минск. 2006. № 9–10.
8. Гарнашевич Г.С., Гончарик В.Н. О теплофизических свойствах ячеисто-бетонных изделий // Белорусский строительный рынок. Минск. 2002. № 10.
9. Сажнев Н.П., Шелег Н.К. Производство ячеисто-бетонных изделий по технологии «Хебель» // Белорусский строительный рынок. Минск. 2002. № 10.
10. Пинскер В.А., Вылегжанин В.П. Нормативные документы по ячеистым бетонам // Материалы конф. «Ячеистые бетоны в современном строительстве». Санкт-Петербург. 2006.
11. Weber H., Hullmann H. Porenbeton Handbuch. 5. Auflage Wiesbaden. 2002.
12. Вылегжанин В.П., Пинскер В.А. Ячеистых бетонов бояться не надо // Мир стройиндустрии. 2004. № 22.
13. Сажнев Н.П., Гончарик В.Н., Гарнашевич Г.С. Производство ячеисто-бетонных изделий. Теория и практика. Минск: Стринко. 2004.

**Национальная ассоциация
«Автоклавный газобетон»
(НААГ)**



- «Национальная ассоциация «Автоклавный газобетон» (НААГ) объединяет производителей этого материала в России. Учредителями ассоциации являются ООО Рефтинское объединение «Теплит», ООО «Воскресенский газосиликатный комбинат», ООО «Аэрок Санкт-Петербург», ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр-Можайск» и ЗАО «Стромтрейдинг».
- Задачами ассоциации является участие в финансировании и разработке стандартов и других нормативных документов по производству и применению автоклавного газобетона, организация встреч и обмен информации между членами ассоциации по вопросам производства и применения автоклавного газобетона, пропаганда автоклавного газобетона и издание пособия для производителей, проектировщиков и строителей, налаживание контактов с научными и проектными организациями, а также с поставщиками сырья и решение других важных для ассоциации вопросов.
- Членами НААГ могут стать все действующие или строящиеся предприятия России по производству газобетона автоклавного твердения, которые согласны выполнять Устав НААГ. Решение о принятии новых членов осуществляется на общем собрании НААГ.
- Очередное общее собрание членов НААГ состоялось 26 марта 2007 года в Санкт-Петербурге.
- На нем был избран новый президент ассоциации, им стал Паплавский Язепс Микелевич. Также было принято решение о том, что рабочий офис ассоциации будет находиться в Санкт-Петербурге, и определены ближайшие задачи ассоциации. О своем желании стать членом НААГ заявило ОАО «Завод ячеистых бетонов», г. Набережные Челны, Татарстан. Решение по этому вопросу будет принято на следующем общем собрании НААГ, которое состоится в мае 2007 г.
- В настоящее время НААГ активно участвует в финансировании и разработке новых редакций стандартов ГОСТ 21520-89 и ГОСТ 25485-89.

**Национальная ассоциация «Автоклавный газобетон»,
193091, Санкт-Петербург, Октябрьская набережная, дом 40,
тел./факс: (812) 587-74-78. Контактное лицо Глеб Гринфельд.**

Реклама

Г.С. СЛАВЧЕВА, канд. техн. наук, Е.М. ЧЕРНЫШОВ, д-р техн. наук, академик РААСН, Д.Н. КОРОТКИХ, канд. техн. наук, Воронежский государственный архитектурно-строительный университет; Ю.А. КУХТИН, генеральный директор ЗАО «Коттедж-индустрия» (г. Россошь, Воронежская обл.)

Сравнительные эксплуатационные теплозащитные характеристики одно- и двухслойных стеновых газосиликатных конструкций

В условиях введения изменений № 3 в СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника» произошло успешное внедрение в строительство автоклавных ячеистых бетонов и изделий на их основе.

Актуальность представленного исследования связана с рассмотрением и утверждением новых (взамен ГОСТ 25485-89 «Бетоны ячеистые. Технические условия») стандартов на ячеистые бетоны автоклавного твердения и изделия из них, призванных учесть положительную динамику качественных характеристик таких бетонов.

Развитию технологии и применению газосиликата посвящено много работ [1-4]. Высокий уровень качества автоклавного ячеистого бетона, в том числе газосиликата, обеспечивается не только улучшением таких его показателей, как плотность, прочность, линейные деформации, трещиностойкость и морозостойкость, но и улучшением влажностных характеристик и теплопроводности, от которых существенно зависят параметры стеновых конструкций, их массоемкость и в конечном счете эксплуатационные расходы.

ЗАО «Коттедж-индустрия» (г. Россошь Воронежской обл.) является крупным (80 тыс. м³ в год) производителем газосиликатных мелких блоков. В середине 90-х гг. прошлого века на этом предприятии были развернуты работы по строительству теплоэффективных пятиэтажных жилых зданий. Опыт исследований газосиликата, изучения долговечности конструкций из него, натурных наблюдений за поведением и состоянием стен зданий при длительном периоде эксплуатации позволил решить проблему реализации новых теплотехнических требований на основе возможности использования газосиликата как конкурентоспособного материала в одно-, а также двухслойных конструкциях в сочетании с кирпичом. При этом потребовалось комплексно рассмотреть вопросы зависимости теплотехнических характеристик материала от его состава, средней плотности и влажностного состояния, решить задачу регионального строительного нормирования теплотехнических характеристик газосиликата нового поколения.

На базе ЗАО «Коттедж-индустрия» специалистами ВГАСУ были проведены исследования и оценка свойств выпускаемого на предприятии газосиликата, натурные наблюдения за поведением и состоянием наружных стен зданий.

Проводимые работы включали:

- определение статистически достоверных данных о свойствах газосиликата в блоках на момент изготовления (средняя плотность, коэффициент тепло-

проводности, влажность, предел прочности при сжатии);

- натурные исследования влажностного состояния наружных стен жилых зданий (оценка динамики изменения влажности стенового материала по толщине при различных конструкциях стены в зависимости от ориентации по сторонам света, от сроков эксплуатации зданий и от сезона эксплуатации);
- разработку алгоритма расчета термического сопротивления двухслойных ограждающих конструкций как функции коэффициента теплопроводности различных слоев стены с учетом эксплуатационной динамики влажностного состояния материалов в соответствующем слое;
- расчет величин фактического термического сопротивления наружных стен различной конструкции для разных сезонов года с учетом ориентации стен по сторонам света;
- определение соответствия фактического термического сопротивления проектной величине по действующим новым нормативным документам.

Выпускаемый в регионе газосиликат характеризуется в сравнении с предусмотренными строительными нормами существенно (в 1,5 раза) меньшим коэффициентом теплопроводности (см. таблицу). Более высокие теплозащитные свойства материала были учтены в разработанных территориальных строительных нормах ТСН 301-197 «Руководство по применению газосиликата для конструкций с повышенным термическим сопротивлением. Теплотехнические характеристики», введенных в действие постановлением администрации Воронежской области № 589 от 3 июня 1997 года с 01.07.1997 г.

Реализация теплозащитного потенциала ограждающих конструкций здания, как известно, в значительной мере определяется их влажностным режимом, зависящим от конструктивных особенностей ограждения и от теплопроводности и паропроницаемости материалов. При этом влажностное состояние ограждения во времени может быть условно разделено на начальное (переходное) после ввода здания в эксплуатацию и эксплуатационное (квазистационарное), соответствующее основному периоду продолжительной и регулярной эксплуатации здания [5]. Влагосодержание в этот период меняется циклически по сезонам года, к концу отопительного периода достигая максимальных значений. Изучение параметров квазистационарного влажностного режима ограждений в настоящее время становится необходимым и важным, так как новые требования по теплозащите и энергосбережению для зданий

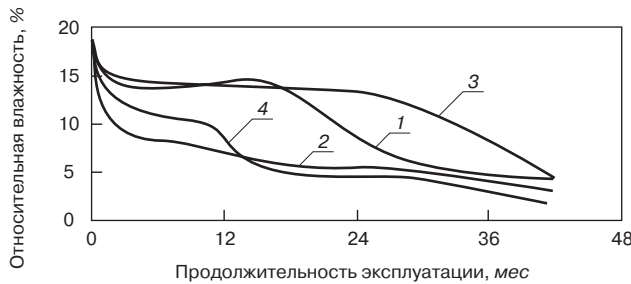


Рис. 1. Изменение усредненных значений массовой доли влаги в газосиликате наружных стен в начальный период эксплуатации в зависимости от ориентации по сторонам света. 1, 3 – для двухслойных; 2, 4 – для однослойных стен; 1, 2 – южная сторона; 3, 4 – северная сторона

определили широкое использование в современной строительной практике различных вариантов многослойных ограждающих конструкций, в которых применяются разнородные материалы, имеющие значительные отличия по величине влажностных характеристик. Это создает вероятность сезонного накопления влаги в таких конструкциях. Поэтому теплотехнический расчет ограждений должен учитывать не только данные о среднегодовой влажности материалов в конструкции (как предполагает методика СНиП II-3-79* «Строительная теплотехника»), но и возможное накопление влаги в конструкции в зимний период, которое приводит к повышению среднегодовых значений.

В процессе натуральных исследований изучали изменение влажностного состояния в указанные периоды наружных двухслойных газосиликатных стен конструкции, примененной при строительстве жилых зданий в г. Россошь и включавшей газосиликатные блоки, 400 мм, и силикатный кирпич, 120 мм, с конструктивным его «заходом» в толщу газосиликата. Такая конструкция наружной стены был обусловлена необходимостью повышения ее несущей способности, что необходимо для зданий с бескаркасной конструктивной системой при продольных несущих стенах. Для теплотехнических расчетов усредненная толщина слоя из силикатного кирпича принята 146 мм, а толщина газосиликата – 374 мм.

Одновременно в натуральных исследованиях рассматривали влажностное состояние однослойных стен из блоков толщиной 400 мм и газосиликатных панелей толщиной 250 мм, широко применявшихся для массового жилищного строительства в г. Воронеже с начала 60-х до конца 80-х гг. прошлого века в зданиях серии 1-467 и 1-467Д.

Натурные сопоставительные исследования влажностного состояния позволили установить следующее.

Интенсивность снижения относительной влажности газосиликата наружных стен в начальный период эксплуатации в значительной мере определяется их конструкцией (рис. 1). Обкладка газосиликата снаружи кирпичом препятствует высыханию и почти в два раза

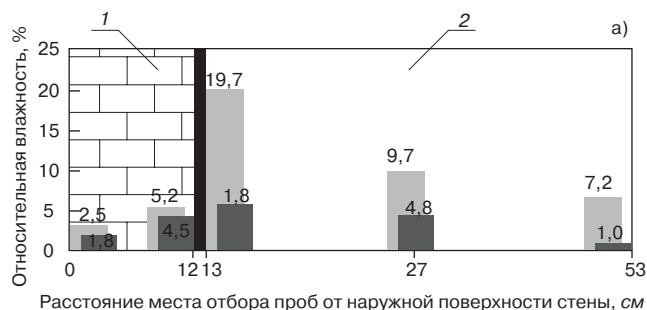


Рис. 2. Изменение влажностного состояния материала по толщине конструкции стены: а) – однослойной; б) – двухслойной; 1 – облицовочный слой из кирпича; 2 – кладка из газосиликатных блоков; 3 – влажность силиката к концу отопительного периода; 4 – то же к началу отопительного периода

удлиняет переходный период «приработки» по сравнению с наружными стенами из газосиликата без обкладки. В этот период влажность в однослойных стенах через 1,5 года эксплуатации [5] не превышает 4–5% и достигает 1,5–2% в квазистационарном состоянии. Стабилизация же влажностного состояния двухслойных стен наступает не ранее чем через 3 года с момента начала эксплуатации, достигает 3–5% и в дальнейшем не снижается.

При регулярной эксплуатации распределение влаги по толщине газосиликата двухслойной стеновой конструкции неравномерно и характеризуется накоплением влаги в слое газосиликата, примыкающем к кирпичной обкладке. Особенно это значительно в зимний период (рис. 2). К концу отопительного сезона перепад абсолютных значений влажности по сечению стены газосиликат–кирпич достигает почти 15%, в летний период – 4–5%; перепад значений влажности газосиликата по толщине однослойной стены в указанном периоде эксплуатации не превышает 1,5–2,5%.

Анализ результатов натуральных исследований значения массовой доли влаги газосиликата по толщине одно- и двухслойной стен в период эксплуатации приводит к следующим выводам:

- средняя массовая доля влаги в газосиликатной части двухслойной наружной стены в зависимости от сезона эксплуатации меняется в пределах от 4,3 до 8,7%, а сезонные изменения влажности газосиликата однослойной стены находятся в пределах от 1,5 до 4,2% (рис. 3);
- во время отопительного сезона существует временной отрезок (с февраля до конца отопительного сезона), характеризующийся накоплением влаги до 15–20% в слое газосиликата на границе с кирпичной обкладкой в двухслойной наружной стене. «Запирание» влаги в газосиликате наружным слоем силикатного кирпича обусловлено различием гигрометрических свойств данных материалов.

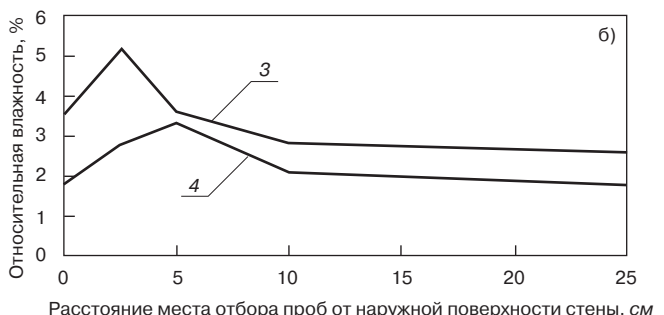
Натурные исследования влажностного состояния наружных стен жилых зданий использованы для оценки расчетного термического сопротивления наружных стен применительно к сезонам.

В расчетах приняты следующие исходные данные: коэффициент теплопроводности кладки из газосиликата по ТСН 301-1-97* при средней плотности газосиликата 600 кг/м³ в сухом состоянии $\lambda_r = 0,11$ Вт/(м·°С); для панелей $\lambda_r = 0,09$ Вт/(м·°С); коэффициент теплопроводности обкладки из силикатного кирпича в сухом состоянии $\lambda_{об} = 0,7$ Вт/(м·°С).

Коэффициент теплопроводности во влажном состоянии газосиликата и силикатного кирпича рассчитывался по следующей формуле:

$$\lambda_w = \lambda_0(1 + k_w w),$$

где λ_w – коэффициент теплопроводности при i-м значении влажности материала; λ_0 – коэффициент теплопро-



Технические характеристики газосиликата

| Показатели | | Технические показатели при плотности, кг/м ³ | | | | | | |
|---|--|---|----------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-----------|-----------|
| | | Требования ГОСТ 25485–89 | | | Газосиликат (г. Россошь) | | | |
| | | 700 | 600 | 500 | 700 | 600 | 500 | |
| Класс прочности при сжатии | | B5 B3,5 B2,5 B2 | B3,5 B2,5 B2 B1,5 | B2,5 B2 B1,5 B1 | B3,5 | B2,5 | B2 | |
| Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°С), при влажности (W) | | W = 8 % | 0,28 | 0,22 | 0,18 | 0,18*/0,23 | 0,14/0,19 | 0,11/0,17 |
| | | W = 4% | – | – | – | 0,15/0,2 | 0,11/0,17 | 0,08/0,14 |
| | | W = 0% | 0,18 | 0,14 | 0,12 | 0,12 | 0,09 | 0,065 |

*Перед чертой указаны значения коэффициента теплопроводности для газосиликата, за чертой – для кладки стены из газосиликатных мелких блоков с заполнением швов цементно-песчаным раствором ($\lambda = 0,76$ Вт/(м·°С)).

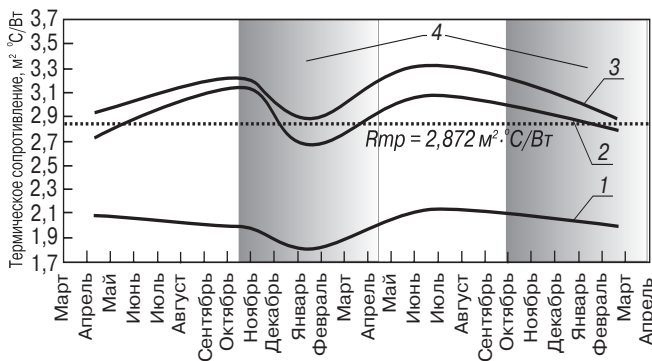


Рис. 3. Динамика термического сопротивления одно- и двухслойных стен в двухгодичном цикле наблюдений в период регулярной эксплуатации: 1 – для однослойной стены из газосиликата 250 мм; 2 – для двухслойной стены (газосиликат – кирпич); 3 – для однослойной стены из газосиликата 250 мм; 4 – отопительные периоды

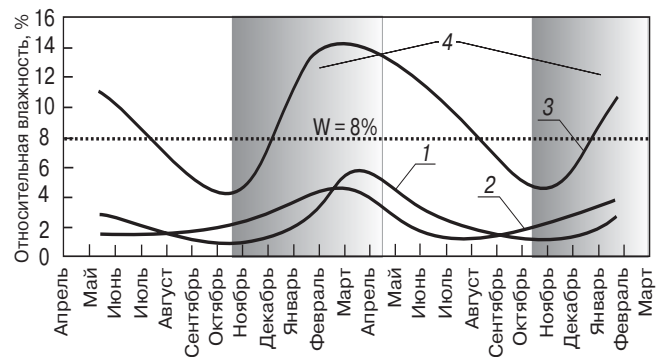


Рис. 4. Динамика значений влажности газосиликата в одно- и двухслойных стенах в целом по зданию в двухгодичном цикле наблюдений в период регулярной эксплуатации: 1 – для газосиликата на внутренней поверхности двухслойной стены (в помещении); 2 – для однослойной газосиликатной стены; 3 – для газосиликата на границе с кирпичной обкладкой; 4 – отопительные периоды

водности в сухом состоянии; k_w – числовой коэффициент, показывающий изменение коэффициента теплопроводности при изменении влажности материала на 1%; согласно СНиП II-3–79* величина k_w принята для газосиликата равной 0,064, для силикатного кирпича – 0,043; w – массовая доля влаги в материале (по данным проведенных натурных наблюдений).

Величина термического сопротивления двухслойной стены в целом удовлетворяет требованиям второго этапа реализации СНиП II-3–79, согласно которому для Воронежской области оно должно составлять не менее 2,872 м²·°С/Вт (рис. 4). Однако в отопительном периоде термическое сопротивление двухслойной стены из-за накопления влаги может быть ниже требуемых значений почти на 10%. Исходя из сезонной динамики влажностного состояния однослойной стены из газосиликата можно утверждать, что ее термическое сопротивление при толщине 400 мм всегда будет не ниже нормируемой величины.

Вышеизложенное позволяет утверждать, что применение в конструкции наружной стены газосиликатной кладки толщиной 400 мм обеспечивает соответствие ее термического сопротивления требованиям второго этапа реализации изменений № 3 к СНиП II-3–79*. Однослойный вариант стены из газосиликата предпочтительнее, чем двухслойный с обкладкой силикатным кирпичом. Кладка препятствует миграции влаги из газосиликата, что не только удлиняет период «приработки» газосиликатной части стены, но и способствует сезонному накоплению в ней

влаги и практически не обеспечивает увеличения термического сопротивления по сравнению с однослойной стеной. Применение обкладки кирпичом можно оправдывать лишь конструктивными соображениями – необходимостью обеспечить несущую способность стены.

Список литературы

- Федин А.А., Бердышев С.К., Мязин Н.Н., Кузнецова Л.С., Чернышов Е.М. Производство и применение крупноразмерных панелей из газосиликата. Воронежское книжн. изд-во. 1963. 59 с.
- Федин А.А. Научно-технические основы производства и применения силикатного ячеистого бетона. М.: Изд-во ГАСИС. 2002. 264 с.
- Чернышов Е.М., Коротких Д.И., Славчева Г.С., Кухтин Ю.А. Влажностное состояние и термическое сопротивление двухслойных (газосиликат-кирпич) наружных стен // VIII академ. чтения РААСН. «Современное состояние и перспективы развития строительного материаловедения». Самара. 2004. С. 345–353.
- Чернышов Е.М., Дьяченко Е.И., Акулова И.И., Кухтин Ю.А. Критериальная оценка и эффективные варианты стен с повышенным термическим сопротивлением // Сборник научных трудов Южного регионального отделения РААСН «Архитектура и градостроительство в реализации жилищной программы». Ростов-на-Дону: РГСУ. 1998. С. 29–44.
- В.Н. Богословский. Строительная теплофизика. М.: Высшая школа. 1982. 415 с.

Л.Д. ШАХОВА, канд. техн. наук,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г.Шухова

Роль пенообразователей в технологии пенобетонов

Производство эффективного по теплофизическим параметрам пенобетона является проблемным ввиду сложности обеспечения стабильности ячеистой структуры при высокой пористости. Увеличение прочности при постоянной плотности может быть обеспечено только за счет повышения прочности матрицы поризованного материала и создания оптимальной пористой структуры материала. Обеспечение прочности неорганической матрицы возможно путем повышения химической активности вяжущего, снижения В/Ц, использования механохимической активации вяжущего. Создание оптимальной пористой структуры зависит от кратности и устойчивости пены в высокоминерализованных цементных пастах.

В пенобетонах количество газовой фазы, размер и дисперсность воздушных пузырьков зависят не только от вида выбранных исходных компонентов, но и от поведения компонентов на границе раздела фаз, т. е. от поверхностных явлений, и от способа воздухововлечения. Важную роль при этом играет вид и концентрация пенообразователя, имеющего в своем составе различные ПАВ.

В настоящее время каждый производитель практически экспериментальным путем подбирает вид пенообразователя, который обеспечивает получение пенобетона с оптимальными свойствами. Поэтому в технической литературе можно встретить различные сведения и рекомендации по применению того или иного вида пенообразователя. При этом сведения о действии пенообразователей не связываются с минералогическим составом цементов и технологическими особенностями производства пенобетонной смеси.

Длительный производственный и экспериментальный опыт наших исследований показал взаимосвязь между физико-химическими свойствами пенообразователя и физико-механическими характеристиками пенобетона.

Для четкого понимания роли пенообразователей в технологии пенобетонов рассмотрим структуру пены и особенности поведения молекул ПАВ на границе раздела фаз газ – жидкость и жидкость – твердые частицы. Основные стадии образования и стабилизации пены молекулами ПАВ представлены на рис. 1 [1].

Пенные пленки образуются в присутствии ПАВ, которые представлены заряженными и незаряженными ионами, имеющими две различные по химической активности части – гидрофильную и гидрофобную. Структура пленки в пенах похожа на сэндвич, в котором внутренний слой обладает свойствами жидкости в объеме, а слои, направленные к газовой фазе, обладают большой вязкостью. Молекулы ПАВ за счет активной адсорбции на поверхности границы раздела фаз газ – жидкость концентрируются у поверхностей ламеллы таким образом, чтобы активные гидрофильные радикалы молекул, имеющих определенный заряд, были расположены в полярной среде (жидкости), а гидрофобная неполярная часть длинного углеводородного радикала

– в неполярной среде (воздухе). Такое расположение молекул ПАВ на границе газ – жидкость обуславливает заряд поверхности воздушного пузырька, обращенного в жидкость. Анионоактивные ПАВ придают отрицательный заряд воздушным пузырькам, катионоактивные – положительный. Знак заряда поверхности пузырьков, образованных амфотерными (амфолитными) ПАВ, зависит от pH среды: в щелочной среде заряд пузырька отрицательный, в кислой – положительный.

Вместе с каналами Плато–Гиббса и узлами (пересечениями каналов) пленки представляют собой единую капиллярную систему. Все важнейшие процессы в пене, в том числе обуславливающие укрупнение воздушных пузырьков и время их жизни, зависят от толщины, строения и физико-химических свойств пенных пленок.

Все пенообразователи, используемые в технологии пенобетона в соответствии с классификацией ПАВ, по характеру адсорбции на границе и механизму стабилизации дисперсных систем делятся на два класса – низкомолекулярные и высокомолекулярные.

Отличительными свойствами низкомолекулярных и высокомолекулярных ПАВ являются следующие:

- низкомолекулярные соединения дифильного характера имеют одну или несколько гидрофильных полярных групп: $-\text{OH}$, $-\text{COO}^-$, $-\text{SO}_3^-$, $-\text{OSO}_3^-$, $-\text{NH}_2^+$ и гидрофобную алифатическую цепь;
- в высокомолекулярных соединениях (ВПАВ) чередуются гидрофобные и гидрофильные группы, равномерно распределенные по всей длине полимерной цепи, причем в денатурированных белках заряжен-

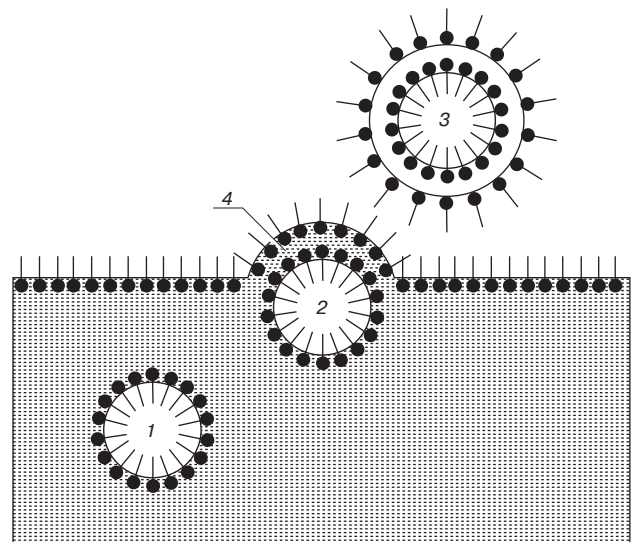


Рис. 1. Схема образования газового пузырька: 1 – адсорбция молекул ПАВ вокруг газового пузырька; 2 – выход газового пузырька на поверхность с образованием двойного слоя ПАВ; 3 – отрыв пузырька; 4 – тонкая прослойка между воздушными пузырьками – ламелла

- ные группы сконцентрированы на концах полипептидных цепей, а отрицательно заряженные распределены вдоль этих цепей сравнительно равномерно;
- пенообразующая способность низкомолекулярных ПАВ выше за счет более низких значений поверхностного натяжения, причем стабилизация межфазной поверхности для низкомолекулярных ПАВ происходит при более низкой концентрации и за более короткий срок;
- устойчивость пленки из молекул ПАВ на границе газ – жидкость зависит от природы и концентрации ПАВ, тогда как стекание жидкости в межпленочном пространстве зависит от вязкости жидкости;
- устойчивые пленки образуются при достижении предельной адсорбции, причем молекулы ПАВ должны прочно удерживаться на поверхности раздела фаз, т. е. не десорбироваться ни в одну из граничащих фаз;
- для каждого пенообразователя существует своя оптимальная концентрация, при которой достигается эффективная стабилизация пены;
- высокомолекулярные ПАВ адсорбируются полностью необратимо практически на любых межфазных границах, тогда как при адсорбции низкомолекулярных ПАВ наблюдается разница равновесных остаточных концентраций на границе раздела фаз и в объеме жидкой фазы в межпоровом пространстве;
- при достижении предельной концентрации в адсорбционном слое толщина прослоек между пузырьками достигает удвоенной длины молекулы ПАВ при высокой концентрации ПАВ в объеме;
- толщина пленок может изменяться в зависимости от вида ПАВ от $20 \cdot 10^{-10}$ м до $1000 \cdot 10^{-10}$ м;
- межфазные слои белков в пенах проявляют себя как жидкость при малых скоростях деформирования и (в течение некоторого времени) как упругие тела – при больших скоростях деформирования;
- межфазные слои низкомолекулярных ПАВ при деформации проявляют себя в основном как жидкость.

Механизм образования прочных слоев ПАВ на границах раздела фаз включает процессы адсорбции, ориентации, конформационных изменений (особенно для длинных гибких полипептидных цепей), двумерного фазового разделения, перераспределения компонентов между фазами.

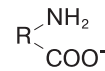
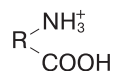
В целом для подавляющего большинства пенообразующих составов на основе синтетических низкомолекулярных ПАВ характерны типичные рецептуры, включающие, как правило, следующие компоненты: активную основу (натриевые, аммонийные или триэтанол-аминовые соли алкилсульфатов, алкилэтоксисульфатов или олефинсульфонатов); стабилизаторы пены (лауриловый спирт, высшие спирты $C_{12}-C_{14}$, моноалкилоамиды высших жирных кислот и др.); добавки, улучшающие товарную форму (антифризы, гидротропы). В качестве последних обычно используют низшие спирты, гликоли, их эфиры, мочевины. Некоторые составы могут также включать полимерные добавки, ингибиторы коррозии, консерванты [2].

Высокомолекулярные пенообразователи состоят из гидролизованного белка с добавками-стабилизаторами. В качестве сырья для их производства используют остатки живых организмов, содержащих белок. К этой группе белков относятся коллаген и протеин, имеющие волокнистое строение молекул. Первичная структура белков представлена последовательным расположением аминокислотных остатков в макромолекулярных (полипептидных) цепях. Аминокислоты – вещества амфотерные. В составе молекулы аминокислот присутствуют в разном количестве в разном положении две группы. Группа –COOH называется **карбоксильной** и обладает кислот-

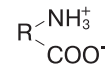
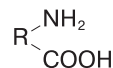
ными свойствами, группа NH_2 называется **аминогруппа**, которая обладает основным характером.

Протеин может существовать в следующих формах [3]:

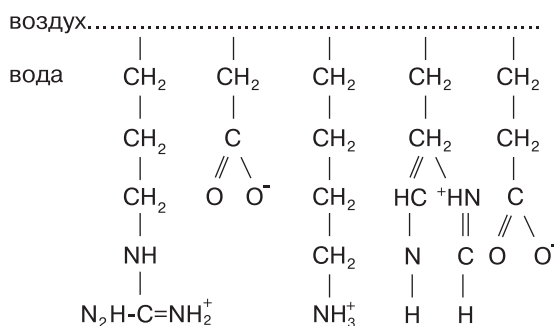
- 1) в кислом растворе
- 2) в щелочном растворе



- 3) в изоэлектрической точке



Фрагменты боковых цепей молекул белка, находящегося в водном растворе, представлены следующими структурами [4]:



Определяющим фактором длительности процесса адсорбции молекул пенообразователей на поверхности раздела фаз является скорость и степень разветвления отдельных участков молекул, которые зависят от длины и строения молекулы, концентрации пенообразователя, pH среды и других факторов. Для синтетических пенообразователей скорость адсорбции на поверхности раздела фаз жидкость – газ очень высока, поэтому время достижения термодинамического равновесия очень короткое. Для денатурированных белков скорость адсорбции на поверхности раздела фаз ниже, а время достижения термодинамического равновесия дольше. Отсюда следует, что из низкомолекулярных ПАВ пена взбивается легко при низких энергозатратах, но устойчивость таких пен невысокая из-за низкой вязкости пленки, образованной гидрофобными концами коротких молекул ПАВ.

Многие исследователи качество пенообразователя оценивают кратностью и устойчивостью чистых пен, не уделяя внимания совместному действию ПАВ и минеральных частиц, входящих в состав пеноцементной поризованной смеси. Как показывает практика, необходимо рассматривать совместимость ПАВ и цементных частиц в процессе образования пеноцементной смеси. Как указывает П.М. Кругляков [1], влияние твердой фазы на устойчивость наиболее сильно проявляется в том случае, если знак заряда твердой фазы противоположен знаку заряда иона ПАВ.

В эксперименте в качестве анионоактивного ПАВ использовали альфаолефинсульфонат (АОС), катионоактивное ПАВ было представлено пенозолином, амфотерное ПАВ – белковым пенообразователем Неопор. В качестве минерализаторов использовались мономинеральные добавки: реактив MgO (х.ч.) с зарядом поверхности +3,804 мВ и мытый песок кварцевый молотый с зарядом поверхности -19,337 мВ. Содержание минеральной добавки варьировалось в пределах 1–50% от объема рабочего раствора пенообразователя.

Влияние заряда поверхности твердых минеральных частиц на кратность пен представлено на рис. 2.

Как видно по рис. 2, кратность пены повышается, если в пену вводится минеральный порошок, который имеет одинаковый знак заряда поверхности с зарядом

Таблица 3

| Вид вяжущего | Значение дзета-потенциала, мВ, в суспензии | | |
|---|--|----------------|-------------|
| | с водой | с ПО Пеностром | с ПО Неопор |
| C ₃ S | - 34,14 | - 25,17 | - 27,01 |
| C ₃ A | + 9,58 | - 2,12 | - 1,1 |
| C ₄ AF | + 10,5 | - 6,7 | - 3,7 |
| C ₃ A+CaSO ₄ ·2H ₂ O | + 31 | +18,47 | +24 |
| ПЦ500Д0 свежий | - 29 | - 13,9 | - 17,4 |
| ПЦ500Д0 лежалый | - 22,23 | - 5,4 | - 18,2 |
| ПЦ500Д0 + 5% тонкомолотого песка | - 45,5 | - | - |
| ПЦ400Д20 свежий | -12,34 | - | - |

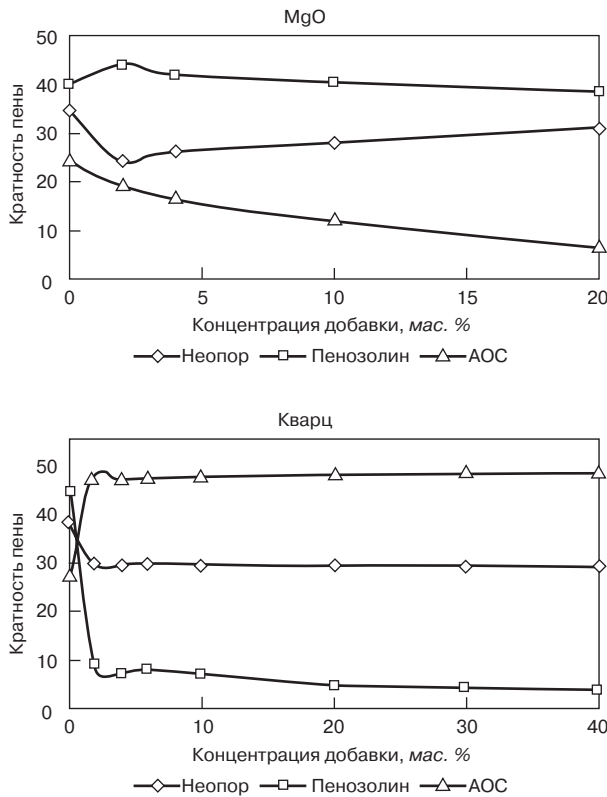


Рис. 2. Влияние вида модельных добавок и пенообразователя на кратность пен

поверхности воздушного пузырька. Таким образом, между пенными пузырьками и минеральными частицами отмечается электростатическое взаимодействие, которое определяется величиной заряда поверхности минеральных частиц и активностью гидрофильного радикала ПАВ и влияет на кратность и устойчивость пены. Пены из амфолитных пенообразователей наименее подвержены влиянию заряда поверхности минеральных частиц.

Сложность удержания воздушных пузырьков в системе цементный раствор – пена заключается в том, что на поверхности цементных частиц происходят кроме физической адсорбции процессы хемосорбции, гидролиза и гидратации. В результате этого в межпоровой воде изменяется ионный состав (рН повышается до 11,5–12), что ведет, в свою очередь, к изменению электрокинетического заряда цементных частиц.

Адсорбционные явления на поверхности раздела твердое – жидкость можно оценить величиной дзета-потенциала, который дополнительно характеризует стабильность коллоидных систем. В пеноцементных системах в качестве твердой фазы выступает полиминеральное вяжущее – цемент, содержащий четыре основных клинкерных минерала, и двухводный гипсовый камень. Силикатные минералы (алит и белит) и их гидратные новообразования имеют отрицательно заряженные поверхности. Алуминаты, алюмоферриты и их гидратные новообразования, в том числе с двухводным сульфатом кальция (этtringит), имеют положительно заряженные поверхности [5]. В результате притяжения к заряженной поверхности ионов противоположного знака на границе раздела минерал – вода образуется двойной электрический слой, характеризуемый электрокинетическим или дзета-потенциалом (ξ). Заряд поверхности и определяемый им ξ -потенциал играют большую роль при взаимодействии растворенных реагентов и молекул воды с минералом, а также при взаимодействии с пенными пленками.

Нами определялось значение электрокинетического потенциала, возникающего на плоскости скольжения при

отрыве диффузионного слоя в цементных суспензиях методом измерения потенциала протекания. Он имеет тот же порядок, что ξ – потенциал частиц типичных золей.

Исследование проводили на цементах разного вещественного состава, а также на основных клинкерных минералах C₃S, C₃A и C₄AF. Изменение электрокинетического потенциала в цементных и мономинеральных суспензиях представлено в табл. 3.

Как видно по результатам, синтетические пенообразователи активно адсорбируются на поверхности алюминатных фаз цемента с изменением их заряда поверхности. Это ведет к коалесценции воздушных пузырьков и повышению плотности пеноцементной смеси, а также к «отравлению» активных центров на поверхности этих минералов и замедлению процессов схватывания и твердения. Именно процессы активной адсорбции молекул анионоактивных низкомолекулярных ПАВ определяют ограничения по содержанию C₃A в цементе. Следует отметить отрицательное влияние на кратность и устойчивость пены применения лежалых цементов. Как правило, при применении таких цементов, особенно на синтетических пенообразователях, не удастся получить пенобетоны проектной плотности при прочих равных условиях.

Термодинамическое равновесие в пенной системе дополнительно определяется давлением P_к внутри пузырька воздуха в форме шара, которое в соответствии с первым законом капиллярности равно [1]:

$$P_k = 2 \delta_{г-ж} / R_n, (1)$$

где $\delta_{г-ж}$ – поверхностное натяжение на границе воздух–жидкость; R_n – радиус пузырька.

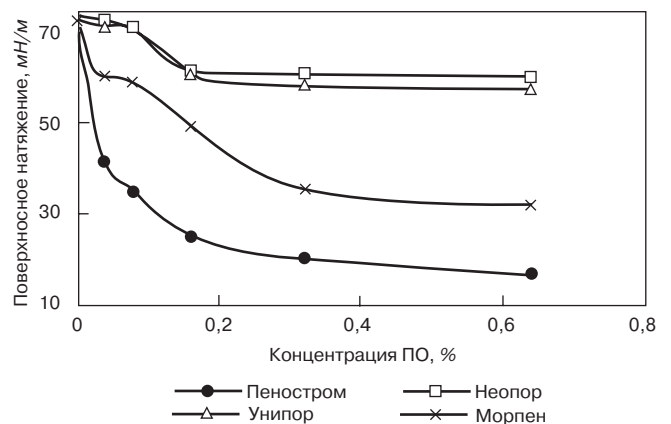


Рис. 3. Изотермы поверхностного натяжения пенообразователей различной природы

Как показали результаты определения поверхностного натяжения, высокомолекулярные ПАВ понижают поверхностное натяжение воды всего на 10–15%, тогда как синтетические пенообразователи — почти в два раза (рис. 3).

Из формулы (1) следует: чем выше поверхностное натяжение, тем большее давление воздушного пузырька, тем выше уплотняющее давление, которое испытывает межпоровая перегородка из цементного раствора. Значение P_k существенно влияет на прочность закрепления частицы минералов на пузырьке, а также на жесткость поверхности пузырька при изменении его размера и формы в результате сдвигающих усилий в процессе перемешивания. Отсюда на пенах, полученных на основе природных пенообразователей, которые имеют высокие значения поверхностного натяжения, больше вероятности закрепления частицы минерала на пузырьке, чем в пенах на синтетических пенообразователях, и меньше вероятности их разрушения в смесителях.

Следовательно, ориентация молекул ПАВ на границе газ–жидкость и адсорбция их на поверхности минеральных частиц обуславливают преимущественное действие сил притяжения или отталкивания между твердыми частицами и воздушными пузырьками, определяя конечный эффект устойчивости пеноминеральной смеси.

Таким образом, в качестве синтетических пенообразователей в технологии пенобетона эффективны только

анионоактивные ПАВ, которые дают устойчивые пены в сильноминерализованных цементных пастах, частицы которых приобретают отрицательный заряд в щелочной среде. Ограничения на применение низкомолекулярных ПАВ вызваны содержанием в цементе C_3A более 6 мас. %. Наиболее эффективными в цементных пастах оказываются амфолитные пептидные пенообразователи, кратность и устойчивость пены которых не зависит от заряда минеральных частиц и концентрации их в пеноцементной смеси.

Список литературы

1. *Кругляков П.М., Ексерова Д.Р.* Пены и пенные пленки. М.: Химия. 1990. 432 с.
2. *Абрамзон А.А.* Поверхностно-активные вещества: свойства и применение. Л.: Химия. 1981. 304 с.
3. *Вейс А.* Макромолекулярная химия желатина. М.: Пищепромиздат. 1971. 372 с.
4. *Казакова О.А., Гунько В.М., Воронина Е.Ф. и др.* Взаимодействие белков с поверхностью дисперсного кремнезема в водных суспензиях // Коллоидный журнал. 1998. Т. 60. № 5. С. 613–617.
5. *Бабушкин В.И.* О некоторых новых подходах к использованию методов термодинамики в решении проблем технологии вяжущих и бетона // Цемент и его применение. 1998. №5, 6. С. 50–56.



Закрытое акционерное общество «Коттедж-Индустрия»

Лидер стройиндустрии Воронежской области предлагает:

- ◆ Проектирование и строительство зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения.
- ◆ Выполнение общестроительных, отделочных, электромонтажных, сантехнических, механомонтажных работ.
- ◆ Строительные материалы.
- ◆ Стеновые и мелкие блоки из ячеистого бетона (производятся с 1988 г.).

Технические характеристики блоков

| | |
|--|------------------------------|
| Габаритные размеры, мм | |
| основного | 600×300×188 |
| по заказу | 600×400 (200, 150, 100) ×188 |
| Прочность при сжатии, МПа | |
| основного | 2,7–3,5 |
| по заказу | 3,5–5 |
| Средняя плотность, кг/м³ | |
| основного | 600–650 |
| по заказу | 700–800 |
| Морозостойкость, циклов, не менее | |
| | 25 |
| Отпускная влажность, %, не более | |
| | 25 |
| Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К), | |
| в зависимости от плотности бетона | |
| | 0,1–0,18 |
| Масса основного блока | |
| при влажности 25%, кг | |
| | 25–30 |

Россия, 396657, Воронежская обл., г. Россошь, ул. Промышленная, 17
 Тел./факс: (47396) 2-24-08, 5-11-20.
<http://web.vrn.ru/resell> E-mail: c-industries@mail.ru



реклама

Н.Л. ЗОЛОТАРЕВА, инженер, Е.И. ШМИТЬКО, д-р. техн. наук,
Воронежский государственный архитектурно-строительный университет;
Т.Н. ПОЯРКОВА, канд. хим. наук, Воронежский государственный университет

Устойчивость газовой фазы и структура поризованного бетона

В качестве пенообразователей для поризации бетонных смесей обычно используются различные поверхностно-активные вещества (ПАВ) синтетического или природного происхождения, как правило, анионоактивного типа [1]. Соединения ПАВ обладают различной пенообразующей способностью, а образуемые с их помощью пенные системы – различной устойчивостью. Однако до настоящего времени в технологии поризованного бетона отсутствовала единая методика подбора концентрации пенообразователя. В практике изготовления поризованного бетона расход пенообразователя для получения строительных изделий разной плотности, как правило, подбирается опытным путем, в зависимости от технологии их приготовления.

Известно [2], что пенообразующая способность водных растворов ПАВ экспериментально определяется высотой столба полученной пены и в значительной мере характеризуется величиной поверхностного натяжения раствора, зависящего от его состава, концентрации и температуры. С увеличением концентрации водных растворов ПАВ их поверхностное натяжение, как правило, закономерно уменьшается, достигая для мицеллообразующих ПАВ предельных минимальных величин при критических концентрациях мицеллообразования (ККМ). При этом самым низким значениям поверхностного натяжения водных растворов ПАВ соответствует их наиболее высокая пенообразующая способность.

Поверхностная энергия системы вода+ПАВ при добавлении в нее песка не изменяется, так как молекулы частиц песка SiO_2 имеют отрицательный заряд, как и молекулы анионоактивного ПАВ, и их взаимодействие, очевидно, сведется к отталкиванию друг от друга. Однако при добавлении в систему вода+ПАВ цемента поверхностная энергия может существенно измениться, поскольку в состав цемента входят ионы Ca^{2+} , имеющие положительный заряд. При этом они могут взаимодействовать с отрицательно заряженными ионами анионоактивного ПАВ. Известно [3], что связывание анионоактивных ПАВ с солями кальция приводит к образованию слаборастворимых солей, в результате чего концентрация свободного ПАВ уменьшается, что приводит к увеличению поверхностного натяжения раствора и снижению его пенообразующей способности.

Исследования влияния цемента и песка на пенообразующую способность систем вода+ПАВ проводились с использованием водных растворов ПАВ «Пеностром». Задача исследований заключалась в определении ККМ растворов в системах вода+ПАВ, вода+ПАВ+песок, вода+ПАВ+цемент. При этом величина ККМ оценивалась как концентрация, при которой достигалось минимальное значение поверхностного натяжения водных растворов ПАВ.

Зависимости поверхностного натяжения систем вода+ПАВ, вода+ПАВ+песок и вода+ПАВ+цемент от концентрации ПАВ представлены на рис. 1. Из анализа полученных результатов следует, что при увеличении

концентрации ПАВ происходит уменьшение поверхностного натяжения растворов Пеностром, при этом характер влияния цемента и песка на величину поверхностного натяжения, а следовательно, и на пенообразующую способность различный. Поверхностное натяжение и ККМ растворов в системе вода+ПАВ+песок по сравнению с системой вода+ПАВ не изменяется, при этом не изменяется и их пенообразующая способность. При одинаковых концентрациях ПАВ в системе вода+ПАВ+цемент в отличие от системы вода+ПАВ наблюдается значительное повышение поверхностного натяжения раствора (уменьшение пенообразующей способности) вследствие адсорбции части молекул ПАВ на поверхности цементных частиц. При введении в систему вода+ПАВ цемента происходит смещение значения ККМ водного раствора ПАВ с 0,15 до 0,35%. Увеличение концентрации растворов ПАВ Пеностром в системе вода+ПАВ+цемент до 0,35%, по нашему мнению, связано с необходимостью их дополнительного насыщения молекулами ПАВ, обеспечивающих компенсацию процесса хемосорбции части молекул ПАВ на поверхности цементных частиц.

Как и следовало ожидать, при концентрациях $C=0,06\%$ в системах вода+ПАВ, вода+ПАВ+песок (кривые 1 и 2) и $C=0,12\%$ в системе вода+ПАВ+цемент (кривая 3) начинается формирование насыщенных адсорбционных слоев. Завершение формирования адсорбционных слоев в этих системах происходит при концентрациях растворов, соответствующих значениям их ККМ, равным 0,15% и 0,35% соответственно.

Исследования зависимости устойчивости пены в системах вода+ПАВ и вода+ПАВ+цемент от концентрации при разных температурах водных растворов ПАВ показали, что величина оптимальной концентрации водного раствора ПАВ Пеностром, при которой обеспечивается наибольшая устойчивость пены, соответствует величине критической концентрации мицеллообразо-

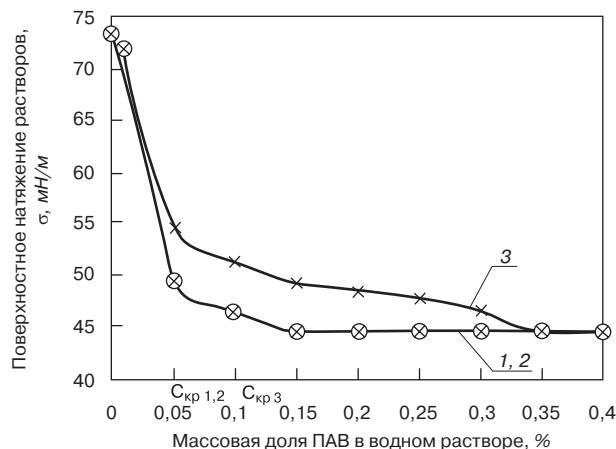


Рис. 1. Зависимость поверхностного натяжения растворов от концентрации ПАВ Пеностром: 1, 2 – системы вода+ПАВ и вода+ПАВ+песок; 3 – система вода+ПАВ+цемент.

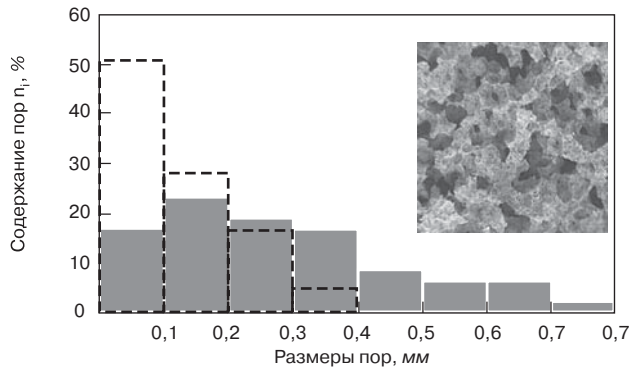


Рис. 2. Распределение содержания пор в структуре бетона при $V/C = 0,45$ и $C = 0,35\%$ и поровая структура этих образцов

вания раствора и составляет 0,15%. При ККМ в водном растворе завершается формирование адсорбционного слоя с максимальной механической прочностью. Снижение пенообразующей способности раствора при дальнейшем увеличении концентрации ПАВ (выше 0,15%) может быть связано с уменьшением скорости диффузии молекул в поверхностный слой.

Изучение влияния температуры на пенообразующую способность ПАВ показало, что наиболее высокая устойчивость пены достигается при температуре раствора ПАВ Пеностром, равной 5°C. Снижение устойчивости пены при повышении температуры раствора выше 45°C может быть обусловлено усилением тепловых колебаний адсорбированных молекул, ослабляющих механическую прочность поверхностного слоя, образованного молекулами пенообразователя. При этом значительно снижается вязкость пенообразующего раствора, что подтверждает высказанные предположения. Поэтому для получения устойчивых пенных систем повышать температуру водных растворов ПАВ выше 20°C не рекомендуется.

Таким образом, максимальная устойчивость пены наблюдается в водных растворах ПАВ Пеностром с насыщенным адсорбционным слоем, образующимся при концентрациях растворов, соответствующих их ККМ. Поэтому для получения устойчивой пенной системы вода+ПАВ достаточно 0,15% водного раствора, а получение устойчивой пенной системы вода+ПАВ+цемент с учетом хемосорбции ПАВ на поверхности цементных частиц будет обеспечиваться при концентрации воздухововлекающей добавки в растворе, равной 0,35%.

Использование в бетонных смесях водных растворов ПАВ с концентрациями, равными $KKM_{В+ПАВ+Ц}$, позволит получать в них большее количество воздухововлеченных пор. Наиболее низкую плотность независимо от величины V/C имеют поризуемые бетонные смеси с пенными системами, обладающими наибольшей устойчивостью. При неоптимальных значениях концентрации водных растворов ПАВ (на 10% больше или меньше $KKM_{В+ПАВ+Ц}$) устойчивость пенной системы вода+ПАВ+цемент снижается, а плотность поризуемой бетонной смеси увеличивается. Уменьшение концентрации водных растворов ПАВ приводит при различных соотношениях V/C к увеличению плотности поризуемой бетонной смеси на 8–10%. При увеличении концентрации водного раствора ПАВ средняя плотность поризованной бетонной смеси изменяется незначительно (увеличивается при различных отношениях V/C на 2–3%).

Изучено распределение содержания пор в бетонных образцах при значениях V/C ($0,45 \pm 0,05$) и концентрации водных растворов ПАВ ($0,35 \pm 0,05\%$).

Анализ показывает, что при максимальной устойчивости газовой фазы (при $C=0,35\%$ и оптимальном отношении $V/C=0,45$) в бетонной системе вода+ПАВ+цемент+песок наблюдается максимальное количество

пор (до 80%) мелких (0–0,2 мм) и средних размеров (0,2–0,4 мм) (рис. 2). При этом наблюдается близкое совпадение распределений воздушных пузырьков пенной системы вода+ПАВ и содержания пор в бетонной системе. То есть получение поризованных бетонов наиболее низкой плотности обеспечивается благодаря сохранению и структурированию воздушных пузырьков газовой фазы в бетонной смеси. При неоптимальных значениях V/C и концентрациях водных растворов ПАВ наблюдается перераспределение пор в сторону уменьшения количества мелких пор и увеличения количества средних и крупных пор.

Увеличение в поризованном бетоне количества пор с размерами 0–0,2 мм при повышении V/C -отношения от 0,4 до 0,45 происходит, по нашему мнению, за счет увеличения подвижности бетонной смеси. Однако при дальнейшем увеличении V/C с 0,45 до 0,5 в структуре поризованного бетона увеличивается количество крупных пор с размерами 0,5–0,8 мм. Поэтому для сохранения в структуре бетона мелких полимодальных пор повышать V/C выше 0,5 представляется нецелесообразным.

При увеличении концентрации водного раствора ПАВ с 0,3 до 0,4% во всех исследованных диапазонах V/C наблюдается некоторое снижение количества мелких пор с размерами 0–0,3 мм в структуре бетона при одновременном увеличении количества более крупных пор 0,5–0,7 мм. Это указывает, что использование для поризации бетонных смесей водных растворов ПАВ с концентрациями выше значений $KKM_{В+ПАВ+Ц}$ нецелесообразно.

Из сравнения распределений относительного содержания воздушных пузырьков в пенных системах и распределений содержания пор в структуре бетона следует, что добавление в пенные системы песка и цемента обеспечивает их структурирование и сопровождается трансформацией структуры газовой фазы бетонной смеси. В присутствии частиц цемента и песка происходит трансформация размеров воздушных пузырьков пенной системы в направлении увеличения их размеров и уменьшения количества.

Таким образом, наиболее предпочтительным для получения поризованных бетонов низкой плотности является использование в бетонных смесях пенных систем водных растворов ПАВ с концентрацией, равной $KKM_{В+ПАВ+Ц}$, обладающих максимальной устойчивостью. Это положение может служить методической основой для определения концентрации водных растворов ПАВ, используемых в производстве поризуемых бетонных смесей. Увеличение концентрации водных растворов ПАВ выше $KKM_{В+ПАВ+Ц}$ не оказывает существенного влияния на плотность поризуемой бетонной смеси.

Принимая во внимание, что для изготовления поризованных бетонов различной плотности на предприятиях строительной индустрии, как правило, применяются водные растворы с 0,05–0,25% концентрацией ПАВ от массы цемента, использование водных растворов ПАВ с учетом их $KKM_{В+ПАВ+Ц}$ позволит сэкономить не менее 10% ПАВ, например для ПАВ Пеностром $KKM_{В+ПАВ+Ц}$ равен 0,35%, что в пересчете на массу цемента составляет 0,16%.

Список литературы

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: АСВ. 2002. 500 с.
2. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М.: Химия. 1975. С. 20.
3. Рамачандран В.С., Фельдман Р.Ф., Мальхотра В.М. и др. Добавки в бетон. М.: Стройиздат. 1988. С. 229–256.

А.С. ТАРАСОВ, инженер, В.С. ЛЕСОВИК, член-корр. РААСН, д-р техн. наук,
А.С. КОЛОМАЦКИЙ, д-р техн. наук, Белгородский государственный
технологический университет им. В.Г. Шухова

Гидратация клинкерных минералов и цемента с добавками пенообразователей

Пенобетон является одним из перспективных строительных материалов, сочетающим высокие теплоизоляционные свойства с достаточно высокой прочностью и другими строительно-техническими характеристиками.

Пенобетонные смеси обязательно содержат добавку пенообразователя, влияние которого на твердеющее вяжущее изучено недостаточно полно. Это обстоятельство предопределяет необходимость постановки настоящего исследования процессов взаимодействия различных пенообразователей с клинкерными минералами (C_3S , C_3A) и цементом.

В экспериментах использовали реактивы C_3A и C_3S , портландцемент ПЦ500Д0 производства ОАО «Белгородский цемент». В качестве пенообразователя применяли протеиновый пенообразователь FoamTech (ЮАР) и синтетический пенообразователь ТЭАС-МК (ООО «Завод моющих средств», г. Шебекино, Россия). Концентрация пенообразователей в пересчете на сухое вещество составляла соответственно 44 и 46,8%. Добавки пенообразователя вводили в количествах, приведенных в таблице, пропорционально содержанию C_3S и C_3A в клинкере, а также содержанию цемента и добавок в пенобетонных смесях [1].

Качественный и количественный рентгенографический анализ гидратирующихся систем выполняли на диффрактометре ДРОН-3 методом паст [2]. Навеску клинкерного минерала или цемента смешивали с водным раствором добавки при $V/T = 0,5$. Приготовленные суспензии в течение всего эксперимента находились в закрытых сосудах при постоянной ($20 \pm 2^\circ C$) температуре. Для поддержания суспензии во взвешенном состоянии ее систематически перемешивали. Препараты исследовали спустя 1 ч после гидратации, а затем в возрасте 6 ч, 1, 3, 7 и 28 сут.

Согласно полученным данным добавки ТЭАС-МК и протеина, введенные в систему C_3S-H_2O , не меняют существенно фазовый состав образующихся соединений и кинетику гидратации C_3S . Основной кристаллической фазой в продуктах гидратации C_3S является портландит – $Ca(OH)_2$. $Ca(OH)_2$ с межплоскостными расстоя-

ниями $d = 4,9 \text{ \AA}$ и $d = 2,63 \text{ \AA}$ фиксируется в системе C_3S-H_2O через 1 сут гидратации. Оба пенообразователя способствуют некоторому ускорению формирования портландита, и уже после 6 ч гидратации в системах с ТЭАС-МК и с FoamTech четко фиксируется характерное для $Ca(OH)_2$ $d = 4,9 \text{ \AA}$. Особенностью гидратации C_3S как в воде, так и в суспензиях с добавками пенообразователей является образование $Ca(OH)_2$, у которого интенсивность $d = 4,9 \text{ \AA}$ существенно превышает интенсивность $d = 2,63 \text{ \AA}$, что позволяет предполагать изменение характера кристаллизации гидратной фазы. На рентгенограммах продуктов гидратации C_3S имеются все аналитические линии $Ca(OH)_2$, который характеризуется $d = 4,9$ (74); 3,11 (23); 2,63 (100) \AA (в скобках приведена их интенсивность). Изменение интенсивности и ширины отражений $Ca(OH)_2$, образованного при гидратации C_3S , связывают с формированием твердых растворов [3].

Гидратация C_3A в воде протекает с интенсивным образованием уже в возрасте 1 ч гидратной фазы с $d = 8,19 \text{ \AA}$ и $10,8 \text{ \AA}$. Межплоскостное расстояние $d = 10,8 \text{ \AA}$ можно связать с образованием близкого к C_2AH_8 гидрата, а $d = 8,19 \text{ \AA}$ – с образованием гидрокарбоалюмината кальция. Образование указанных фаз на ранних стадиях гидратации в воде приводит к экранированию частиц C_3A и изменению соотношения интенсивностей отражений C_3A ($d = 2,7$ и $4,105 \text{ \AA}$). Последующие процессы гидратации C_3A в воде связаны с преимущественным преобразованием первоначально возникших AFm-фаз в гидроалюминат с $d = 7,63 \text{ \AA}$, а также с появлением в системе кубического гидроалюмината кальция с $d = 5,16$; 4,47; 3,37; 3,15; 2,81 \AA . Добавки синтетического и протеинового пенообразователей оказывают небольшое замедляющее действие на гидратацию C_3A . Наблюдаемые за счет введения добавок пенообразователей изменения не следует считать существенными. Они связаны с характером и особенностями кристаллизации AFm-фаз с центральными слоями $[Ca_2Al(OH)_6 \cdot 2H_2O]^+$ и межслоевым пространством, в которые включены как неорганические анионы и молекулы воды, так и органические анионы, вносимые в систему пенообразователями. Образование в алюминатных системах гексагональных гидратов как фиксированного состава, так и твердых растворов переменного состава, особенно с органическими анионами, способствует незначительным смещениям основных межплоскостных расстояний гидратных фаз относительно значений, фиксируемых у синтезируемых индивидуальных гидроалюминатов кальция.

В отличие от гидратации C_3S синтетический и протеиновый пенообразователи вызывают замедление реакции взаимодействия C_3A с водой и меняют скорость образования гексагональных гидратных фаз. Причем большие дозировки добавок оказывают более существенное влияние на кинетику кристаллизации гидратных новообразований и в меньшей мере влияют на фазовый состав.

Дозировка добавок пенообразователей

| Тип системы | Синтетический пенообразователь ТЭАС-МК, % | | Протеиновый пенообразователь FoamTech, % | |
|---------------|---|------|--|------|
| | min | max | min | max |
| C_3A | 0,15 | 1,5 | 0,15 | 1,5 |
| C_3S | 0,05 | 0,5 | 0,05 | 0,5 |
| $C_3A+3CSH_2$ | 0,15 | 1,5 | 0,15 | 1,5 |
| ПЦ | 0,025 | 0,25 | 0,025 | 0,25 |

Как в воде, так и в растворах пенообразователей процесс взаимодействия с водой C_3A протекает не полностью, и спустя 28 сут после гидратации в системе остается исходный C_3A с $d = 2,7 \text{ \AA}$.

Гидратация в системе C_3A –гипс–вода исследована при мольном соотношении C_3A :гипс, равном 1:1. Уже после 1 ч взаимодействия ингредиентов в качестве основной гидратной фазы фиксируется эттрингит с $d = 9,73$ (100); 8,86 (14); 5,61 (80); 4,98 (25); 4,69 (35); 3,88 (50); 3,48 (30); 3,24 (20); 2,77 (40); 2,697 (14); 2,616 (20); 2,564 (45) \AA . Двуводный гипс быстро связывается в эттрингит, и в течение 1 сут его количество значительно уменьшается, а в возрасте 3 сут его основное межплоскостное расстояние с $d = 7,628 \text{ \AA}$ практически не фиксируется на рентгенограммах продуктов гидратации. Фаза эттрингита является основным гидратным новообразованием как при гидратации в воде, так и при гидратации в присутствии добавок пенообразователей. Во все сроки испытаний в изученной системе как в воде, так и с добавками пенообразователей фиксируется не вступивший во взаимодействие C_3A с $d = 2,7 \text{ \AA}$. Существенного отличия как в кинетике образования, так и в составе возникших гидратных фаз не наблюдается. За 28 сут гидратацию в системе как с водой, так и с добавками пенообразователей преобразования эттрингита в моногидросульфат алюмината кальция не наблюдается.


Характер гидратации портландцемента аналогичен установленному при гидратации C_3S в воде. Интенсивность межплоскостных расстояний основных клинкерных минералов (C_3S , C_2S , C_3A и C_4AF) уменьшается. Через 1 сут гидратации, как и в случае с гидратацией C_3S , фиксируется портландит, его основное отражение

$d = 4,9 \text{ \AA}$ также превышает $d = 2,63 \text{ \AA}$, как это и наблюдается при гидратации C_3S . Однако присутствие в портландцементе алюминатных, ферритных фаз и гипса за сутки гидратации способствует образованию гидратных AFm и AFt-фаз, характеризующихся основными отражениями в диапазоне углов 2θ 8–11°. Кинетика гидратации портландцемента в воде и с добавками пенообразователей сходна.

Таким образом, результаты исследований гидратации клинкерных минералов и портландцемента в воде и с добавками синтетического пенообразователя ТЭАС-МК, а также протеинового пенообразователя FoamTech показали, что добавки пенообразователей не оказывают существенного влияния как на кинетику процесса гидратации, так и на состав гидратных новообразований. Следовательно, введение добавок пенообразователей в пенобетонные смеси не повлияет на процессы тепловыделения твердеющего цемента, что позволяет эффективно использовать в технологии пенобетона явление «тепловой самообработки».

Список литературы

1. Коломацкий А.С., Кучеев С.В., Коломацкий С.А. Гидратация клинкерных минералов с полимерными добавками // Строит. материалы. 2000. № 10. С. 12–13.
2. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ: Учеб. пособие. М.: Высш. школа. 1981. 335 с.
3. Султанбков Т.К., Шаяхметов Г.З., Солтанбеков К.Т., Естемесов З.А. Современные сухие строительные смеси / Под ред. З.А. Естемесова. Алматы: ЦЕЛСИМ. 2001. 325 с.



**СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
СКБ СТРОЙПРИБОР**
ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Лицензия Госстандарта РФ на изготовление средств измерений №000110-ИР
Приборы сертифицированы, имеют энергонезависимую память, режим связи с ПК.

ПГМ-100 / ПГМ-500 / ПГМ-1000

Прессы испытательные гидравлические малогабаритные на 100, 500 и 1000 кН. Снабжены электрическим приводом (сеть 220 В, 50 Гц) и тензометрическим силоизмерителем. Диапазон нагрузок 1...100 / 5...500 / 10...1000 кН

ПОС-30(50)МГ4 "Отрыв"

Измерители прочности бетона методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.
Диапазон.....5... 100 МПа
Максимальное усилие вырыва анкера:
ПОС-30МГ4.....29,4 кН(3000кгс)
ПОС-30МГ4.....49,0 кН(5000кгс)

ПСО-МГ4

Измерители прочности сцепления защитных и облицовочных покрытий с основанием по ГОСТ 28089, ГОСТ 28574, а также усилия вырыва анкерных болтов и тарельчатых дюбелей.
Максимальное усилие отрыва:
ПСО-2,5МГ4.....2,45кН (250кгс)
ПСО-5МГ4.....4,9кН (500кгс)
ПСО-10МГ4.....9,80кН (1000кгс)

Влагомер-МГ4У

Измеритель влажности древесины, бетона, сыпучих по ГОСТ 16588 и ГОСТ 21718.
Может комплектоваться зондовым преобразователем.
Диапазон измерения влажности1...60%

ИПА-МГ4

Измеритель защитного слоя бетона, расположения и диаметра арматуры железобетонных конструкций магнитным методом по ГОСТ 22904.
Диапазон измерения защитного слоя.....3... 100 мм
При диаметре стержней.....3... 40 мм

ИПС-МГ4.03

Измеритель прочности бетона, раствора методом ударного импульса по ГОСТ 22690.
Расширенный режим измерений с возможностью выбора вида заполнителя, возраста и условий твердения бетона.
Диапазон измерения прочности.....3...100 МПа

ПОС-50МГ4 "Скол"

Измерители прочности бетона методами скалывания ребра и отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.
Диапазон:
методом скалывания ребра.....10... 70 МПа
методом отрыва со скалыванием.....5... 100 МПа

ПОС-2МГ4П

Измеритель прочности ячеистых бетонов методом вырыва спирального анкера.
Предусмотрена возможность корректировки результатов испытаний в зависимости от влажности бетона.
Диапазон.....0,5...8 МПа

ИТП-МГ4 «100/250»

Измерители теплопроводности и термического сопротивления материалов при стационарном режиме по ГОСТ 7076 и методом теплового зонда по ГОСТ 30256.
Диапазон.....0,02...1,5 Вт/м·К

Измерители теплопроводности, плотности тепловых потоков, параметров вибрации, влажности строительных материалов. Термометры, гигрометры, анемометры, пирометры, толщинометры, твердомеры, дефектоскопы, лазерные дальнометры.

454084, г. Челябинск, а/я 8538, ул. Калинина, 11г, тел./факс (351) 790-16-85, 790-16-13,
г. Москва, тел.(495) 964-95-63, 220-38-58 сот. 8912-479-58-81
E-mail: stroypribor@chel.surnet.ru http://www.stroypribor.ru

Добавки для бетона компании «СКТ-Стандарт»: экономия ресурсов, повышение качества бетона

В начале 90-х гг. прошлого века Россия начала сближение с развитыми капиталистическими странами. В некоторых направлениях, например в стоимости энергоносителей, весьма стремительно. В связи с этим перед промышленностью встала стратегическая задача – разработка энергосберегающих технологий.

Над идеей замены ТВО в технологии производства бетонных изделий другими технологическими приемами сотрудники управляющей компании «Группа предприятий «СКТ-Стандарт» трудились более 13 лет. Наиболее перспективным было признано использование добавок – ускорителей твердения бетонных смесей. В научном центре начали разработку, а на предприятиях компании – производство комплексных химических добавок – ускорителей твердения и пластификаторов бетона.

При использовании добавки ЛМГ-П-1 через 24 ч при температуре окружающего воздуха +15–20°C изделия достигали 50% (нормируемой) прочности. Усовершенствованные добавки Универсал-П-2 и Универсал-П-4 позволили за тот же срок достигнуть уже 70–80% проектной прочности изделий.

В зимний период, когда без ТВО нельзя обойтись, время пропаривания было снижено в 2–3 раза: с 10–12 до 3–4 ч при температуре 40–50°C.

В состав практически всех добавок производства «СКТ-Стандарт» входят ингибиторы коррозии. Их применение по сравнению с бетоном без добавок позволяет снизить ток утечки на 10–15%, достичь пассивации арматурной стали. В табл. 1 представлены основные характеристики добавок, выпускаемых «СКТ-Стандарт».

Применение добавок, выпускаемых «СКТ-Стандарт», позволяет повысить морозостойкость бетона на 2–3 марки, водонепроницаемость на 2–3 марки (до W10–W16), снизить расход цемента до 20% и т. д.

Разработки компании всегда отвечают требованиям рынка. Например, развитие монолитного строительства, необходимость сокращения сроков строительства потребовало вести работы при отрицательной температуре. Для зимнего бетонирования была разработана противоморозная добавка Зимняя-П-3, работающая до -30°C. Она не влияет на защитные свойства бетона по отношению к арматуре, не образует высолов, не оказывает отрицательного влияния на схватывание бетона. Рекомендуемая дозировка добавки 3–11% от массы цемента.

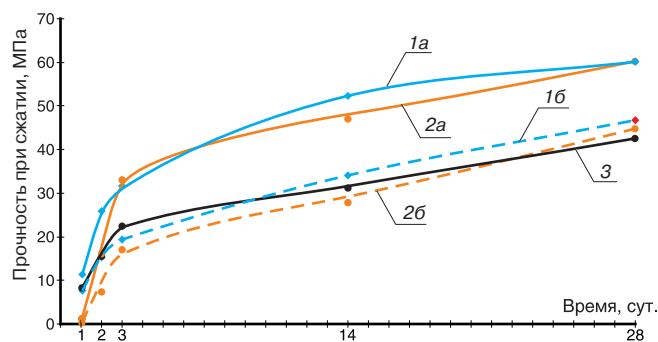
Добавки ЛМГ-П-1, Универсал-П-2, Универсал-П-4, ХИДЕТАЛ-П-5 обладают также воздухововлекающими свойствами, они прошли испытания на ряде предприятий по производству пенобетона и хорошо зарекомендовали себя при совместной работе с такими известными пенообразователями, как ПЭВО, ПБ-2000, Пеностром.

Для дорожных бетонов и железобетонных конструкций с морозостойкостью F300–350 и водонепроницаемостью W18 разработана и успешно применяется в строительстве добавка ХИДЕТАЛ-П-6.

В 2006 г. были разработаны комплексные добавки для бетонов нового поколения на основе полиакрилатов и поликарбоксилатов ХИДЕТАЛ-ГП-8 и ХИДЕТАЛ-ГП-9, модификации которых предназначены для различных направлений использования: α (альфа) – для сборного железобетона, β (бета) – для товарного бетона, γ (гамма) – с ускоряющим эффектом, δ (дельта) – для зимнего бетонирования. Новые добавки выпускаются в жидком виде.

Добавки ХИДЕТАЛ-ГП-8 и ХИДЕТАЛ-ГП-9 позволяют производить самоуплотняющийся бетон, обеспечивать сохранение подвижности бетонной смеси при транспортировке к месту укладки более 3 ч, качественно улучшить структуру бетонной смеси.

Добавки данного класса на основе полиакрилатов и поликарбоксилатов в России не производились. За рубежом аналогичные



Динамика набора прочности бетонов: 1 – с добавками ХИДЕТАЛ-ГП-9 α: а – ОК=3 см, В/Ц=0,41; б – ОК=22 см, В/Ц=0,52; 2 – с добавками ХИДЕТАЛ-ГП-9 β: а – ОК=3,5 см, В/Ц=0,35; б – ОК=23 см, В/Ц=0,52; 3 – без добавок, ОК=2,5 см, В/Ц=0,52

добавки называют гиперпластификаторами, до недавнего времени их приходилось импортировать.

Добавка ХИДЕТАЛ-ГП-9 α – пластификатор I группы, наиболее применим при производстве сборного железобетона, позволяет получить высокоподвижные и литые смеси. При дозировке 0,5–1,2% от массы цемента можно изменить подвижность с П1 до П5 (подвижность 27 см), при этом бетонная смесь является самоуплотняющейся, что позволяет значительно сократить время

ООО «Управляющая компания «Группа предприятий «СКТ-Стандарт»

№1 в России и странах СНГ по объему производства добавок – ускорителей твердения бетона

Выпускает комплексные химические добавки

| | | |
|----------------------|--------------------|---------------------|
| ЛМГ-П-1 | Зимняя-П-3 | ХИДЕТАЛ-П-7 |
| Универсал-П-2 | ХИДЕТАЛ-П-5 | ХИДЕТАЛ-ГП-8 |
| Универсал-П-4 | ХИДЕТАЛ-П-7 | ХИДЕТАЛ-ГП-9 |

Комплексные добавки в бетон компании «СКТ-Стандарт» широко известны более чем на 2000 предприятий России и стран ближнего зарубежья.

Наша цель – доступная и эффективная продукция. Наши добавки – ваша экономия и качество.

ООО «Управляющая компания «Группа предприятий «СКТ-Стандарт»
 140472, Московская обл., Коломенский р-н, Лукерьино
 Телефон: (905) 766-87-25 E-mail: skt-standart@yandex.ru www.skt-standart.ru

Таблица 1

| Показатели | Марка добавки | | | | |
|--|--------------------------------------|---------------|---------------|-------------|-------------|
| | ЛМГ-П-1 | Универсал-П-2 | Универсал-П-4 | ХИДЕТАЛ-П-5 | ХИДЕТАЛ-П-7 |
| Классификация добавок | Ускоритель твердения – пластификатор | | | | |
| | Сильно пластифицирующая | | | | |
| | Ингибитор коррозии | | | | – |
| | Воздухововлекающая | | | | – |
| | II группа | | I группа | | III группа |
| Форма выпуска | Порошок | | | | |
| Набор прочности бетона без пропаривания, % | За 24–36 ч | | | За 24 ч | |
| | 50 | 50–70 | 60–80 | | |
| Изменение подвижности бетона | С П1 до П4 | | С П1 до П5 | | С П1 до П4 |
| Уменьшение водопотребности, % | 15 | | 25 | 23 | 12 |
| Морозостойкость бетона с добавкой, циклов | ≥ 150 | | | ≥ 300 | |
| Дозировка добавки от массы цемента, % | 0,5–0,6 | | 0,5–0,8 | 0,5–0,6 | 0,3–0,4 |

Таблица 2

| Показатель | | Значение показателя | | |
|--|--|---------------------|----------------|-----|
| Расход компонентов на 1 м ³ смеси | Добавка 1,2 % от массы цемента | ХИДЕТАЛ-ГП-9 α | ХИДЕТАЛ-ГП-9 β | |
| | Цемент | 357 | 359 | |
| | Песок | 766 | 769 | |
| | Щебень | 1123 | 1129 | |
| | Вода | 178 | 179 | |
| Водоцементное отношение | 0,5 | | | |
| Плотность, кг/м ³ | 2424 | | 2436 | |
| Осадка конуса бетонной смеси по ГОСТ 10181–00, см | 22 | | 21 | |
| Расплав конуса по методике DIN EN 12350-5, см | Факт | 56 | 67 | |
| | По DIN EN 934-2 | ≥51±2 | | |
| Нормативные показатели эффективности по DIN EN 934-2 | Увеличение расплава на 16 см и более по сравнению с контрольным составом | | | |
| Показатели растворо- (Пр) и водоотделения (Пв), % | Фактические | Пр | 3,8 | 3,7 |
| | | Пв | 0 | |
| | По ГОСТ 7473–94 (для смесей марки П5) | Пр | ≤4 | |
| | | Пв | ≤0,8 | |

вибрации или вовсе от нее отказаться. Добавка ХИДЕТАЛ-ГП-9 α позволяет снизить водопотребность до 30% и повысить прочность бетона на 100% или при неизменном В/Ц сократить расход цемента на 20% и более.

Добавка ХИДЕТАЛ-ГП-9 β – пластификатор I группы для товарного бетона, также позволяет получить высокоподвижные и литые смеси. При дозировке 0,5–1,2% от массы цемента позволяет изменить подвижность бетонной смеси с П1 до П5 и получить расплав конуса до 63 см, при этом данная добавка позволяет сохранить заданную подвижность бетонной смеси на протяжении 4 ч и более; в дальнейшем процесс набора прочности ничем не отличается от бездобавочного бетона. Добавка ХИДЕТАЛ-ГП-9 β позволяет снизить водопотребность до 30% и повысить прочность бетона на 100% или при неизменном В/Ц сократить расход цемента на 20% и более.

В марте 2007 г. лабораторией коррозии и долговечности бетонных и железобетонных конструкций (зав. лабораторией, д-р техн. наук В.Ф. Степанова) и лабораторией технологии бетонов (зав. лабораторией канд. техн. наук Ю.В. Сорокин) НИИЖБ проведены сертификационные испытания и согласование ТУ на добавку ХИДЕТАЛ-ГП-9 марок α и β.

Показатели бетонных смесей, полученные при проведении сертификационных испытаний, приведены в табл. 2.

Данные табл. 2 показывают, что полностью отсутствует расслоение бетонной смеси.

Испытаниями также установлено, что прочность бетона с добавками ХИДЕТАЛ-ГП-9 в возрасте 28 сут по сравнению с контрольными составами без добавок возрастает до 130% (см. рисунок).

Введение добавок ХИДЕТАЛ-ГП-9 в бетонные смеси сопровождается снижением среднего размера пор, а в водоредуцированных смесях приводит к существенному снижению открытой интегральной пористости (объемного водопоглощения) и повышению плотности. Это позволяет говорить о повышении долговечности, прежде всего морозостойкости и водонепроницаемости.

Проведенные испытания комплексной добавки ХИДЕТАЛ-ГП-9 (α и β) показали, что:

- она соответствует требованиям, предъявляемым к суперпластификаторам;
- введение добавки не приводит к воздухововлечению бетонных смесей, а сопровождается повышением плотности;
- повышение прочности бетона в возрасте 3 суток составляет на 30–60% (ХИДЕТАЛ-ГП-9 α) и на 38–50% (ХИДЕТАЛ-ГП-9 β);
- добавки ХИДЕТАЛ-ГП-9 при дозировке 0,85–1,2% от массы цемента обеспечивают снижение В/Ц на 17–25%;
- введение добавок ХИДЕТАЛ-ГП-9 в количестве 1,2 % от массы цемента повышает марку бетона по морозостойкости с F150 до F300;
- водонепроницаемость бетонов с добавками ХИДЕТАЛ-ГП-9 повышается с W6 до W16.

Таким образом, специалистами компании «СКТ-Стандарт» созданы добавки мирового уровня, с использованием последних достижений науки и с учетом возможного широкого промышленного использования доступного отечественного сырья.

Дальнейшие исследования будут направлены на использование достижений нанотехнологий, испытание полимерной арматуры, разработку эффективных ингибиторов коррозии и защитных покрытий.

Теоретические аспекты улучшения теплотехнических характеристик пористых систем

В научных публикациях, посвященных пенобетонам, нередко высказывается мысль о необходимости совершенствования поровой структуры материала с целью сближения ее геометрических характеристик с газобетоном автоклавного твердения [1]. При этом предполагается, что улучшение поровой структуры пенобетона позволяет существенно повысить физико-механические характеристики камня и снизить коэффициент теплопроводности при той же средней плотности поробетона. Однако эта точка зрения является дискуссионной.

Известно, что коэффициент теплопроводности любого газонаполненного материала в общем случае зависит от теплопроводности твердой и газообразной фаз, входящих в состав рассматриваемого объекта. Вклад каждого из этих компонентов газонаполненной системы и в конечном счете численное значение коэффициента теплопроводности прежде всего зависит от их количественного содержания в материале. По мере уменьшения средней плотности содержание твердой фазы в материале падает и соответственно снижается вклад твердой фазы в численное значение коэффициента теплопроводности и другие технологические и эксплуатационные характеристики газонаполненных систем.

Можно предположить, что изменение поровой структуры, размера и формы пор меньше повлияет на теплозащитные свойства материала при средней плотности 150–300 кг/м³, чем при средней плотности 600 кг/м³ и более.

Теплоперенос в порах стеновых материалов осуществляется различными механизмами – теплопроводностью газа, тепловым излучением между стенками пор и конвекцией. При расчетах теплопроводности чаще всего предполагается, что указанные процессы являются независимыми и эффективную теплопроводность $\lambda_{эфф}^n$ можно представить в виде:

$$\lambda_{эфф}^n = f(\lambda_{конт}, \lambda_{изл}, \lambda_{контв}), \quad (1)$$

где $\lambda_{конт}$ – составляющая, связанная с теплопроводностью газа; $\lambda_{изл}$ – составляющая, обусловленная тепловым излучением между стенками пор; $\lambda_{контв}$ – конвективная составляющая теплопроводности.

Очевидно, что теплозащитные свойства газонаполненной поры в определенной степени зависят от природы газа, содержащегося в ней. Сравним теплоизоляционные свойства газо- и пенобетонов, приняв во внимание, что поры первого заполнены водородом, а второго – воздухом. Наиболее важным в проблеме оценки теплозащитных свойств легких бетонов с порами различного размера является вопрос о роли конвективной составляющей в переносе теплового потока. Рассмотрим этот вопрос более подробно.

Коэффициент теплопроводности водорода в нормальных условиях составляет 0,183 Вт/(м·°С), тогда как воздуха – 0,0262 Вт/(м·°С) [2], что обусловлено малым размером и высокой подвижностью молекул водорода в сравнении с азотом и кислородом. Следовательно, на интенсивность конвективных потоков в газообразной среде оказывает влияние внутреннее трение, которое характеризуется вязкостью. Коэффициент динамической вязкости водорода ($8,94 \cdot 10^{-6}$ Па·с) вдвое меньше, чем воздуха ($18,5 \cdot 10^{-6}$ Па·с). Сопоставление их теплозащитных свойств затруднительно из-за большой разницы численных значений их плотностей, поэтому предлагаем использовать для сравнения критерии подобия Прандтля, Грасгофа и Рэлея.

Критерий Прандтля:

где ν – коэффициент кинематической вязкости, м²/с, который равен μ/ρ ; a – температуропроводность, м²/с, равная $\lambda/c_p \cdot \rho$; μ – коэффициент динамической вязкости, Па·с; c_p – теплоемкость, Дж/(кг·°С); λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С); ρ – плотность газа, кг/м³.

Критерий Прандтля характеризует подобие физических свойств теплоносителей в процессах конвективного теплообмена. Он является мерой подобия полей температур и скоростей, показывает отношение сил вязкости к интенсивности теплопереноса.

Критерии Грасгофа и Рэлея описывают процессы в поле силы тяжести.

Критерий Грасгофа:

где g – ускорение свободного падения, м/с²; β – коэффициент объемного теплового расширения газа, °С⁻¹; Δt – разность температур, °С.

Критерий Грасгофа представляет собой меру соотношения сил внутреннего трения (вязкости) и подъемной силы, определяемой разностью плотностей в различных точках неизотермического потока.

Критерий Рэлея:

Критерий Рэлея показывает отношение величины теплового расширения к силам вязкости и теплопроводности.

Нетрудно заметить, что критерий Рэлея является произведением критериев Грасгофа и Прандтля, т. е.:

$$Ra = Gr \cdot Pr. \quad (5)$$

| Диаметр пор, мм | Значения критерия Ra при разнице значений температуры, °C | | | | |
|-----------------------|---|----------|----------|----------|----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Для пенобетона | | | | | |
| 0,5 | 0,015624327 | 0,031249 | 0,046873 | 0,062497 | 0,078122 |
| 1 | 0,124994613 | 0,249989 | 0,374984 | 0,499978 | 0,624973 |
| 2 | 0,9999569 | 1,999914 | 2,999871 | 3,999828 | 4,999785 |
| 3 | 3,374854539 | 6,749709 | 10,12456 | 13,49942 | 16,87427 |
| Для газобетона | | | | | |
| 0,5 | 0,00031 | 0,00063 | 0,00094 | 0,00126 | 0,00157 |
| 1 | 0,00252 | 0,00504 | 0,00756 | 0,01007 | 0,0126 |
| 2 | 0,02015 | 0,0403 | 0,06045 | 0,0806 | 0,10074 |
| 3 | 0,068 | 0,136 | 0,20401 | 0,27201 | 0,34001 |

Критерии подобия могут быть получены для любого процесса, если известны аналитические зависимости между характеризующими его величинами – дифференциальные уравнения, описывающие процесс [3].

Сложный характер структуры и механизма теплопереноса в дисперсных телах (теплопроводность, конвекция, излучение и др.) обусловил применение к ним термина «эффективная теплопроводность» [4, 5].

В настоящее время можно считать доказанным, что эффективные теплофизические свойства материала в общем случае зависят от размеров образцов, их формы, скорости подъема температуры, величины теплового потока [5–7].

Тепловое излучение играет существенную роль при температуре более 600°C [3]. Так как ограждающие конструкции из пено- и газобетона эксплуатируются при более низких температурах, то этой составляющей можно пренебречь.

Передача тепла теплопроводностью будет складываться из $\lambda_{матр}$ и $\lambda_{ячеек}$. Последняя состоит из теплопроводности теплового пограничного слоя ($\lambda_{ТПС}$), теплопроводности слоя газа в объеме ячейки и конвективного теплопереноса в поре (коэффициент теплоотдачи α).

Таким образом, тепловое сопротивление ячеистого материала будет иметь следующий вид:

где L – определяющий геометрический размер; $L_{матр}$ – толщина межпоровой перегородки, которая имеет небольшое численное значение; $L_{ТПС}$ – толщина теплового пограничного слоя.

Поскольку коэффициент теплопроводности матрицы сравнительно высок, то:

Условия перехода от теплопереноса методом теплопроводности к конвективной теплоотдаче оценивается по численным значениям критериев Рэлея, Грасгофа, Прандтля. Численное значение критерия Рэлея представлено в таблице.

В [5] отмечается, что конвекция в единичной поре развивается при $Gr \cdot Pr \geq 680$. В случае газобетона с диа-

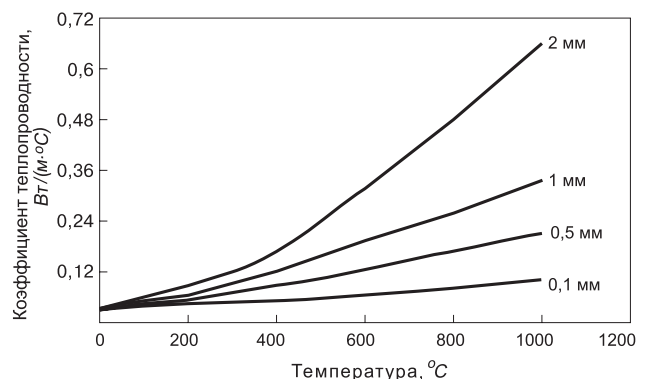
метром пор 0,5 мм и разницей значений температуры в пределах поры 1°C $Gr \cdot Pr = 3,1 \cdot 10^{-4}$; для поры 3 мм и $\Delta T = 5^\circ C$: $Gr \cdot Pr = 0,34$, что гораздо меньше указанной величины, т. е. естественная конвекция в порах газобетона практически отсутствует.

Для пенобетона с диаметром пор 0,5 мм и разницей значений температуры в пределах единичной поры 1°C $Gr \cdot Pr = 0,0156$; для поры 3 мм и $\Delta T = 5^\circ C$: $Gr \cdot Pr = 16,87$. Необходимо подчеркнуть, что приведенные расчеты относятся к единичной поре. Сделанное при этом допущение о разности значений температуры, в пределах одной поры равной 1°C, означает, что при толщине ограждающей стены, равной как минимум 20–30 см, общий перепад температур превышает 100°C, что значительно превосходит реальные величины.

Анализ результатов работы [8] показывает, что конвекция в горизонтальном слое пористого материала, подогреваемого снизу, начинается при критическом значении критерия Рэлея $Ra_{кр} > 40$. Во всех рассматриваемых случаях критерий Рэлея меньше 40. Это означает, что конвективной составляющей в тепловом сопротивлении можно пренебречь.

Таким образом:

Отсюда следует, что определяющую роль при переносе тепла играет пограничный слой.



Зависимость коэффициента теплопроводности пенобетона от температуры и размера пор

На рисунке показана зависимость коэффициента теплопроводности от температуры для материала с различным размером пор [5]. Очевидно, что чем больше размер пор, тем сильнее повышается коэффициент теплопроводности с ростом температуры. При этом в области до 100°C размер пор очень слабо влияет на коэффициент теплопроводности. При комнатной температуре коэффициент теплопроводности пенобетона (см. рисунок) в интервале диаметров пор 0,1–2 мм практически не зависит от температуры, тогда как с ростом температуры размер оказывает все большее влияние на коэффициент теплопроводности. Это явление объясняется теорией теплового пограничного слоя [3]. Согласно этой теории на внутренней поверхности пор, заполненных воздухом или другим газом, имеется тонкий слой, удерживаемый силами межмолекулярного притяжения, который обладает большим термическим сопротивлением. Этот слой достаточно устойчив при комнатной температуре, но при повышении температуры до 200–500°C разрушается и утончается, что вызывает быстрый рост коэффициента теплопроводности с увеличением температуры.

При наличии устойчивого теплового пограничного слоя конвективные потоки в порах, движущиеся от одного пограничного слоя к другому, мало влияют на теплоперенос в порах газонаполненного материала. В связи с этим теплозащитные свойства газонаполненных материалов прежде всего зависят от толщины теплового пограничного слоя и в меньшей степени от конвективной составляющей.

Исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что коэффициент теплопроводности для теплоизо-

ляционных ячеистых материалов – пенобетона, газобетона при температуре до 30–40°C мало зависит от формы и размера ячеек. Совершенствование поровой структуры не дает существенного улучшения теплофизических свойств, однако оказывает большое влияние на физико-механические свойства и долговечность изделий и конструкций из поробетонов.

Список литературы

1. *Королев А.С., Волошин Е.А., Трофимов Б.Я.* Оптимизация состава и структуры конструкционно-теплоизоляционного ячеистого бетона // Строит. материалы. 2004. № 3. С. 30–32.
2. *Физические величины. Справочник / Под ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова.* М.: Энергоатомиздат. 1991. 1231 с.
3. *Касаткин А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия. 1973. 752 с.
4. *Чудновский А.Ф.* Теплофизические характеристики дисперсных материалов. М.: Гос. изд-во физ.-мат. литературы. 1962. 456 с.
5. *Кауфман Б.Н.* Теплопроводность строительных материалов. М.: Изд-во литературы по строительству и архитектуре. 1955. 159 с.
6. *Сергеев О.А., Мень А.А.* Теплофизические свойства полупрозрачных материалов. М.: Стандарты. 1977. 288 с.
7. *Лыков А.В.* Теплообмен: Справ. изд. М.: Энергия. 1972. 560 с.
8. *Литовский Е.Я., Пучкевич Н.А.* Теплофизические свойства огнеупоров: Справ. изд. М.: Металлургия. 1982. 150 с.

ТЕХПРИБОР

ЦЕНА/КАЧЕСТВО/СЕРВИС

- Измельчители-дизинтеграторы серии «Горизонт»
- Модульные комплексы измельчения сыпучих материалов типа «МОЛОТ»
- Роторные дробилки типа «ВЕЙДЕР»
- Роторно-центробежные дробилки типа «Блиц»
- Смесители- активаторы серии «Фагот»
- Воздушно- центробежные классификаторы
- Винтовые конвейеры типа «ВК»

дробление - помол - механоактивация

Механоактивация цемента

Производство активных минеральных добавок

Переработка техногенных отходов

Производство высокодисперсных материалов

Классификация

Модульный комплекс измельчения сыпучих материалов типа «МОЛОТ»



Роторная дробилка типа «ВЕЙДЕР»



Измельчитель-дизинтегратор серии «ГОРИЗОНТ»



Роторно-центробежная дробилка типа «БЛИЦ»



РФ, г. Тула, пос. Рудаково, ул. Люлина, 6А;
Тел/факс: 8 (4872) 33-09-78;
Тел: 8 (905) 626-79-10, 8 (905) 626-93-07,
8 (903) 658-62-41;
ICQ: 218946684; e-mail: manager@tpribor.ru

Реклама

Влияние формы компонентов на интенсивность межчастичных взаимодействий в пенобетонных смесях

Скорость межчастичных взаимодействий, обеспечивающих переход пенобетонных смесей из вязкопластичного в упругое состояние, предопределяет их агрегативную устойчивость и качество затвердевшего бетона. Агрегативно устойчивыми принято считать такие смеси, которые вплоть до затвердевания сохраняют в своем объеме вовлеченную при перемешивании компонентов газовую фазу. Вода в таких смесях в период начального структурообразования обеспечивает глобальную связность между всеми компонентами дисперсной системы. Причем распределяется в объеме весьма неравномерно.

Причиной неравномерного распределения воды в пенобетонных смесях являются высокие адсорбционные свойства ПАВ, проявляемые ими в результате вовлечения в дисперсную систему частиц газовой фазы. Цементосодержащие дисперсные системы, содержащие незначительное количество вовлеченной газовой фазы (до 10% по объему), становятся агрегативно неустойчивыми при средней толщине водных пленок примерно $1 \cdot 10^{-7}$ м [1]. По данным В.Т. Перцева, средняя толщина водных пленок в пенобетонных смесях в 5–15 раз больше [2].

Сохранение агрегативной устойчивости дисперсной системы при столь существенной разнице в водосодержании возможно только потому, что крупные молекулы ПАВ в ходе перемешивания переводят значительное количество межчастичной воды из объема смеси в состав жидкого кристалла пенной пленки [3]. В результате этого процесса значительная часть свободной влаги перемещается из объема дисперсной системы на границу раздела газ–жидкость. Таким образом, толщина водных пленок на поверхности частиц твердой фазы существенно уменьшается, и дисперсная система оказывается способной сохранять агрегативную устойчивость.

В технологии изготовления пенобетонных смесей перемещения ПАВ и межчастичной воды на границу раздела газ–жидкость происходят до тех пор, пока к компонентам смеси поступает энергия перемешивания. После укладки смесей в форму под действием гравитационных сил какая-то часть слабосвязанной воды может выдавливаться из ореола жидкого кристалла и перемещаться в направлении минимальной плотности дисперсной системы.

Поэтому со временем нарушается подвижное равновесие между количеством ПАВ в составе пенных пленок и в межчастичной жидкости, установившееся в результате перемешивания. Параллельно с этим процессом имеет место адсорбционная и химическая диспергация зернистых частиц цемента, способствующая общему повышению дисперсности системы и соответственному увеличению ее внутренней энергии. В результате повышения дисперсности какое-то количество межчастичной воды переходит в разряд пленочной, и таким образом также замедляется процесс раздвижки частиц твердой фазы в слоях уложен-

ной смеси. Но в нижних слоях, там, где слабосвязанная вода была выдавлена гравитационными силами, повышается концентрация ПАВ, ведущая к понижению упругих свойств жидкой фазы [4] и ослаблению вязких связей между компонентами.

Повышение концентрации ПАВ в нижних слоях пенобетонных смесей практически неопасно до тех пор, пока не достигнута критическая концентрация мицеллообразования (далее ККМ), вызывающая коалесценцию, т. е. разрыв структуры жидких кристаллов и объединение мелких пор в крупные. Скачкообразная перестройка структуры материала в период преобладания вязких связей между компонентами всегда отрицательно влияет на механические свойства затвердевшего материала. Поэтому так важно сохранение всей вовлеченной при перемешивании газовой фазы внутри бетонной смеси. Удержание газовой фазы возможно до тех пор, пока силы связи между дисперсными частицами выше напряжений растяжения, возникающих в межпоровых перегородках под действием выталкивающей силы, развиваемой газовыми включениями. Следовательно, рецептура высококачественных пенобетонных смесей должна обеспечивать такую скорость набора прочности, при которой будет исключена возможность утраты ими газовой фазы и расслоения.

Анализ причин утраты агрегативной устойчивости дисперсных систем показывает, что скорость их расслоения (V) [5] прямо пропорциональна квадрату радиуса частиц дисперсной фазы (r) и разности плотностей частицы (ρ_p) и среды (ρ_s), обратно пропорциональна вязкости среды (η):

Уравнение (1) формально отражает влияние физических и геометрических свойств компонентов смесей на процесс расслоения в том случае, когда дисперсная система характеризуется постоянством свойств дисперсионной среды и имеет один вид дисперсной фазы. Пенобетонные же смеси — это суспензии композиционного типа, в которых содержится несколько видов дисперсных фаз. В них дисперсионная среда имеет композиционный состав, т. е. раствор ПАВ переменной концентрации. Плотность дисперсных частиц твердой фазы больше плотности дисперсионной среды, а плотность дисперсных частиц газовой фазы меньше. Масштаб различий плотности фаз превышает 10^2 . Оба вида дисперсных фаз способны изменять свои геометрические размеры в период, когда агрегативная устойчивость смеси предопределяется только величиной вязких сил сцепления между компонентами.

Все твердые составляющие пенобетонных смесей обладают поверхностной энергией. Наличие свободной энергии на поверхности частиц твердой фазы является

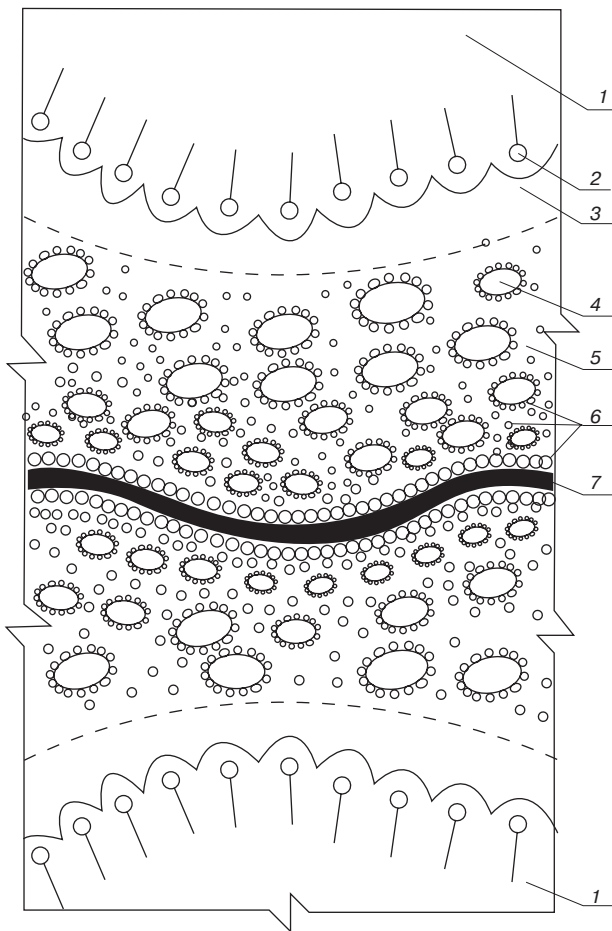


Рис. 1. Схема фрагмента межпоровой перегородки в фибропенобетоне: 1 – газовая дисперсная фаза; 2 – молекулы ПАВ в составе жидкого кристалла на границе раздела газ–жидкость; 3 – вода в составе жидкого кристалла; 4 – частицы заполнителя; 5 – отдельные молекулы ПАВ; 6 – зерна цемента; 7 – фибра

предпосылкой не только для целенаправленного формирования межфазных границ, но и для управления свойствами материала в целом. Способность дисперсных систем в период проявления слабых взаимодействий между частицами дисперсных фаз формировать фракталы (масштабные множества) и кластеры и тем самым способствовать уменьшению суммарной межфазной энергии дисперсной системы свидетельствует о мере их потенциала в области самоорганизации и возможности сохранения агрегативной устойчивости при наличии термодинамического неравновесия.

Анализ свойств дисперсных частиц, составляющих пенобетонную смесь, применительно к наиболее вероятному направлению формирования их структуры в результате перемешивания компонентов (способа образования, формы и размеров кластеров) показывает, что эти частицы обладают следующими свойствами:

- некоторым энергетическим потенциалом поверхностной энергии (материалы в перечне расположены в порядке убывания энергии на единицу массы: зерна цемента, волокна фибры, зерна заполнителя);
- их геометрические размеры (как минимум два размера из трех) таковы, что на этапе начального структурообразования влиянием сил тяжести на траекторию их движения в объеме смеси можно пренебречь;
- фибра в 1000 и более раз длиннее самой крупной частицы цемента, поэтому в рассматриваемой дисперсной системе ее следует позиционировать как протяженную поверхность раздела фаз;

- размеры частиц заполнителя находятся внутри диапазона размеров фибры и вяжущего;
- гибкость фибры такова, что под действием капиллярных сил, развивающихся при увлажнении компонентов пенобетонной смеси, может принимать любую конфигурацию [3].

При смешивании компонентов дисперсная система, состоящая из воды, ПАВ, цемента, заполнителя и фибры, подвергается деформационному воздействию со стороны смесительного агрегата. В дисперсных системах энергия деформации накапливается в виде поверхностной энергии [6]. В ходе процессов перемешивания релаксация поверхностной энергии физически выражается в перемещении жидкой и газообразной фаз к областям наибольших напряжений.

При деформации сдвига или сжатия с одновременным сдвигом перемещение частиц дисперсной фазы сопровождается ориентацией той их части, у которой хотя бы одно пространственное измерение отличается от двух других, в направлении действия максимальных направлений сдвига [6]. Вследствие ориентации плоских и волокнистых частиц дисперсная система (на уровне межпоровой перегородки) приобретет анизотропную структуру, характеризующуюся волновым порядком упаковки твердых частиц в направлении их минимального размера. Волновой характер распространения механического воздействия в обводненной дисперсно-зернистой системе формирует порядок чередования слоев (рис. 1). Чем полнее прошел процесс релаксации, тем определеннее выражены эти слои.

Интенсивность межчастичных взаимодействий [7] регулируется не только величиной поверхностной энергии, которой обладают частицы, но и их формой:

$$F = -(A \cdot r) / (m \cdot H^n), \quad (2)$$

где F – сила притяжения между частицами; H – расстояние между частицами; A – константа, характеризующая суммарное действие ориентационного и дисперсионного факторов; m, n – коэффициенты (при взаимодействии шарообразных частиц $m=12, n=2$; шарообразной и протяженной $m=6, n=2$).

Из уравнения (2) следует, что силы сцепления между частицами, размеры которых постоянны во всех направлениях трехмерного пространства, ниже, чем силы сцепления между шарообразной и протяженной частицами. На этапе раннего структурообразования это особенно важно, так как абсолютная величина этих сил сравнительно мала.

Таким образом, из анализа свойств и возможных перемещений дисперсных частиц, составляющих пенобетонную смесь, следует, что наиболее вероятным направлением формирования структуры межпоровых перегородок в рассматриваемом типе смеси [8] будет сборка кластерных агрегатов по типу 4 и 5 (см. таблицу).

Опираясь на данные, приведенные в таблице для систем 4 и 5, можно утверждать, что значения фрактальных размерностей при формировании вязко связанных структур в пено- и фибропенобетонных смесях будут существенно различаться за счет разной скорости агрегации частиц в кластеры. Это изменение должно выразиться прежде всего в параметрах кинетики пластической прочности.

По мере роста связности дисперсной системы за счет дисперсного армирования носителями важнейших свойств пенобетонной смеси становятся не зерна вяжущего с сольватными оболочками воды, а крупные агрегаты, состоящие из фибры и закрепившихся на ее поверхности обводненных частиц вяжущего и заполнителя. Появление таких агрегатов свидетельствует о формировании кластерных структур в составе пенобетонной смеси и о высоком уровне самоорганизации частиц

Параметры фрактальных размерностей кластеров (D), образующихся при агрегации дисперсных частиц [8]

| № системы | Схема движения частиц при агрегации | Размерность пространства по Мандельброту (d) | |
|-----------|---|--|-------------------------|
| | | 2 (плоскость) | 3 (объем) |
| 1 | Прямолинейная траектория, кластер – частица | 2 | 3 |
| 2 | Броуновское движение, кластер – частица | 1,68±0,02 | 2,46±0,05 |
| 3 | Прямолинейная траектория, кластер – кластер | 1,54±0,03 | 1,94±0,08 |
| 4 | Броуновское движение, кластер – кластер | 1,44±0,04 | 1,77±0,03 |
| 5 | Кластер – кластер, малая вероятность прилипания (RLCA-модель) | 1,55±0,03 1,6±0,01* | 2,02±0,06 2,11±0,02* |

*Для полидисперсных систем.

твердой дисперсной фазы. Быстрое появление кластеров указывает на возможность управления агрегативной устойчивостью системы с помощью дисперсного армирования.

Экспериментальную проверку изложенных выше теоретических рассуждений о влиянии дисперсного армирования на интенсивность межчастичных взаимодействий, возникающих после завершения перемешивания компонентов в пенобетонных смесях, осуществляли по величине пластической прочности. Анализировалась скорость роста пластической прочности равноплотных смесей в зависимости от содержания в них дисперсной арматуры. На рис. 2 представлены результаты измерений в течение 7 ч после завершения перемешивания.

Полученные экспериментальные данные подтверждают достоверность приведенных выше теоретических положений и показывают, что скорость замены вязких контактов упругопластическими в пенобетонных смесях регулируется при прочих равных условиях количеством дисперсной арматуры. Следовательно, ее ввод в состав обводненных зернистых дисперсных систем способствует повышению уровня их самоорганизации и положительно влияет на интенсивность межчастичных взаимодействий,

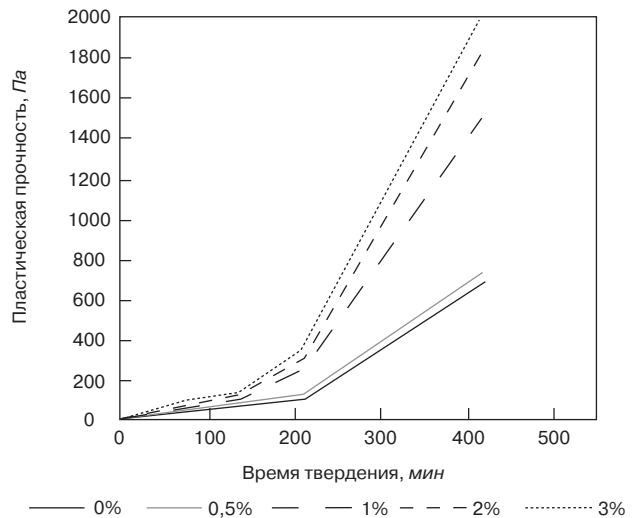
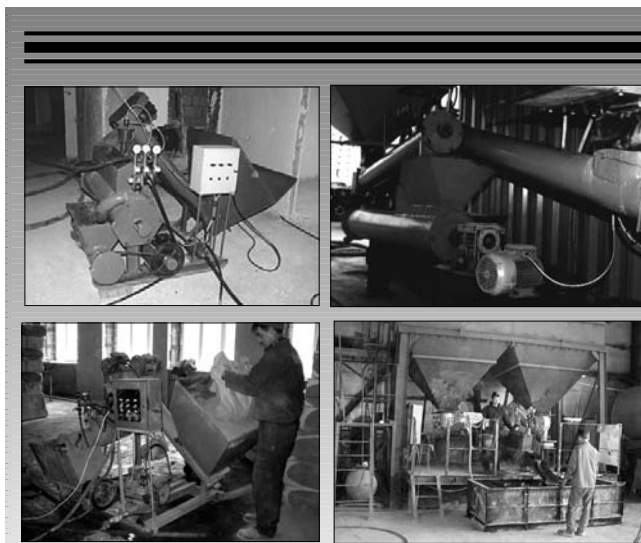


Рис. 2. График зависимости пластической прочности пенобетонных смесей от содержания дисперсной арматуры и времени твердения

что в конечном итоге должно приводить к повышению качества затвердевших материалов.

Список литературы

1. Блещик Н.П. Структурно-механические свойства и реология бетонной смеси и пресс-вакуум-бетона. Минск: Наука и техника. 1977. 231 с.
2. Управление процессами технологии, структурой и свойствами бетонов / Под ред. Е.М. Чернышева, Е.И. Шмитько. Воронеж: ГАСУ. 2002. 344 с.
3. Моргунов Л.В., Моргунов В.Н. О жидкокристаллической природе агрегативной устойчивости пенобетонных смесей // Строит. материалы. 2006. № 6. С. 22–23.
4. Русанов А.И. Мицеллообразование в растворах поверхностно-активных веществ. СПб: Химия. 1992. 280 с.
5. Фридрихсберг Д.А. Курс коллоидной химии: Уч-к для вузов. 3-е изд. исправл. СПб: Химия. 1995. 400 с.
6. Фадеева В.С. Формирование структуры пластичных паст строительных материалов при машинной переработке. М.: Стройиздат. 1972. 222 с.
7. Ахматов А.С. Молекулярная физика граничного трения. М. 1963. 380 с.
8. Mandelbrot B. Les Objects Fractal. France: Flammanon. 1995. 200 p.



ФИРМА «РУБИН»
 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ

Оборудование для изготовления пенобетонных блоков, плит перегородок и теплоизоляции
 производительностью до 10 тыс. м³ в год.

Мобильные пенобетонно-смесительные комплексы
 производительностью 2 м³/ч для устройства монолитных несущих и теплоизолирующих конструкций.

Россия, 344113, Ростов-на-Дону,
 ул. Добровольского, 40, кв. 96
 Тел./факс: (863) 274-77-45, (918) 554-03-36
 E-mail: rubin@aanet.ru www.rubin.aanet.ru



ОАО «РОССЕВЗАПСТРОЙ»

Объединение сильных



Строит объекты промышленного, социально-культурного, жилого и агропромышленного назначения любой сложности.



Выполняет специализированные работы: горнопроходческие, реставрационные; строительство тоннелей, гидротехнических сооружений, подземных коммуникаций.



Имеет мощную базу строительной индустрии и промышленности строительных материалов: предприятия КПД и ЖБИ, производства столярных строительных изделий, эффективных утеплителей, нерудных строительных материалов.



Металлообрабатывающие предприятия и механические заводы обеспечивают строительные объекты и предприятия «Россеvзап-стройка» строительными металлоконструкциями, металлоформами и оснасткой, строительными машинами и механизмами (бетоносмесители, миксеры, катки, технологические прицепы, башенные краны, автомобильные краны и др.).



ОАО «Россеvзапстрой» осуществляет подготовку и обучение специалистов для промышленных предприятий и строительно-монтажных организаций.



ОАО «Россеvзапстрой» готов к сотрудничеству:

- по строительству зданий и сооружений как в России, так и за рубежом;
- по поставкам строительных конструкций и нерудных строительных материалов;
- по созданию совместных предприятий по добыче мрамора и гранита,
- производству различных материалов из природного камня;
- по созданию совместных предприятий деревообработки (лесопиление, производство окон и дверей, погонажных изделий, мебельных заготовок и др.;
- по созданию предприятий по утилизации отходов производства.



ОАО «Россеvзапстрой» — надежный партнер!

105066, Москва, ул. Нижняя Красносельская, д. 39, стр. 2
Телефон: (495) 261-04-94, факс: (495) 261-43-16
E-mail: mail@rossevpzapstroy.ru www.rossevpzapstroy.ru

Ю.Г. ЛОСЕВ, первый заместитель Министра строительства СССР, Президент ОАО «Россевзапстрой» (Москва)

40 лет созидания: Минстрой СССР – Минсевзапстрой СССР – ОАО «Россевзапстрой»



Послевоенные годы в истории Советского Союза характеризовались ростом его индустриальной мощи, научного и культурного потенциала. По всей стране развернулось крупномасштабное строительство жилья индустриальным методом, инфраструктуры, строительство и реконструкция промышленных предприятий, сооружение заводов-гигантов, гидроэлектростанций, электрификация железных дорог.

Для выполнения значительно возросших объемов строительных работ ЦК КПСС и Совет Министров СССР приняли решение о создании общестроительных министерств и Министерства монтажных и специальных работ СССР.

Одно из них – Министерство строительства СССР (Минстрой СССР) образовано на основании постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР № 57 от 21 января 1967 г. и Указа Президиума Верховного совета СССР № 828-УП от 21 февраля 1967 г.

Минстрой СССР осуществлял руководство подведомственными подрядными строительными организациями на территориях Ленинградской, Новгородской, Томской, Калининской, Псковской, Горьковской, Пензенской, Самарской, Ульяновской, Тамбовской, Воронежской, Новосибирской, Смоленской, Калининградской, Ивановской, Владимирской, Костромской, Кировской, Ярославской областей, Приморского и Алтайского краев, Мордовской и Марийской АССР,

а также на территориях Узбекской, Грузинской, Молдавской, Латвийской, Киргизской, Туркменской, Таджикской и Эстонской союзных республик.

Министром строительства СССР был назначен Георгий Аркадьевич Караваев. За 30 лет работы в строительстве он приобрел глубокие знания и большой практический опыт. Возглавляя министерство в 1967–1986 гг., Г.А. Караваев внес огромный вклад в становление его почти трехмиллионного коллектива. На этом посту в полной мере раскрылся его талант крупного организатора строительного производства и государственного деятеля.

На Минстрой СССР возлагались следующие задачи:

- выполнение планов капитального строительства, своевременное создание производственных мощностей и основных фондов;
- совершенствование и повышение эффективности строительного производства, повышение уровня индустриализации и механизации, совершенствование технологии и организации строительных работ, внедрение в строительное производство достижений науки, техники, передового опыта;
- обеспечение роста производительности труда, снижение стоимости и повышение качества строительных работ;
- обеспечение строительных организаций и предприятий строительной индустрии квалифицированными кадрами.

Перед центральным аппаратом министерства ставились задачи оказывать территориальным организациям повседневную помощь в развитии их производственных мощностей и трудовых коллективов, во внедрении достижений технического

прогресса, всемерно способствовать вводу объектов в эксплуатацию. И конечно же, аппарат нес прямую ответственность перед центральными государственными органами за выполнение текущих и разработку перспективных планов каждой территориальной организации.

Для успешного решения этих задач удалось создать единый, дружный коллектив профессионалов.

Положительных результатов своей деятельности министерство могло бы и не добиться, если бы не испытывало постоянной заинтересованной поддержки и взаимопонимания со стороны руководителей партийных, советских и профсоюзных органов на местах, если бы не удалось наладить тесные деловые отношения с территориальными строительными организациями.

Создав строительные министерства, правительство и коммунистическая партия ставили перед ними конкретные задачи, координировали действия министерств-смежников и заказчиков, проявляли постоянную заботу.

В работе Минстроя СССР большую помощь оказывали секретари ЦК КПСС А.П. Кириленко, В.И. Долгих, А.Г. Мельников, заместители заведующего отделом строительства ЦК КПСС В.Ф. Исаев, А.Д. Дмитриев, И.П. Дятлов, инструкторы отдела и другие работники отраслевых отделов.

Навсегда в сердцах строителей старшего поколения останутся поздравления ЦК КПСС с трудовыми победами, замечательными достижениями.

В адрес Минстроя СССР их поступило более тридцати, в том числе за ввод Новгородского производственного объединения «Азот», Ново-Спасского цементного завода, Алмалыкского химического завода,



Георгий Аркадьевич Караваев – министр строительства СССР с 1967 по 1986 г., Герой Социалистического Труда, кавалер четырех орденов Ленина, ордена Октябрьской Революции, четырех орденов Трудового Красного Знамени, лауреат Государственной премии СССР



Адреса созидания организаций Минстроя СССР – Минсевзапстроя СССР – ОАО «Россевзапстрой»: Ярославский нефтеперерабатывающий завод; автомобильный мост через р. Вепь (Смоленская обл.)

комплекса объединения «Апатит», мощностей на Череповецком ХМК и других объектов.

За досрочный ввод в эксплуатацию производственных мощностей высокую правительственную оценку получили строители комплекса прокатного производства в объединении «Кировский завод», Ивановского завода азотных удобрений, Киришского нефтеперерабатывающего завода, Дорогобужского завода азотных удобрений, Тираспольского и Бухарского хлопчатобумажных комбинатов, Кингисеппского комбината «Фосфорит», Алмадыкского химического и Акмянского цементного заводов и десятков других объектов.

Архитекторы и строители были удостоены Ленинской премии за строительство жилого района Ладзиной в Вильнюсе (Литовская ССР) и Государственной премии СССР за сооружение библиотеки в Ашхабаде (Туркменская ССР). Сотни коллективов строительных организаций удостоены премий Совета министров СССР, стали победителями Всесоюзного общественного смотра на лучшее качество строительства.

Коллегия министерства придавала большое значение пятилетним и годовым планам капитального строительства, их кадровой и экономической политике, развитию мощностей строительных организаций и их производственной базы.

Мероприятия предусматривали значительное техническое перевооружение строительного производства и его дальнейшую индустриализацию, внедрение эффективных материалов и конструкций, пересмотр объемно-планировочных и конструктивных решений, с тем чтобы ускорить возведение предприятий и объектов соцкультбыта, снизить массу зданий и сооружений, сократить построчную трудоемкость и стоимость. При этом максимальный прирост объемов работ необходимо было обеспечить за

счет производительности труда и снижения материалоемкости.

Подобные мероприятия составлялись и на последующие пятилетки, в большинстве своем они выполнялись.

Все новое, передовое, перспективное находило, как правило, быстрое применение на стройках.

В 1986 г. Министерство строительства СССР на основании постановления ЦК КПСС и Совета министров СССР № 970 от 14.08.1986 было преобразовано в Министерство строительства в северных и западных районах СССР.

Смена названия предусматривала и изменение регионов деятельности министерства. Из его состава вышли все строительные министерства союзных республик, а также строительные организации Алтайского и Приморского краев, Пензенской, Тамбовской, Воронежской, Саратовской, Ульяновской, Томской и Новосибирской областей. Дополнительно же в состав нового министерства вошли строительные организации Мурманской, Вологодской, Архангельской, Рязанской, Брянской, Орловской, Тульской и Калужской областей, а также Коми и Карельской автономных республик.

Министром строительства в северных и западных районах СССР был назначен Владимир Иванович Решетиллов.

На вновь созданное министерство возлагались те же задачи, что и на Минстрой СССР.

Проходивший в этот период XXVII съезд КПСС отметил, что осуществлять техническую реконструкцию народного хозяйства можно только путем коренного улучшения капитального строительства. Это потребует поднять на новый индустриальный и организационный уровень весь строительный комплекс, минимум вдвое сократить инвестиционный цикл как при реконструкции действующих, так и при сооружении новых предприятий.

Нельзя не остановиться на деятельности министерства по оказанию помощи в ликвидации последствий ядерной катастрофы на Чернобыльской АЭС в 1986 г.

С участием многих коллективов страны был возведен город Славутич. Строителями министерства там были построены жилые дома, детские сады.

Не прошло и двух лет после этой трагедии, как землетрясение 7 декабря 1988 г. разрушило многие города и села Армении.



Адреса созидания организаций Минстроя СССР – Минсевзапстроя СССР – ОАО «Россевзапстрой»: ледовый дворец с искусственным покрытием (г. Заволжье Нижегородской обл.)



Адреса созидания организаций Минстроя СССР – Минсевзапстрой СССР – ОАО «Россевзапстрой»: начальная школа (г. Тосно Ленинградской обл.); новый жилой микрорайон (г. Сыктывкар)

ЦК КПСС и Совет министров СССР поручили министерству обеспечить в 1989–1990 гг. в Ленинанке ввод 410 тыс. м² жилья, общеобразовательных школ на 6664 учебных места, дошкольных учреждений на 1660 мест, больниц на 650 коек, амбулаторно-клинических учреждений на 1350 посещений в смену, а также Араратского цементного завода и Ленинанканского швейного объединения.

Для строительства этих объектов министерство создало объединение «Армениясевзапстрой», организовало 28 мобильных строительномонтажных поездов, выделило 263 строительные машины и 100 автомобилей. Правительственное задание было выполнено.

В 1989 г. Министерство строительства в северных и западных районах СССР было преобразовано в Министерство строительства в северных и западных районах РСФСР. Главные задачи и районы его деятельности остались прежними.

С переводом экономики на рыночные отношения, а также в связи с переходом в юрисдикцию РСФСР отраслевых, научно-исследовательских, строительных, монтажных и специализированных организаций, предприятий, машиностроительного комплекса, расположенных на территории РСФСР, изменилось очень многое.

Менее чем через год на основании Закона РСФСР от 14 июля 1990 г. «О республиканских министерствах и государственных комитетах РСФСР» и распоряжения Совета министров РСФСР № 898-о от 23 июля 1990 г. Минсевзапстрой РСФСР был упразднен.

В целях координации деятельности строительных организаций и предприятий, обеспечения защиты их прав, представления общих интересов в соответствующих государственных органах, а также создания благоприятных условий для социального и экономического развития трудовых коллективов Совет ми-

нистров РСФСР принял постановление № 290 от 11 августа 1990 г. «Об образовании Российского государственного строительного-промышленного концерна по строительству в северных и западных районах РСФСР». Президентом концерна был избран В.И. Решетиллов.

В августе 1992 г. концерн был преобразован в акционерное общество открытого типа «Россевзапстрой». Его учредителями стали территориальные строительные организации и предприятия, входившие в Минсевзапстрой РСФСР. Президентом избран Ю.Г. Лосев.

В связи с перестройкой организационной структуры управления строительством, переходом к рыночным отношениям началось разгосударствление собственности в строительстве, индустрии строительных материалов и изделий и в других организациях, формирование в стране инвестиционного и подрядного рынков.

Преобразование государственных предприятий и объединений в организации с различными видами собственности дает им право полной самостоятельности как хозяйственным субъектам, не подлежащим отнесению ни к республиканской, ни к муниципальной собственности.

Этим был нарушен существующий до этого производственно-технологический комплекс. Началось дробление строительных трестов на многочисленные самостоятельные организации. Этот негативный процесс происходил на фоне замораживания в 1990–1995 гг. инвестиционной активности в строительстве. В итоге стали сокращаться объемы капитальных вложений и, как следствие, уменьшился ввод жилья, сократилось количество вводимых в эксплуатацию объектов государственных нужд и программ, финансируемых за счет госбюджета.

Однако несмотря на негативные явления в строительстве, ОАО «Россевзапстрой» продолжало работать и выполнять важные государственные

задания. Одним из таких заданий было строительство новых населенных пунктов в Брянской области для жителей, подлежащих переселению из загрязненных районов в результате аварии на Чернобыльской АЭС. К выполнению этого задания министерство подключило коллективы многих территориальных строительных организаций.

В 1993 г. Россевзапстроем выполнены восстановительные работы по заданию Дома Правительства Российской Федерации.

В 1995 г. Россевзапстрой в сложных условиях Чеченского конфликта выполнил государственное задание по восстановительно-строительным работам в Грозном.

Аппарат ОАО «Россевзапстрой» постоянно оказывает практическую помощь территориальным строительным организациям в их загрузке, ликвидации задолженности по объектам и стройкам, финансируемым за счет федерального бюджета, консультирует участников акционерного общества по вопросам налогообложения, труда и заработной платы, применения действующего законодательства в области финансов, экономики и научно-технического прогресса, осуществляет посреднические функции.

Несмотря на сложные социально-экономические условия переходного периода экономики России к рыночным отношениям, нам удалось сохранить производственный потенциал строительного комплекса и главное – кадры, людей, посвятивших свою жизнь благородному делу созидания. Они наша главная надежда и опора.

Быстро течет время...

Многие из названных здесь сотрудников ушли на заслуженный отдых, некоторые – из жизни, но они живут в нашей памяти как коллеги, единомышленники, друзья, с которыми мы долгие годы делили и беды, и трудности, и радости, а памятником им служат построенные людям города, заводы, фабрики и дороги.

И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ, канд. техн. наук, генеральный директор,
Г.Я. ШАЕВИЧ, исполнительный директор, С.Г. МАКАРОВ, начальник отдела,
Н.И. ШКУРКИН, ведущий конструктор, Институт Новых Технологий и Автоматизации
промышленности строительных материалов (ООО «ИНТА-СТРОЙ», Омск)

Вопросы формообразования пенобетонных блоков

Конечной целью производства пенобетона является поставка потребителю качественных блоков с максимальной точностью заданных размеров.

Если качество структуры пенобетона, его прочность и теплопроводность в настоящее время достигли высоких показателей, то геометрия, точность размеров и качество поверхностей блоков у многих изготовителей оставляют желать лучшего. Геометрия и качество поверхностей блоков зависят от принятой технологии формообразования.

Зачастую начинающие пенобетонщики переносят автоматически в процесс формообразования блока способ получения мелкоштучных изделий в кассетных формах из технологии бетона. Однако не следует забывать, что бетон и пенобетон — это далеко не одно и то же. При формировании пенобетонного блока его грани, контактирующие с металлическими стенками формы, приобретают гидрофобные свойства, которые не позволяют наносить штукатурку [1]. В нашем эксперименте нанесение штукатурки на такие грани стало возможным только после частичного их рифления (насечки). Поэтому при получении блоков желательна срезка «пристенных» поверхностей. Кроме того, заливка пенобетона в кассетные формы не дает четких ребер и прямых углов у блоков, что ухудшает их позиционирование при кладке и в конечном итоге снижает ее качество. При кажущейся простоте этого способа для его осуществления необходим большой парк разнокалиберных форм, что неоправданно повышает металлоемкость, а следовательно, стоимость оборудования цеха пенобетона.

Применение крупноблочного формования в последние годы завоевывает все большую популярность как в отечественных, так и в зарубежных технологиях, однако этот способ требует разрезания массива

на штучные блоки. Эта операция отнюдь не является лишней, так как одновременно производится срезка пристенных поверхностей и горбушки, что улучшает геометрию и качество конечной продукции.

В настоящее время наибольшее распространение получила струнная резка блоков в начальной стадии их твердения, но этот способ обладает рядом существенных недостатков.

Во-первых, поверхность реза получается неплоская и шероховатая, так как ядро уплотнения, образуемое перед струной при ее продольном перемещении, уводит струну от плоскости реза и, разрушаясь, образует на поверхности реза стружку (рис. 1). Размер таких стружек тем больше, чем больше диаметр струны, а их количество определяется способом разрушения ядра уплотнения. В любом случае поверхность реза имеет значительную шероховатость, что исключает кладку блоков на клей и снижает качество кладки на раствор.

Во-вторых, точность размеров блока недостаточна из-за увода струны, величина которого сопоставима с ее диаметром (от 3 до 6 мм) [2].

В-третьих, разрезание блоков в определенный момент технологического цикла требует тщательного соблюдения технологии и не позво-

ляет накапливать крупные блоки перед резкой, что снижает гибкость технологии.

Сторонники струнной резки в ее пользу приводят «сильный» аргумент — экономичность этого способа по сравнению с другими способами механической резки. Это было бы справедливо, если бы себестоимость пенобетона определялась только затратами на резание. Но затраты на электроэнергию при механическом резании составляют не более 5% себестоимости, экономия при резании струнами составит 2–3%, а качество неоспоримо хуже.

Кроме резки струной в настоящее время применяются еще четыре способа механической резки: фрезерование, резание дисковыми пилами, возвратно-поступательное резание полотном, ленточное пиление.

Наряду с повышенной энергоемкостью и капиталоемкостью эти способы имеют еще один недостаток — пыление. Но пыление легко устраняется продуманной системой аспирации, все элементы которой известны и доступны, а остальные недостатки с лихвой перекрываются отличным качеством блоков, которое обеспечивает механическое резание.

При сложившейся сегодня системе ценностей, когда качество товара играет решающую роль и стало основным конкурентным преимуществом, механическое резание пенобетона выходит на передний план.

Способ фрезерования используется в основном для обработки граней, снятия пристенных поверхностей, горбушки и для фасонной обработки изделий. Преимущество его в том, что отходы получают в виде мелкой крошки, легко удаляются системой аспирации и могут быть возвращены в технологический процесс.

В нашем институте разработана установка фрезерования ШЛ 435 (рис. 2) для изготовления пазогребневых блоков размером в плане 600×600 мм.

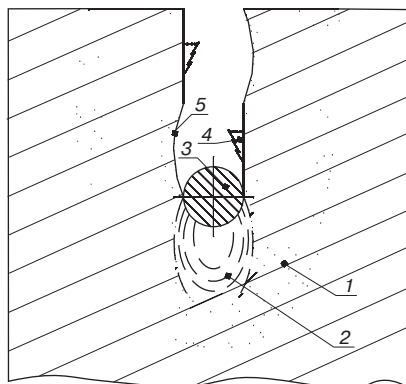


Рис. 1. Схема резки пенобетона струной: 1 — пенобетонный блок; 2 — ядро уплотнения; 3 — струна; 4 — стружка от разрушенного ядра уплотнения; 5 — неровность поверхности реза из-за увода струны

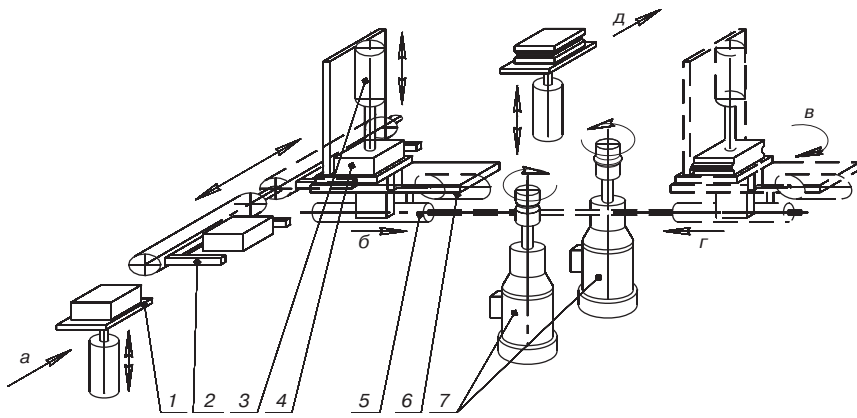


Рис. 2. Схема установки фрезерования ШЛ 435: а – загрузка заготовок; б – прямая рабочая подача; в – поворот стола на 90°; г – обратная рабочая подача; д – сьем обработанных изделий; 1 – подъемник; 2 – питатель; 3 – прижим; 4 – обрабатываемая заготовка; 5 – механизм перемещения стола; 6 – механизм поворота стола; 7 – блок фрезерный

**Техническая характеристика
установки ШЛ 435**

| | |
|--|----------------|
| Установленная мощность, кВт | 4,4 |
| Рабочее давление воздуха, МПа | 0,6 |
| Точность геометрических размеров и отклонения от взаимного расположения сторон, мм | ±0,5 |
| Производительность по блокам размерами 600×600×200, не менее, м³/ч | 6 |
| Габаритные размеры, мм | 2620×2450×2050 |
| Масса, кг | 1120 |

Загрузка пакета заготовок и снятие пакета изделий, уложенных на стандартные поддоны, производится оператором при помощи грузоподъемных механизмов, а весь цикл обработки полностью автоматизирован. Установка может использоваться как в составе полуавтоматического комплекса резки, так и индивидуально. В зависимости от профиля используемого инструмента возможно получение изделий с плоскими или фасонными боковыми гранями. В качестве режущего инструмента применяется набор цилиндрических фрез со сменными твердосплавными пластинами. Выбор оптимальных режимов резания и геометрических параметров режущего инструмента обеспечивает его долговечность.

Исполнительные механизмы (пневмоцилиндры) и элементы управления обеспечивают быстрый подвод, медленное врезание, рабочую подачу, медленный выход, быстрый отвод обрабатываемых заготовок. Во фрезерных блоках закреплены оправки с наборами фрез, оформляющих с одной стороны заготовки паз, с другой гребень. После обработки двух сторон стол станка поворачивается на 90°, и при обратном ходе обрабатываются оставшиеся две стороны. Все механизмы и узлы установки смонтированы на общей жесткой раме. К защитным кожухам фрезерных блоков подведена система аспирации.

Резание дисковыми пилами было опробовано нами в 2003 г. [1]. Эксплуатация установки показала, что возможная глубина резания для диска

с диаметром 800 мм не превышает 300 мм. Большая глубина пиления требует еще большего диаметра диска, что непомерно увеличивает габариты станка. Толщина диска пропорциональна его диаметру, для диска диаметром 800 мм ширина пропила равна 6 мм, что влечет за собой увеличение объема отходов и затрудняет их удаление. Кроме того, ближе к центру диска пилы происходит затирание стружки в поверхность пенобетона, что значительно ухудшает качество реза. От этого способа мы вынуждены были отказаться.

Способ резания при возвратно-поступательном движении полотна, подобно пилюраме в деревообработке, также опробован нами при разработке пилы вертикальной ШЛ 434 (рис. 3).

Конструктивно станок состоит из следующих основных узлов: рама пыльная с ножовочным полотном, закрепленным на кронштейнах ползуна, перемещающегося в направляющих; кривошипно-шатунный механизм возвратно-поступательного движения ползуна; механизм вертикального перемещения пыльной рамки по направляющим; рама сварная, на которой крепятся все механизмы и узлы станка.

Привод механизмов осуществляется от электродвигателей через клиноременные передачи и червячные редукторы.

Недостатком этого способа является то, что ход пыльной рамки должен быть больше длины пропила. В противном случае в пропиле накапливается стружка и уводит полотно в сторону. Большой ход пыльной рамки значительно увеличивает габариты станка и его стоимость. Однако для ширины блока до 300 мм такая конструкция вполне применима. К тому же в качестве пыльных полотен возможно использование отработавших ресурс ленточных пил (если на участке применяется еще и ленточнопильный станок).

Ленточное пиление, которое применяется нами с 2004 г., показало высокое качество реза и лучшую производительность.

Известна разработка линии резки [3], в которой применяется от трех до пяти ленточных пил. Нашим институтом разработан комплекс резки ШЛ 444, в котором всего две ленточные пилы. Комплекс резки пеноблоков (рис. 4) внедрен в ООО «Завод строительных изделий» (г. Искитим Новосибирской области). Эксплуатация комплекса показала его достаточную производительность при качестве поверхности реза, соответствующем высшей категории по ГОСТ 21520–89.

Комплекс ШЛ 444 предназначен для продольной и поперечной резки блоков пенобетона по необходимым размерам. Комплекс резки состоит из двух ленточных пил – горизонтальной ленточной пилы (ГЛП) и вертикальной ленточной пилы (ВЛП), объединенных механизмами в единый агрегат с общей системой управления. Комплекс резки обслуживается одним оператором и подсобным рабочим, укладывающим готовую продукцию на поддоны. Комплекс одновременно обрабатывает сразу два крупноразмерных блока пенобетона – один на ГЛП, второй на ВЛП.

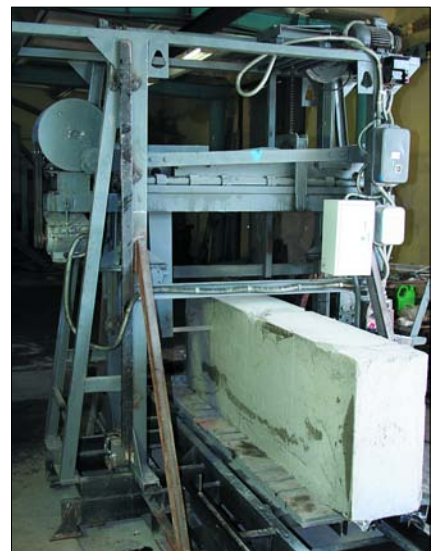


Рис. 3. Пила вертикальная ШЛ 434



Рис. 4. Комплекс резки пеноблоков ШЛ 444 в действующем производстве

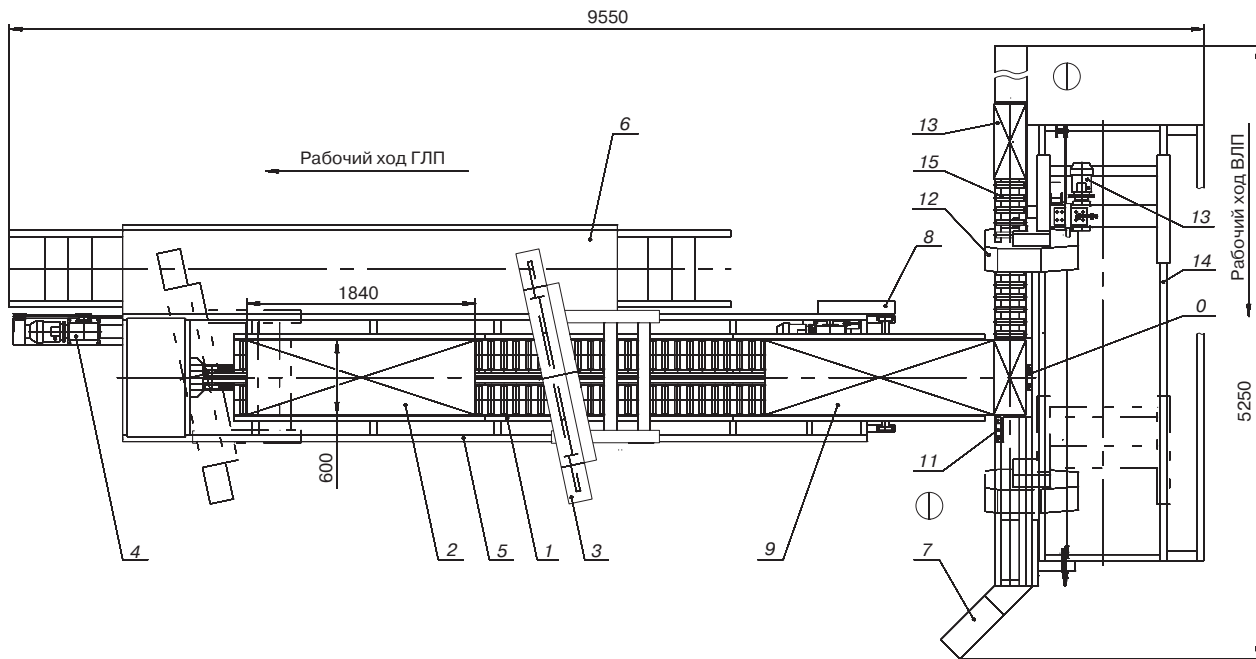


Рис. 5. Схема комплекса резки пеноблоков ШЛ 444: 1 – рольганг; 2 – блок пенобетона; 3 – горизонтальная ленточная пила (ГЛП); 4 – привод перемещения ГЛП; 5 – рельсовый путь ГЛП; 6 – площадка обслуживания; 7 – пульт управления; 8 – привод упора подачи заготовки; 9 – блок пенобетона; 10 – упор регулируемый; 11 – упор выдвигной; 12 – вертикальная ленточная пила (ВЛП); 13 – привод перемещения ВЛП; 14 – рельсовый путь ВЛП; 15 – рольганг ВЛП

Принцип работы заключается в следующем (технологическая схема комплекса показана на рис. 5): на рольганг 1 ставится блок пенобетона 2 размером 1840×600×620 мм и распиливается ГЛП 3 в продольном направлении на заготовки заданной толщины. Затем с пульта управления 7 оператор перемещает заготовку в зону действия вертикальной пилы, освобождая место для установки и обработки следующего блока. На ВЛП происходит срезка передней горбушки блока и разделение его на готовые детали. При этом пила движется вперед, производит отрезку детали от заготовки, доходит до концевого выключателя, останавливается; включается реверс, и пила обратным ходом сталкивает упором отпиленную деталь по рольгангу 15 к месту выгрузки готовой продукции. Последний рез – отпиливание задней горбушки. Отпиленная передняя и задняя горбушки проваливаются вниз в ящик-накопитель.

Техническая характеристика комплекса резки пеноблоков ШЛ 444

Марка пенобетона по плотностиD400–D600
 Габаритные размеры блока:
 длина×ширина×высота, мм1840×600×620
 Производительность, м³/ч, при размере готового блока 600×300×200 мм4
 Установленная мощность, кВт25,85
 Скорость полотна пилы линейная, м/с, до36,4
 Скорость перемещения ГЛП и ВЛП, м/с, до0,06
 Габаритные размеры комплекса:
 длина×ширина×высота, мм9550×5250×2300
 Масса, кг3000

Комплекс резки позволяет получать изделия нескольких типоразмеров, представленных в таблице.

| Длина, мм (получается из формы) | Высота, мм (получается на ГЛП) | Ширина, мм (получается на ВЛП) |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 600 | 100 | 100 |
| | 150 | 150 |
| | 200 | 200 |
| | 300 | 300 |

В соответствии с требованием стандарта размеры могут быть уменьшены на толщину растворного шва (10 мм), или клевого шва (2 мм), или, как мы предлагали [4], на толщину универсального шва (6 мм).

В настоящее время в ООО «ИНТАСТРОЙ» на базе комплекса ШЛ 444 разработан комплекс-автомат ШЛ 444А, в котором резка блока пенобетона будет осуществляться в автоматическом режиме.

При разработке ленточнопильных комплексов особенно интересный вопрос возникает в выборе габаритов крупноразмерных блоков, подлежащих распиловке. С одной стороны, чем больше габариты распиливаемого блока, тем больше производительность пиления, меньше отходов в виде «горбушек» и меньше затрат на литейные формы. С другой стороны, при этом значительно возрастают габариты пильного комплекса, может потребоваться установка дополнительных пил. Кроме того, при больших габаритах заливаемых блоков наблюдается значительный разогрев их сердцевины и снижение прочности, что особенно характерно для легких пенобетонов.

Габариты крупноразмерных блоков должны быть кратны 600 мм с припуском на пиление, поэтому на наш взгляд оптимальной является отливка 1840×600×620 мм. В одной форме можно отлить два таких блока, тогда габариты формы будут 1840×1200×620 мм при объеме заливки 1,4 м³.

Совместная эксплуатация пильного комплекса ШЛ 444 и установки фрезерования ШЛ 435 дает возможность обработки всех шести граней заготовки, обеспечивая получение как пазогребневых плит, так и широкой номенклатуры высокоточных блоков.

Список литературы

1. Шлегель И.Ф., Шавич Г.Я., Гришин П.Г., Перфильев В.П., Мирошников В.Е., Булгаков А.Н., Афанасьев Ю.Г., Жигулин А.П., Титов Г.В., Екимов А.А. Организация цеха по производству теплоизоляционного пенобетона // Строит. материалы. 2003. № 9. С. 15–17.
2. Ласиньш Х.А. Основные вопросы теории и практики работы гибких рабочих органов машин в производстве строительных изделий и конструкций. Диссертация на соискание ученой степени доктора техн. наук. Рига: «ОРГТЕХСТРОМ». 1978. 357 с.
3. Кирилин В.П. Линия резки ячеистого бетона ленточными пилами // Строит. материалы. 2005. № 12. С. 40–41.
4. Шлегель И.Ф. Необходим пересмотр не только ГОСТ 530–95 // Строит. материалы. 2002. № 10. С. 6–8.

УДК 666.973

А.А. ЗАГАРСКИХ, директор, Д.М. ХАБИРОВ, зам. директора,
ООО «Объединенная Промышленная Компания» (Калуга)

Технология и автоматизация производства мелких стеновых блоков из неавтоклавного пенобетона

Одним из самых эффективных стеновых материалов в настоящее время является ячеистый бетон. Ежегодный прогнозируемый прирост объемов производства ячеистого бетона в РФ составляет от 0,5 до 1 млн м³ в год.

Наряду с традиционной технологией получения ячеистого бетона (газобетона) по автоклавному способу, в последние 15 лет стало интенсивно развиваться производство неавтоклавного пенобетона. Его доля в целом составляет до 50 % от объема производства автоклавного газобетона.

Учитывая тенденции развития формовочно-резательного оборудования для производства мелкоштучных ячеисто-бетонных изделий, сотрудниками ООО «Объединенная промышленная компания» в 2001–2002 гг. был разработан и освоен выпуск автоматизированного резательного комплекса РК-2М с лебедочным механизмом привода подачи массивов при позиционировании под модулями поперечной и продольной резки. Впоследствии лебедочный транспортер был заменен на цепной и изменена схема подачи массивов, в результате чего производительность комплекса РК-3 выросла в два раза. В 2005 г. освоен выпуск резательного комплекса РК-3М для резки массивов с увеличенными габаритами.

Краткие технические характеристики резательных комплексов приведены в табл. 1.

Резка массивов ведется струнами с навивкой. Частота колебаний струн, скорость подъема и время позиционирования в нижнем положении рамных модулей поперечной и продольной резки задается по программируемой циклограмме, что обеспечивает дорезку донной части массива. Точность резки находится в пределах $\pm 1,5$ мм. Получаемая после резки поверхность изделий с мелким

рифленным рисунком способствует лучшему сцеплению кладочного и штукатурного растворов. Уплотненный поверхностный слой имеет вариотропное строение, отслаивание его никогда не наблюдалось.

За 2002–2005 гг. специалистами ООО «ОПК» было выпущено 48 резательных комплексов различных модификаций, которые сейчас работают в разных регионах РФ и СНГ. Резательные комплексы используются при производстве стеновых блоков из неавтоклавного пенобетона в сочетании с любыми установками.

Основными проблемами в технологии пенобетона являются неточная дозировка сырья, неоднородность смеси, отклонение геометрических размеров, неудовлетворительные физико-технические показатели. Поэтому при разработке оборудования автоматизированных линий для производства стеновых блоков из пенобетона перед специалистами ООО «ОПК» были поставлены следующие задачи:

- автоматизация системы контроля и управления всеми стадиями технологического процесса приготовления пенобетонной смеси;
- повышение точности дозировки сырьевых компонентов до ± 1 мас. %;
- получение однородной по плотности и гомогенной по структуре нерасслаиваемой пенобетонной смеси;
- получение стеновых блоков с геометрическими параметрами и предельными отклонениями, удовлетворяющими требованиям ГОСТ 21520 для категории кладки на клей;
- механизация транспортных операций с переходом к конвейерной схеме производства.

Таблица 1

| Параметры | Марка резательного комплекса | | |
|---|--|--------------|---------------|
| | РК-2М | РК-3 | РК-3М |
| Номинальные размеры массива, мм | 1200×800×600 | 1200×800×600 | 1200×1200×600 |
| Установленная мощность электрооборудования, кВт | 12 | | |
| Мощность энергопотребления, кВт | 4,4 | 7,5 | 7,5 |
| Габаритные установочные размеры с транспортером, м | 12×3,1×3,3 | 11×3,1×3,3 | 12×3,1×3,3 |
| Производительность, м ³ /ч | 4 | 8 | 12 |
| Обслуживающий персонал, человек | 1 | | |
| Количество одновременно разрезаемых массивов, шт. | 1 | 2 | 2 |
| Базовые размеры блоков, мм стенные перегородочные | 588(598)×300(295)×188(198) 588(598)×300(295)×88(98) | | |

Таблица 2

| Цемент | | Заполнитель | | СП-1, % от массы цемента | Пенообразователь, кг | Объем пены, л | В/Т | Марка по средней плотности | Класс по прочности при сжатии |
|----------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|----------------------|---------------|------|----------------------------|-------------------------------|
| Марка | Плотность, кг/м ³ | Вид | Плотность, кг/м ³ | | | | | | |
| ПЦ500Д20 | 320 | Песок, M _{кр} = 1,3 | 250 | 0,8 | 1,16 | 680 | 0,32 | D600 | B1,5 |
| ШПЦ400 | 350 | Зола уноса | 210 | 0,4 | 1,08 | 635 | 0,4 | D600 | B2 |
| ПЦ500Д20 | 280 | Мука известняковая | 190 | 0,5 | 1,23 | 720 | 0,38 | D500 | B1,5 |
| ШПЦ400 | 300 | Зола уноса | 170 | 0,5 | 1,19 | 700 | 0,45 | D500 | B1,5 |

Необходимо было также решить несколько задач в технологии неавтоклавного пенобетона:

- разработка составов неавтоклавного пенобетона с маркой плотности D500–D600 и классом прочности при сжатии B1,5–B2 на основе местных сырьевых ресурсов, в том числе при использовании немолотого кварцевого песка;
- снижение расхода цемента до экономически приемлемого уровня 280–350 кг/м³, в том числе при использовании шлакопортландцемента;
- получение пластической прочности массива, достаточной для резки через 3–4 ч и прочности блоков в возрасте 1 сут не менее 60% от марочной, с минимальными энергозатратами на тепловую обработку.

Пенобетонная смесь отличается высоким водосодержанием. Водотвердое отношение (В/Т) для пенобетона плотностью D500–D600 достигает значений 0,5–0,7, что ведет к увеличению времени набора пластической прочности, снижению прочности межпоровых перегородок, повышенной остаточной влажности и усадочной деформации. Для ускорения процесса схватывания увеличивают температуру пенобетонной смеси до 30–40°C. Водосодержание при этом еще более возрастает.

Для уменьшения В/Т применяются пластифицирующие добавки. При отработке составов выяснилось, что использование суперпластификатора СП-1 (С-3) ведет к снижению В/Т на 20%, но пенобетонные смеси с повышенной температурой на основе ряда отечественных и зарубежных пенообразователей отличаются повышенным расслоением, наблюдается осадка смеси («кипение»), вплоть до полной потери пористой структуры. Поэтому были разработаны состав и технология получения пенообразующей добавки ПК-1и, при использовании которой в состав пенобетонной смеси с T_{см}=35–40°C можно вводить СП-1 до 0,4–0,8% от массы цемента. При этом В/Т = 0,32–0,45 и расход цемента составляет 280–350 кг/м³.

Структура получаемого пенобетона схожа со структурой газобетона и характеризуется равномерным распределением пор. Диаметр ячеек составляет 1,5–3 мм. Ячейки имеют утолщенные межпоровые стенки, благодаря которым в состав пенобетонной смеси можно вводить мелкий песок. Однако использование немолотого песка не позволяет получить пенобетон с маркой по плотности D500 и ниже с удовлетворительными физико-механическими характеристиками. Поэтому в качестве заполнителей использовались готовые высокодисперсные продукты, не требующие предварительного помола, – карбонатная (известняковая) минеральная добавка, зола уноса ТЭЦ, молотый гранулированный шлак и др. В табл. 2 приведены составы и физико-механические характеристики пенобетона D500–D600, полученные в производственных условиях на оборудовании ООО «ОПК».

Автоматизированная технологическая линия по производству стеновых блоков из пенобетона ПБЗ-120А

состоит из крупных элементов полной заводской готовности, приспособленных для перевозки и монтажа. За счет этого срок строительно-монтажных и пусконаладочных работ может быть сокращен до 2–3 месяцев.

В состав линии ПБЗ-120А могут входить:

- дозатор и смеситель компонентов ДСК;
- дозатор и смеситель жидких компонентов СДЖК-3п;
- резательный комплекс РК-3М;
- установка приемки песка УПП;
- конвейерная линия КЛ 4×16;
- силос-накопитель для сухих компонентов СН.

Кроме того, в комплект оборудования входят ленточные и винтовые транспортеры в зависимости от принятой у заказчика схемы подачи сырья, а также формоснастка.

Краткая характеристика линии ПБЗ-120А

| | |
|--|-------------|
| Максимальная производительность, м ³ /сут, не более | ... 120 |
| Годовой объем производства стеновых блоков по ГОСТ 21520–89, тыс. м ³ | ... 30 |
| Объем массива, м ³ | ... 0,87 |
| Продолжительность формовки массива, мин | ... 11 |
| Продолжительность выдержки массива, ч | |
| до резки | ... 3–4 |
| до штабелирования | ... 10–12 |
| Минимальный складской запас, т | |
| цемента | ... 30 |
| наполнителя | ... 30 |
| Установленная мощность оборудования + подогрев воды, кВт | ... 20 + 45 |
| Потребление воды, т/сут | ... 30 |
| Потребление воздуха (0,8 МПа), л/ч | ... 2500 |
| Масса, т | ... 32 |

Основной агрегат дозировочно-смесительного модуля (ДСК) (рис. 1) – смеситель объемом 1,2 м³, для которого найдены оптимальные конфигурации лопастей, угловой скорости и направления потоков массопереноса, обеспечивающих смешивание пены плотностью 75 г/дм³ с цементно-растворной смесью плотностью 2200 г/дм³ в течение 60–70 с. Проверка в производственных условиях показала, что разница плотностей верхнего и нижнего слоев пенобетонной смеси после заливки в форму высотой 0,6 м составляет 15–20 г/дм³.

В конструкции пеногенератора дозировка пены производится не по времени работы пеногенератора, а по объему рабочего раствора пенообразующей добавки, который задается программой. Для дозировки компонентов разработаны специальные дозаторы с винтовыми питателями. Благодаря компактности из них можно собрать модульную секцию для введения от 1 до 4 сырьевых сыпучих компонентов; шнек обеспечивает их плавную подачу в смеситель, что предупреждает заклинивание вала. Диапазон взвешивания цемента от 2 до 400 кг, наполнителей – от 2 до 600 кг.



Рис. 1. Дозирующе-смесительный модуль

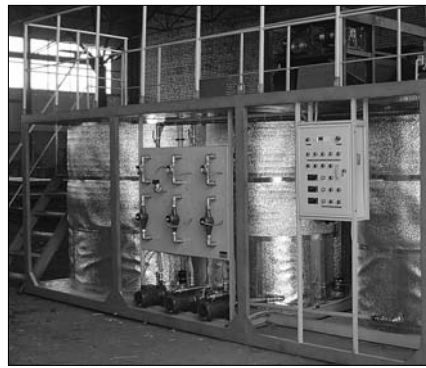


Рис. 2. Дозатор – смеситель компонентов ДСК, дозатор и смеситель жидких компонентов СДЖК

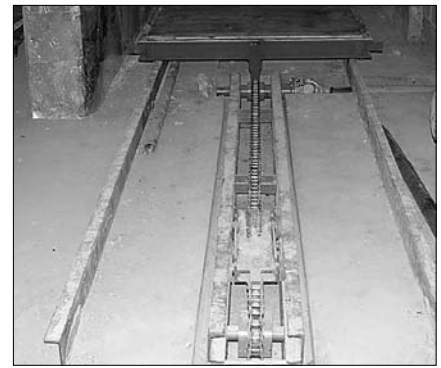


Рис. 3. Конвейерная линия созревания пенобетонных массивов КЛ 4×16

Автоматизированная система управления технологической линии ПБЗ-120А обеспечивает требуемое качество изделий из неавтоклавного пенобетона и состоит из трех подсистем:

- подсистема автоматизации процесса приготовления пенобетонной смеси;
- подсистема автоматизированного управления конвейерной линией созревания пенобетонных массивов КЛ 4×16;
- подсистема резки массивов.

Управление совместной работой загрузочных транспортеров, ДСК и СДЖК (рис. 2) производится со щита электронного управления. Подсистема автоматизации процесса приготовления пенобетонной смеси выполняет следующие функции:

- по заданию оператора введение весовых доз сыпучих и объемных доз жидких компонентов и индикацию заданных значений;
- введение временных параметров программируемой циклограммы по последовательности дозирования, загрузки и работы всех узлов смесительного модуля;
- оперативную коррекцию заданных значений дозирования и временных параметров работы внутри цикла;
- индикацию фактических значений массы и объемов дозированных компонентов;
- автоматическое взвешивание компонентов в соответствии с заданными значениями;
- автоматическое заблокированное управление выгрузкой компонентов через дозирующее устройство и работой смесителя по заданной циклограмме;
- индикацию работы механизмов на всех стадиях процесса и сигнализацию окончания цикла работы.

Подсистема автоматизации имеет четыре режима работы – автоматический, полуавтоматический, ручной, дистанционный.

В автоматическом режиме управление всем циклом процесса взвешивания, дозирования компонентов и приготовления пенобетонной смеси осуществляется микропроцессором. Технологические параметры задаются оператором. Коррекция доз компонентов может выполняться как между циклами, так и в ходе цикла до окончания работы любого из подциклов. Выгрузка готовой пенобетонной смеси осуществляется оператором по сигналу окончания цикла.

В полуавтоматическом режиме весь цикл приготовления разбивается на несколько подциклов. Пуск работы каждого из подциклов осуществляется оператором.

В ручном режиме управление процессом дозирования компонентов и работы смесителя ведется с пульта управления по информации ламп сигнализации, отражающихся на мнемосхеме и экране дисплея.

Дистанционный режим предназначен для выполнения пуска наладки и ведется с переносного пульта.

Подсистема конвейерной линии созревания пенобетонных массивов КЛ 4×16 (рис. 3) предназначена для

полуавтоматической транспортировки технологических форм-тележек к месту выдержки. Управление КЛ 4×16 осуществляется оператором с пульта загрузки и пульта выгрузки. Электрооборудование, осуществляющее привод цепных транспортеров с цепным устройством, которое позволяет производить автоматическое вычисление мест установки тележек, необходимые блокировки, контролировать наполнение линий.

Подсистема автоматического управления резательного комплекса обеспечивает согласованную работу исполнительных механизмов для операций транспортирования тележек с массивами, калибровки массива, позиционирование тележек под модули резки в продольном и поперечном направлениях. Подъем и опускание модулей производится электромеханическим приводом через систему полиспастов от преобразователя частоты по программируемой циклограмме, что позволяет регулировать скорость резки, время нахождения рам модулей в нижнем положении для дорезки донной части массива. Предусмотрено два режима работы резательного комплекса – автоматический и ручной.

Технологическая линия по производству пенобетонных блоков ПБЗ-120А может быть размещена в зданиях цехов заводов ЖБИ, ДСК, а также в бывших складских и гаражных отопляемых помещениях с высотой до 3 м и шириной пролета не менее 12 м. Благодаря конвейерной схеме не требуется грузовых кранов.

Готовые стеновые блоки пакетируют, стягивают упаковочной лентой и погрузчиком подают на склад готовой продукции.

Производство мелких стеновых блоков из неавтоклавного пенобетона на технологических линиях ООО «ОПК» освоено на ряде предприятий в Башкортостане, Бурятии, Калужской обл., Московской обл., Брянске, Красноярске, Москве. В 2007 г. будут запущены технологические линии ПБЗ-120А в Иркутске, Оренбурге, Пензе, Смоленской и Мурманской обл.

В настоящее время на одном из предприятий проводятся промышленные испытания резательного комплекса нового поколения РИФ-1, в котором принципиально изменены кинематическая схема режущего органа, механизмы подачи и транспортировки массивов, а также применена новая схема автоматизации процесса резки, благодаря чему удастся производить быструю перенастройку процесса резки массива на любые размеры стеновых блоков и повысить точность реза до $\pm 0,5$ мм. Также ведется разработка завода-автомата с применением роботизированных комплексов и линий на всех стадиях технологических переделов; работы по получению конструкционно-теплоизоляционного пенобетона с маркой плотности ниже D500, снижению расхода цемента до 160–200 кг/м³; разработка принципиально новой технологии получения неавтоклавного ячеистого бетона, а также применение других видов вяжущих для альтернативной замены цемента.

Автоматизированный резательный агрегат АРАП «Сочи-5»

Еще 10 лет назад установок для резки пенобетонных блоков практически не существовало. Встречались ручные распиловочные агрегаты и небольшие струнные машины кустарного производства. Но потребность резать пенобетон на блоки с хорошей геометрией заставила многие фирмы начать разработку подобных установок.

Сегодня на рынке появился выбор резательных агрегатов, которые режут пенобетонные массивы различными способами.

Основные проблемы при резке моноблоков из пенобетона с использованием различных способов резки:

- *Для струнных резательных машин:*
 - неровный рез из-за большой длины струны, невозможности дать ей большое натяжение, горизонтального расположения струн (при отсутствии операции кантования блока) и огибания струной высокоплотных включений;
 - очень строгое временное соблюдение момента начала резки моноблока (при промедлении на 2–3 ч струна не может прорезать более прочный пенобетонный массив);
 - вынос обрести из места пропила;
 - режущий инструмент — витая струна не всегда легко доступен и часто имеет высокую цену.

- *Для дисковых резательных машин:*
 - резка моноблока высотой 600 мм требует или один диск большого диаметра, либо два диска, точно совмещенных по линии реза. И первое, и второе решения достаточно дорогостоящи. Биение дисков приводит к некачественному резу;
 - заточка диска (дисков) требует специальных приспособлений и дорогостоящая;
 - вхождение быстро раскрученного диска в тело моноблока и выход пыльного диска из него вырывает кусочки пенобетона. Блоки имеют сколы. Для решения этой проблемы нужно дать моноблоку набрать большую прочность, но в этом случае при резке образуется

много пыли, а пилы тупятся и изнашиваются быстрее.

Для резательных машин с ленточными пилами:

- сколы при вхождении полотна в массив и выходе из него также существуют. При резке затвердевшего моноблока полотно «гуляет», и рез получается немного волнистым. Натянуть полотно сильнее невозможно;
- невозможность скомпоновать пилы под простое протаскивание моноблока требует механизма подачи и, возможно, кантователя. Кантовать пенобетонный блок можно только в достаточно твердом состоянии, а это дополнительное время на затвердевание. Механизмы подачи и кантования дорогостоящи;
- ленточные пилы имеют усталость, поэтому через несколько часов работы, требуется их снимать и выворачивать в обратную сторону, давая выдержку по времени. Продолжать рез можно новым комплектом, который уже прошел такую выдержку. Ленточные пилы для абразивных материалов, каким является пенобетон, достаточно дороги и не встречаются в широкой продаже.

Поиск решения вышеперечисленных проблем привел к созданию резательного комплекса АРАП «Сочи-5».

Первый резательный агрегат «Сочи-1» появился четыре года назад. Он имел одну режущую цепь и передвигался по моноблоку по направляющим, отрезая изделия последовательно.

Требовалось проверить поведение цепи при резке пенобетона разных плотностей и определить ресурс работы режущего элемента.

Несколько лет испытаний и усовершенствований привели к кардинальным изменениям конструкции резательного комплекса. Создан резательный комплекс АРАП «Сочи-5».

Технические характеристики резательного комплекса АРАП «Сочи-5»

| | |
|---|--|
| Производительность, м ³ /ч | до 15 |
| Установленная мощность, кВт |14 |
| Напольная площадь установки, мм |5350×5680 |
| Масса, кг |1900 |
| Точность реза, мм |±1 |
| Режим работы |автоматический |
| Режущее тело |цепь (расположена вертикально) |
| Количество цепей |7 |
| Ширина пропила, мм |9 |
| Максимальная высота реза, мм |600 |
| Размер массива (моноблока) пенобетона, мм |1219×1026×600 |
| Размер форм для получения массива пенобетона, мм |1219×1026×600 |
| Размеры блоков — основной типоразмер, мм |198×295×598 |
| Количество резаных граней в блоке |4 (3) |
| Ограничение по твердости пенобетона — не рекомендуется пилить пенобетон с прочностью выше, кг/см ² |7 |

Разрезание моноблока производится цепями при проталкивании моноблока поочередно во взаимно перпендикулярных направлениях (рис. 2). Благодаря короткому резу сильно натянутой цепью рез получается абсолютно ровный, независимо от неоднородностей внутри массива (рис. 3).



Рис. 1. Резательный комплекс АРАП «Сочи-5»



Рис. 2. Рез в продольном направлении



Рис. 3. Готовые блоки. Точность реза 1 мм. Высокое качество поверхности блока

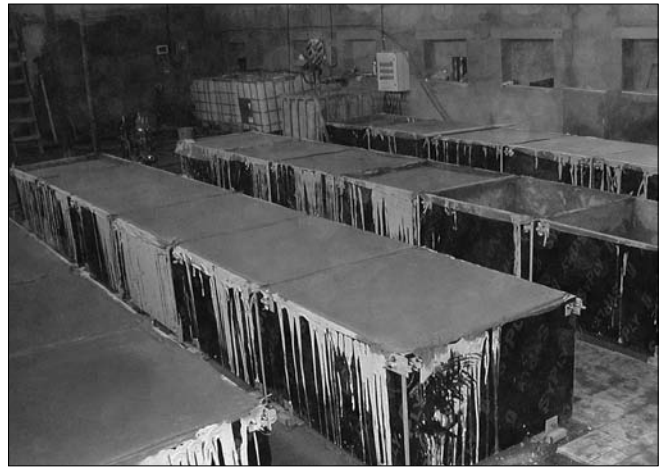


Рис. 4. Моноформа «Лотос»

Также решены следующие проблемы:

- недорез снизу отсутствует благодаря вертикальному расположению режущих цепей;
- рез возможен для блоков плотностью от 200 кг/м³ и выше и не ограничен сроком набора моноблоком прочности. Испытания показали, что блок плотностью 700 кг/м³ режется и на третий и на четвертый день;
- режущее тело — цепь продается в ближайшем хозяйственном магазине и стоит недорого. Стоимость цепи в пересчете на 1 м³ порезанных блоков находится в пределе 10 р.;
- заточка цепей не требуется. После износа цепи заменяются на новые в течение 1 ч;
- входение цепи в моноблок и выход из моноблока медленное благодаря контролеру, который имеет программу по скорости проталкивания моноблока через цепи. Имеется регулировка, которая позволяет дополнительно

изменять скорость проталкивания моноблока даже во время реза, что позволяет оператору оптимизировать скорость разрезания моноблока;

- поступательное движение моноблока через цепи обеспечено электродвигателем. Для плавного скольжения моноблока по резательному столу стол имеет антифрикционную поверхность, которая почти в два раза снижает коэффициент трения массива при движении;
- подача моноблока на резательный стол и снятие порезанных блоков на поддон производится кран-балкой и захватом. Размер моноблока соответствует размеру поддона 1000×1200 мм;
- ширина реза 9 мм. Обрез выносятся из места пропила и собирается в бункерах под цепями. Обрез может быть использована повторно, без дополнительной переработки для получения пенобетона;

— для устранения проблемы растяжения цепей в процессе реза стоят пружинные компенсаторы, которые требуют подтяжки по мере вытягивания цепей.

Все резательные комплексы, как правило, привязаны к размеру моноблока, т. е. требуют использования специальных моноформ, являющихся частью технологической цепочки.

Для АРАП «Сочи-5» разработаны моноформы «Лотос» (рис. 4) кратностью 1,2, которые также отличаются от традиционных. Они сделаны из опалубочной фанеры, при распахивании бортов открываются на 40°, как цветок лепестки. Это позволяет ускорить время разборки моноформ для извлечения моноблоков и также ускоряет сборку. Дополнительные преимущества также в том, что тепло, выделяющееся в результате твердения пенобетона, не рассеивается в пространство, а сохраняется фанерой, что положительно сказывается на кинетике набора прочности пенобетоном. Прилипание пенобетона к поверхности формы отсутствует.



Пенобетонные технологии СОТИМ

- ◆ Линии по производству пенобетонных блоков (до 150 м³/сутки)
- ◆ Мобильный комплекс «Пенобетон МК-1»
- ◆ Автоматизированный резательный комплекс АРАП «Сочи-5»

ООО «Пенобетонные технологии СОТИМ»
Тел.: (4725) 42-17-05, (910)745-62-38
E-mail: s7456238@yandex.ru www: www.fconcrete.com

СОБЫТИЯ

ОАО «Бикор» – 60 лет успешной деятельности

ОАО «Бикор» было создано в 1947 г. путем преобразования строительной базы № 7 МПС в Тучковский завод железобетонных конструкций. Ее директором многие годы является заслуженный строитель Московской обл. В.М. Бурмака.

В настоящее время компания производит более 180 наименований изделий. За годы существования предприятия численность работающих выросла с 47 до 578 человек.

На предприятии реконструирована и переоснащена производственная база, введен в строй новый бетоносмесительный узел, что позволило увеличить объем производства бетонной смеси до 15 тыс. м³ бетона в месяц, приобретены металлические формы для выпуска опор контактной сети. В формовочных цехах заменены вибростолы, введены две линии по выпуску пустотных плит перекрытия. В результате объем выпускаемой продукции увеличился на 34%.

Наряду с выпуском железобетонных конструкций и товарного бетона ОАО «Бикор» осуществляет строи-

тельство и реконструкцию промышленных, гражданских, дорожных объектов.

Многие годы предприятие служит базовой площадкой для проведения ежегодного конкурса профессионального мастерства среди предприятий строительного комплекса Московской области по профессии «Формовщик железобетонных изделий и конструкций».

ОАО «Бикор» является победителем Всероссийского конкурса на лучшую строительную организацию, предприятие стройиндустрии и промышленности строительных материалов и заслуженно носит звание Лидера строительного комплекса России.

Помимо производственной деятельности, коллектив, руководимый В.М. Бурмакой, осуществляет большую социальную программу, поддерживая детские дошкольные учреждения, школу, социальный детский приют, районную больницу и др.

Редакция журнала «Строительные материалы»® искренне поздравляет коллектив ОАО «Бикор» с юбилеем и желает дальнейшего процветания и новых успехов!

Емкость рынка товарного бетона и раствора Московского региона к 2010 г. составит более 9 млн м³

По данным исследования, проведенного ИА «INFOLine», в настоящее время емкость рынка товарного бетона Московского региона составляет более 5 млн м³ (без учета потребления в дорожном и инфраструктурном строительстве). Рынок товарного бетона Московского региона более чем в два раза превышает показатели рынка Санкт-Петербурга, который является вторым по величине в России.

Основной объем потребления товарного бетона и раствора в России приходится на предприятия строительной отрасли – жилищное, административное и промышленное строительство. В Москве и ближайшем Подмосковье 60–70% товарного бетона производится и потребляется в рамках вертикально-интегрированных строительных компаний. В других городах России также существует подобная практика, но доля внутрикорпоративных поставок обычно не превышает 20% рынка.

Наиболее значимым этапом развития рынка бетона является строительство 93-этажной башни «Восток»,

входящей в ММДЦ «Москва-Сити» высотой 354 м – объем фундаментной плиты составил 14 тыс. м³ модифицированного бетона класса В50, что является самой большой в мире единовременной заливкой.

Основными тенденциями развития рынка бетона являются:

- резкий рост объемов спроса на товарный бетон в Московской обл., обусловивший создание ряда крупных РБУ на базе зарубежного оборудования и переориентации ряда московских производителей на областной рынок;
- активизация спроса на высокомарочные бетоны классов В50–В90 в связи с развитием высотного строительства (башня «Федерация», другие объекты ММДЦ «Москва-Сити», «Новое кольцо Москвы»);
- наращивание объемов инвестиций в увеличение и реконструкцию БСУ производителями бетона, обусловившее увеличение закупок высокопроизводительного бетоносмесительного оборудования.

По материалам ИА «INFOLine»

На апрельских торгах МФБ установлен рекордный показатель оборота по продаже цемента

В секции товарного рынка НП «Московская фондовая биржа» зарегистрировано 605 сделок, продано 678,4 тыс. т товара на общую сумму около 2 млрд р. Торги проводились для поставок в 54 региона. Для поставки в Москву и Московскую обл. с заводов ЗАО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп» зарегистрировано 162 сделки, продано 284,7 тыс. т товара на общую сумму более 770 млн р.

На региональных торгах заключено 440 сделок на сумму более 950 млн р, продано 392,2 т товара. Начались торги с поставками в Чечню, Адыгею, Ямало-Ненецкий АО, Калининградскую область.

Помимо заводов, входящих в ОАО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп», в качестве продавцов в торгах принимали участие ОАО «Балцем», Украина (продано 1000 т товара на сумму

2,3 млн р) и ОАО «Мордовцемент» (продано 500 т товара на сумму 1,25 млн р).

Оборот денежных средств по торгам цементом за первые три месяца 2007 г. вырос более чем на 2% по сравнению с аналогичным показателем за весь период торгов 2006 г. Установленный в апреле рекордный показатель объема торгов более чем 1,5 раза превосходит ранее достигнутый рекордный показатель в сентябре 2006 г. (1,73 млрд р против 642 млн р), количество сделок возросло вдвое (605 сделок против 318), количество проданного товара увеличилось с 304,97 тыс. т до 678,4 тыс. т. С июля 2006 г. по апрель 2007 г. общий объем проданного цемента составил свыше 2,5 млн т на сумму свыше 5,7 млрд р., заключено 2567 сделок.

По сообщению пресс-службы МФБ

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Крупнейшие производители дробильного оборудования объединяются

ОАО «Дробмаш» (Нижегородская обл.) и ООО «ОМЗ-Дробильно-размольное оборудование» (Екатеринбург), входящее в холдинг «Объединенные машиностроительные заводы» подписали партнерское соглашение, в рамках которого стороны обязуются рекомендовать клиентам продукцию друг друга и таким образом рассчитывают укрепить свои позиции в условиях ужесточающейся конкуренции с импортом. В последние годы доля отечественных компаний на рынке дробильного оборудования ежегодно сокращается на 3–5%, а соглашение позволит компаниям сохранить клиентскую базу. Партнерское соглашение предусматривает, что при комплектовании технологических линий стороны будут рекомендовать клиентам не только собственное оборудование, но и продукцию своих партнеров, а также совместно участвовать в разработке технических решений производственных задач потребителей.

За счет соглашения стороны рассчитывают укрепить свои позиции на рынке и противостоять крупнейшим мировым производителям, которые в последнее время наращивают объемы продаж в России. Конкуренция

между продуктами компаний фактически исключена, так как основная номенклатура ОАО «Дробмаш» представлена оборудованием средней мощности, а в номенклатуре ООО «ОМЗ-ДРО» преобладает оборудование большей мощности. Каждая из компаний входит в число крупнейших в своем сегменте.

ОАО «Дробмаш» — один из крупнейших разработчиков и производителей дробильно-сортировочного оборудования, в том числе передвижных и транспортных агрегатов для комплектования технологических линий и мини-заводов по производству щебня и других строительных материалов. Объем продаж по итогам 2006 г. составил 953 млн р.

ООО «ОМЗ — Дробильно-размольное оборудование» — один из основных поставщиков дробильно-размольного оборудования для горно-обогачительных комбинатов, специализируется на инжиниринге, продажах и сервисном обслуживании. Объем продаж по итогам 2006 г. — 800 млн р, портфель заказов на 2007 г. сформирован в сумме более 1,1 млрд р.

По материалам
ОАО «Дробмаш»

Новый завод будет вырабатывать цемент сухим способом

Строительство нового завода по производству цемента с использованием передовой технологии ведется в 122 км северо-восточнее г. Шар Жарминского района Восточно-Казахстанской области. Этот проект вошел в число приоритетных для дальнейшего развития республики. Участниками проекта являются Казахстан и Китай. Основные строительные-монтажные работы будут осуществляться китайскими компаниями. Главным фактором, повлиявшим на выбор площадки, стало наличие уникальных месторождений основных сырьевых компонентов, а также транспортных магистралей в г. Шар.

Выпуск цемента по новым технологиям позволит значительно сократить потребление угля до 40%, электроэнергии — на 20%, воды — на 35%. Все это снизит себестоимость продукта на 25–30%.

Наряду с рядовыми портландцементами марок ПЦ400Д0, ПЦ400Д20 и ПЦ500 планируется наладить производство сульфатостойкого и тампонажного цемента для нужд нефтяной и газовой промышленности, а также для применения в районах с агрессивными почвами. На производстве будут задействованы местные кадры. После ввода завода в эксплуатацию цементная компания предоставит около 450 рабочих мест.

Общая стоимость проекта строительства цементного завода составляет 75 млн USD. В эту сумму входят заемные средства АО «Банк развития Казахстана» в размере 50 млн USD, выделенные ТОО «Казахцемент». Реализация проекта осуществляется поэтапно. Выход на проектную мощность — 1 млн т цемента в год, запланирован на 2008–2013 гг.

По материалам
АО НК «Казинформ»

Компания MC Bauchemie Russia запустила автоматизированную линию по розливу праймеров

Рецептуры грунтовочных составов марки Плитонит специалисты предприятия разработали еще в 2002 г. На начальном этапе изготовления праймеров у компании MC Bauchemie Russia не было достаточных мощностей для производства данных продуктов, поэтому их выпуск в 2004 г. осуществлялся по заказу компаний сторонними организациями. В 2005 г. на производстве по выпуску добавок в бетоны был организован участок по розливу грунтовочных составов вручную.

Поставщиком оборудования для организации собственной линии розлива была определена немецкая компания VCG Fluessigkeitsfuellmaschinen. В состав новой линии входит дозатор, укупорщик, узел индук-

ционной запайки, этикетировщик и маркиратор. Новое оборудование позволяет выпускать продукцию в таре от 1 до 10 л. В ближайшее время появятся емкости 0,5 л.

В настоящее время подобные линии широко используются для розлива питьевой воды, автохимии, в молочном производстве и др. Надо отметить, что в отрасли производства сухих строительных смесей немногие производители имеют подобные автоматические линии розлива грунтовочных составов. Производительность линии при тарировании готовой продукции в литровые емкости составляет 500 шт./ч, а в 10-литровые — 170 шт./ч.

PR-служба компании
MC Bauchemie Russia

М.Б. МЕДВЕДЕВ, директор, И.Н. ВАСИЛЬЕВ, главный инженер,
ООО «УПТК Стройснабжение» (г. Протвино Московской обл.)

Экономические аспекты производства пенобетона методом баротехнологии

ООО «УПТК Стройснабжение» занимается проектированием, комплектованием, изготовлением, поставкой и шеф-монтажом технологических линий для производства стеновых блоков из неавтоклавного ячеистого бетона, а также производством изделий из ячеистого бетона. Одной из своих задач мы видим содействие при выборе надежного и продуктивного оборудования, создающего максимальный экономический эффект.

Технология производства ячеистого бетона, предлагаемая ООО «УПТК Стройснабжение», основана на способе сухой минерализации пены по баротехнологии. В этом случае процесс перемешивания пены с цементом и песком осуществляется в герметичном бетоносмесителе, допускающем создание внутреннего избыточного давления при помощи компрессора и подачи пенобетонной смеси с помощью сжатого воздуха к месту укладки.

В комплект оборудования входит баросмеситель, пеногенератор, компрессор и пеносмеситель.

Баросмеситель на базе промышленного пневмонагнетателя бетонных смесей ПБУ-1 предназначен для приготовления бетонных и пенобетонных растворов и подачи их по шлангам с помощью сжатого воздуха к месту укладки.

| | |
|---------------------------------------|--------------------|
| Производительность, м ³ /ч | 6–8 |
| Вместимость, л | 1100 |
| Мощность, кВт | 5,5 |
| Рабочее давление, МПа | 0,7 |
| Дальность подачи раствора, м: | |
| по горизонтали | 140 |
| по вертикали | 40 |
| Габариты, мм | 2800 × 1200 × 1400 |
| Масса, кг | 1340 |

Пеногенератор позволяет получить из пенного раствора мелкодисперсную, однородную и устойчивую пену заданной кратности с равномерно распределенными пузырьками воздуха. Плотность пены регулируется в пределах 140–400 г/л, что обеспечивает производство пенобетона в диапазоне плотностей 300–1200 кг/м³.

Компрессор марки С-415 с рабочим давлением 10 атм, объемом ресивера 250 л и производительностью 630 л/мин предназначен для создания и подачи сжатого воздуха в пеногенератор и баросмеситель.

Пеносмеситель обеспечивает приготовление пенного раствора из воды и пенообразователя.

Оборудование для производства пеноблоков предназначено для получения блоков из пенобетонного массива в соответствии с требованиями ГОСТ 21520–89.

В комплект входит: резательный комплекс, захватное устройство, формы для пенобетона, траверса.

Технология производства пенобетона

Технология производства пенобетона предусматривает создание пеногенератором низкократной пены и совмещение ее с сухими компонентами (цементом и песком) в герметичном смесителе, допускающем создание внутрен-

него избыточного давления при помощи компрессора. Пенобетонная смесь после перемешивания подвергается воздействию давления. Поскольку газ (воздух) сжимаем, то при повышенном давлении пузырьки пены сжимаются пропорционально величине избыточного давления. В сжатом состоянии пузырьки упрочняются. В результате в смесителе находится строительный раствор, в котором равномерно распределяется потенция пены.

В таком состоянии пенобетонную смесь можно транспортировать способом пневмоподачи на любое расстояние без разрушения структуры. Учитывая это, герметичный смеситель должен сам выполнять функцию пневмокамерного насоса. Пенобетонная смесь в процессе транспортирования из баросмесителя восстанавливается из-за обратного перепада давления под воздействием сжатого воздуха.

Получаемая пенобетонная смесь имеет высокую агрегативную устойчивость к усадке и расслоению, пластичность, а готовые изделия характеризуются однородной мелкопористой макроструктурой.

Преимущества технологии пенобетона сухой минерализации:

- низкие водотвердое отношение и расход пенообразователя, что обеспечивает быстрое твердение и улучшение свойств блоков;
- возможность изготовления пеносмеси широкого диапазона плотностей (400–1200 кг/м³) на одной установке и высокой точности ее регулирования;
- возможность перекачивания пенобетонной смеси на большие расстояния (до 115 м по горизонтали и до 40 м по вертикали);
- возможность использования материала в монолитном и сборно-монолитном домостроении при плотности 400–1400 кг/м³.

Очень важным преимуществом является предельная простота и унифицированность всего оборудования.

Технология производства пеноблоков

Блоки из пенобетона изготавливают по литевой и резательной технологиям. Рассмотрим подробно данные технологии на примерах.

В литевой технологии производства пеноблоков пенобетонная смесь заливается в металлические каскетные формы пенобетона с заданными размерами ячеек.

Форма для пенобетона состоит из поддона, 4 откидных бортов, замков и разделительных перегородок. Заливка пенобетона в формы производится без вибрации с последующим разравниванием поверхности металлической линейкой.

Заполненные пенобетонной смесью формы выдерживаются в естественных условиях до двух суток для набора начальной прочности изделий, которая позволит осуществить распалубку форм и извлечение блоков. Распалубка формы пенобетона производится поэтапно: выбивание замков, откидывание бортов, извлечение разделительных перегородок с помощью механических

Таблица 1

| | 1-й день | 2-й день | 3-й день |
|----------------------|---|---|---|
| Первый комплект форм | <ul style="list-style-type: none"> - распалубка и снятие блоков - очистка и смазка форм - сборка форм - заливка формы пенобетоном | <ul style="list-style-type: none"> - выдерживание блоков в форме для набора прочности | <ul style="list-style-type: none"> - распалубка и снятие блоков - очистка и смазка форм - сборка форм - заливка формы пенобетоном |
| Второй комплект форм | <ul style="list-style-type: none"> - выдерживание блоков в форме для набора прочности | <ul style="list-style-type: none"> - распалубка и снятие блоков - очистка и смазка форм - сборка форм - заливка формы пенобетоном | <ul style="list-style-type: none"> - выдерживание блоков в форме для набора прочности |
| Производительность | 10 м ³ | 10 м ³ | 10 м ³ |

средств, снятие вручную готовых блоков и складирование на деревянный поддон.

Кассетная форма пенобетона обеспечивает изготовление 28 блоков размерами 200×300×600 мм, состоит из поддона, 4 откидных бортов, 4 замков, 9 разделительных перегородок.

Характеристика кассетной формы

| | |
|--|---------------|
| Габаритные размеры формы, мм | 1650×1450×815 |
| Масса, кг | 980 |
| Объем, м ³ | 1 |
| Затраты времени 1 человека на очистку поддона, бортов и перегородок, мин | 30 |
| Затраты времени на сборку, мин/2 чел. | 20 |
| Затраты времени для смазки форм, мин/1 чел. | 15 |
| Затраты времени на распалубку, мин/2 чел. | 30 |
| Затраты времени на снятие блоков, мин/2 чел. | 15 |
| Цена, тыс. р. | 35 |

Например, для производства пеноблоков объемом 10 м³ в сутки по литьевой технологии необходимо 2 комплекта по 10 форм (табл. 1).

Затраты на покупку 20 форм составляют 700 тыс. р. (цены приведены на начало 2007 г.).

Каждый пенобетонный блок в сыром виде (плотность 600 кг/м³) имеет массу 23 кг. 10 м³ пенобетона (280 блоков) общей массой 6440 кг необходимо аккуратно снять вручную с металлических поддонов и перенести на склад.

Для данного производства по литьевой технологии пеноблоков необходимо минимум 8–10 рабочих и 600 м² полезной площади.

Поэтому основными недостатками литьевой технологии производства пеноблоков являются:

- трудоемкость и металлоемкость;
- низкая производительность;
- расхождение блоков по геометрическим размерам ± 5 мм (особенно по высоте) и различие качества поверхностей;
- для производства пеноблоков с другими размерами требуется приобретение других металлических форм пенобетона.

Поэтому многие отечественные фирмы применяют резательную технологию производства пеноблоков, которая обеспечивает более высокий уровень механизации и производительности.

Резательная технология изготовления пеноблоков предусматривает заливку пенобетонной смеси в формы без ячеек с легкосъемной опалубкой. В течение 9–12 ч пенобетон набирает необходимую прочность для снятия опалубки. После этого пенобетонный массив на поддоне переносится траверсой на резательный комплекс.

Конструкция комплекса для резки пенобетона обеспечивает изготовление блоков с точностью ± 1,5 мм и качеством поверхности, отвечающим требованиям стандартов. Резка ведется витыми струнами. Цикл резки массива составляет 5–7 мин. Струны устанавливаются в соответствии с требуемыми размерами блоков.

После резки поддон с блоками переносится траверсой на пост окончательной сушки. И через 12 (24) часов по мере набора прочности блоки с помощью захватного устройства снимаются с поддона и переносятся на склад.

Благодаря этой технологии обеспечивается изготовление пеноблоков с высокой точностью геометрических размеров и отличным качеством поверхностей, что, в свою очередь, позволяет выполнять кладку блоков с использованием клея, существенно повышающего теплоэффективность наружных стен.

Форма для пенобетонного массива по резательной технологии обеспечивает изготовление 16 стеновых блоков 200×300×600 мм, или 32 перегородочных блоков 100×300×600 мм, или 12 стеновых блоков 200×400×600 мм, или 24 перегородочных блоков 100×400×600 мм.

Форма для резки пенобетона состоит из металлического поддона и одного неразбирающегося борта, подходящего для любого поддона. Приклеенная на низ борта резиновая прокладка обеспечивает герметичность и быструю сборку форм одним человеком.

Характеристика формы для массива

| | |
|-----------------------------|--------------|
| Размер, мм | 1350×950×700 |
| Масса, кг | 220 |
| Объем, м ³ | 0,63 |
| Затраты времени, мин/1 чел. | |
| — для очистки | 3 |
| — для сборки | 1 |
| — для смазки | 3 |
| — на распалубку | 5 |
| — на снятие блоков | 2 |
| Цена, тыс. р. | 17 |

Для изготовления 10 м³ пеноблоков в смену необходимо иметь 18 комплектов форм с 2 поддонами, а для производства 20 м³ в смену – 36 комплектов форм с 2 поддонами (табл. 2).

Затраты на покупку резательного комплекса с грузозахватными устройствами и одной формы составляют 702 тыс. р. (цена приведена на апрель 2007 г.). Для данного производства достаточно 5–6 рабочих и 400 м² площади.

При резке пенобетона (резательной технологии изготовления пеноблоков) по сравнению с литьевой технологией (заливкой пенобетона в кассетные формы):

- улучшается качество выпускаемых блоков;
- уменьшается количество трудоемких операций;
- уменьшается количество рабочих;
- уменьшается себестоимость блоков;
- увеличивается объем изготовления пеноблоков и др.

Таким образом, залогом успешного производства по изготовлению пеноблоков является применение технологии резки пенобетона.

Таблица 2

| | Первая смена | Вторая смена | Первая смена |
|----------------------------------|--|--|--|
| Процессы изготовления пеноблоков | <ul style="list-style-type: none"> - сборка форм - смазка форм - заливка форм | <ul style="list-style-type: none"> - распалубка форм - резка пенобетона на блоки - сушка блоков на поддонах - очистка и сборка форм - смазка форм - заливка форм | <ul style="list-style-type: none"> - снятие блоков с поддонов - очистка и сборка форм - смазка форм - заливка форм - распалубка форм - резка пенобетона на блоки - сушка блоков на поддонах |

ООО «УПТК Стройснабжение» предлагает готовые линии по производству пенобетона и изготовления пенобетонных блоков.

Технические характеристики линии производства блоков

Мощность, м³/смену20–50
 Потребляемая мощность, кВт12–15
 Обслуживающий персонал, чел.5–6
 Необходимая площадь, м²400–800

В стоимость оборудования входит: передача технологии с обучением, пакет технической документации, рекомендации по применению пенобетона в строительстве, консультации по использованию местного сырья и добавок. Возможно проведение пусконаладочных работ и обучение персонала на месте при оплате командировочных расходов. Гарантируется поставка запчастей к оборудованию.

Затраты для производства блоков объемом 40 м³ в день:

| Наименование | Количество | Стоимость, тыс. р. |
|--|------------|--------------------|
| Оборудование для производства пенобетона | 1 комплект | 410 |
| Оборудование для изготовления пеноблоков | 1 комплект | 702 |
| Затраты на самостоятельное изготовление форм | 34 | 300 |
| Монтажные работы по установке оборудования | – | 50 |
| ИТОГО ЗАТРАТ | – | 1462 |

Оборудование ООО «УПТК Стройснабжение» успешно работает в различных регионах России (Московской обл., Иваново, Рязани, Казани, Тюмени, Сургуте и др.), странах ближнего зарубежья.

ООО «УПТК Стройснабжение» ПРЕДЛАГАЕТ

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ для производства блоков из пенобетона

Состав линии:

- оборудование для производства пенобетона по баротехнологии
- оборудование для изготовления блоков из пенобетона по резательной технологии

Технические характеристики линии

производительность 10–50 м³ пеноблоков в смену
 потребляемая мощность 12–15 кВт
 персонал 5–6 человек
 площадь для линии 400–800 м²

По желанию заказчика скомплектуем технологическую линию производства блоков из пенобетона любой производительности. В стоимость любого оборудования входит передача технологии с обучением, пакет технической документации, рекомендации по применению пенобетона в строительстве, консультации по использованию местного сырья и добавок. Обеспечиваем пускомонтажные работы и обучение персонала на месте.

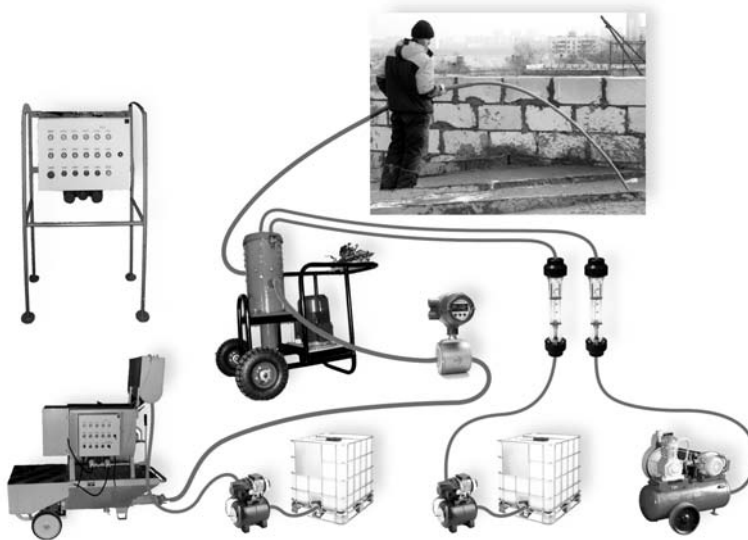
142281 Московская обл., г. Протвино, Промышленный проезд, д. 17

Тел./факс: (4967) 74-75-73
 Телефоны: (916) 580-04-34, (916) 213-35-98

Web: <http://rusblok.ru>
 E-mail: info@rusblok.ru

РЕКЛАМА

Инновационные технологии в строительстве



► Разработка и внедрение прогрессивных строительных технологий производства неавтоклавного ячеистого бетона. В основу способа приготовления пенобетонной смеси и его аппаратного оформления положен оригинальный технологический метод «обжатие-релаксация».

► Разработка и производство оборудования для получения монолитного пенобетона. Мобильный комплекс «Пенобетон МК-1».

► Разработка и производство оборудования для получения блочного пенобетона. Резательный комплекс АРАП.

► Разработка и внедрение механизированных технологий нанесения сухих строительных смесей



Волковысский завод кровельных и строительно-отделочных машин
 231900 Беларусь, г. Волковыск
 ул. С. Панковой, 6
 Тел.: (10-375-1512) 2-17-78

Rutger

ООО «Рутгер»
 121351 Москва, ул. Молодогвардейская, 57
 Тел./факс: (495) 981-19-11 (многоканальный)
ksom@fmail.ru
www.rutger.ru

РЕКЛАМА

И.А. САПРОНОВА, инженер, А.А. БОБРОВА, канд. техн. наук,
А.И. СОКОЛЬСКИЙ, д-р техн. наук, Ивановский государственный
архитектурно-строительный университет

Пенобетон на основе техногенных отходов текстильного производства

На рынке строительных материалов представлено большое количество продукции различного назначения. В качестве критериев их эффективности принимаются не только улучшенные физико-механические и теплофизические свойства, но и простота технологических решений, невысокий уровень производственных затрат и др. [1].

Создавая материалы нового поколения, нельзя забывать, что одной из важнейших народнохозяйственных задач в настоящее время является утилизация имеющихся техногенных отходов и создание экологически чистых производств.

Техногенные отходы разнообразны. К ним относятся зола и шлаки ТЭС, отработанные резинотехнические изделия (ОРТИ) различной формы: валики, ленты, жгуты, а также изношенные автомобильные шины, резиновая крошка и др.

Существует ряд промышленных отраслей, где применяются резинотехнические изделия (РТИ), в частности в текстильной промышленности в прядильном производстве используют резиновые валики.

При шлифовании резиновых валиков получается тонкодисперсный материал — резиновая крошка с размером частиц менее 2 мкм, насыпной плотностью 110 кг/м³. По системе вентиляции этот отход собирается в бункере-накопителе и далее выбрасывается в отвал.

Существует несколько областей применения резиновой крошки: в дорожном строительстве при модификации битума; при изготовлении паст и мастик для защиты металлических изделий от коррозии; в строительстве для изготовления гидроизоляционных покрытий, рулонного кровельного материала, резинового шифера и черепицы.

Предлагается в качестве заполнителя в производстве пенобетона использовать резиновую крошку и золу ТЭС.

Основной задачей настоящей работы являлось изучение структурообразования и свойств пенобетона с резиновой крошкой, являющейся отходом прядильного производства.

Для образования бездефектной и прочной ячеистой структуры размеры частиц исходных материалов должны быть не более десятков, а при низких плотностях не более единиц микронов [1, 2].

В пенобетоне в качестве вяжущего использовался цемент М400, в качестве кремнеземистого компонента зола ТЭС (фракция менее 0,14 мм), пенообразующая и воздухововлекающая добавки (ПБ-2000 и СДО) и резиновая крошка, содержание которой достигало 110–130 кг/м³.

Частицы резины гидрофобны. Для того чтобы получить связную структурированную бетонную смесь, было предложено комплексное применение поверхностно-активных веществ (ПАВ) — пенообразующей и воздухововлекающей добавок.

Взаимодействие между компонентами пенобетонной смеси на основе цемента, воды, золы и резиновой крошки происходит благодаря правильному выбору соотношения пенообразующей и воздухововлекающей добавок и способа приготовления пенобетонной смеси.

Исследовалась возможность получения безусадочной пенобетонной смеси, имеющей одинаковый состав, тремя существующими способами: методом сухой минерализации пены; двухстадийным методом; одностадийным методом (см. таблицу).

По методу сухой минерализации пены в приготовленный раствор из пенообразователя и воды при перемешивании вводились сухие компоненты — цемент, зола, резиновая крошка.

Согласно двухстадийному способу приготовленная пена вливалась в сухую гомогенизированную смесь компонентов, затем вся смесь перемешивалась.

По одностадийному способу вода и пенообразователь смешивались без образования пены, полученная жидкость соединялась с сухими компонентами и поризовалась.

Анализируя экспериментальные данные, представленные в таблице, следует отметить, что при приготовлении бетонной смеси способом сухой минерализации объем поризованной смеси наибольший. С течением времени происходит перераспределение слабосвязанной воды. Она скапливается в нижней части пор, увеличивая обводненность тех частиц твердой фазы, которые находятся в прилегающей межпоровой перегородке. Это приводит к объединению пор и увеличению их среднего радиуса, к расслоению и осадке пенобетонной смеси. При двухстадийном способе приготовления пенобетона объем поризованной смеси значительно меньше, однако в этом случае усадка пенобетона значительно ниже. Пенобетон, приготовленный одностадийным способом, имеет наименьшую усадку.

В результате получен пенобетон плотностью 500–600 кг/м³, прочностью при сжатии 1,4–2 МПа, водопоглощением 8–10%, с усадкой 1–2%, коэффициентом теплопроводности 0,1–0,14 Вт/(м·К).

Таким образом, проведенными исследованиями показана возможность утилизировать резиновую крошку при производстве пенобетона. Расчеты показывают, что для возведения хозяйственных построек и гаражного строительства площадью 100 м² утилизируется около 3 т резиновой крошки, что позволяет улучшить экологическую ситуацию региона.

Список литературы

1. Чернышов Е.М., Славчева Г.С., Потамошнев Н.Д., Макеев А.И. Поризованные бетоны для теплоэффективных жилых домов // Строит. материалы. 2002. № 5. С. 22–27.
2. Коломацкий А.С., Коломацкий С.А. Теплоизоляционный пенобетон // Строит. материалы. 2002. № 3. С. 18–19.

| Способ приготовления пенобетонной смеси | Свойства пенобетонной смеси | |
|---|--|-----------------|
| | Объем смеси, см ³ / плотность пенобетона, кг/м ³ | Усадка смеси, % |
| Сухая минерализация | 820/280 | 40 |
| Двухстадийный | 588/440 | 7 |
| Одностадийный | 350/665 | 1 |

Д.Д. ДАШИЦЫРЕНОВ, канд. техн. наук, президент Ассоциации строительных предприятий «Дарханинвестстрой»; М.Е. ЗАЯХАНОВ, д-р техн. наук, Л.А. УРХАНОВА, канд. техн. наук, Восточно-Сибирский государственный технологический университет (г. Улан-Удэ, Республика Бурятия)

Эффективный пенобетон на основе эффузивных пород

Согласно прогнозным оценкам спроса и предложения по основным видам строительных материалов и конструкций на период до 2010 г. и последующие годы наибольший интерес для строительной индустрии Республики Бурятия представляет производство эффективных стеновых материалов с использованием местных минеральных ресурсов.

Производство эффективного по теплофизическим параметрам пенобетона низких марок по средней плотности является проблемным ввиду сложности обеспечения стабильной тонкодисперсной ячеистой структуры и высокой прочности, зависящих от рецептурно-технологических факторов [1]. Сравнительный анализ существующих технологий производства пенобетона указывает на предпочтительность безавтоклавной технологии, но при этом необходимо решить проблему деформативности, экологичности, устойчивых высоких прочностных показателей при одновременном решении проблемы снижения расхода цемента, повышения скорости твердения и достижения равномерной пористой структуры пенобетона.

Ассоциация строительных предприятий «Дарханинвестстрой» имеет опыт применения монолитного пенобетона на основе портландцемента для ограждающих стен при возведении жилых и общественных зданий, в частности при строительстве многопрофильной больницы в Улан-Удэ. В результате проведенных научно-исследова-

тельских работ были разработаны научные и практические основы технологии безавтоклавного пенобетона из бесклинкерного вяжущего для ограждающих конструкций, работающих в суровых климатических условиях. В разрабатываемой технологии (рис. 1) решается проблема получения эффективного пенобетона за счет:

- механохимической активации гидромеханическим способом части твердой фазы пенобетонной смеси (вяжущего, заполнителя);
- смешивания полученной отдельно частично минерализованной высокочастотной пеномассы с оставшейся частью твердой фазы в баросмесителе;
- смешивания после баросмесителя вышеуказанных частей мягким способом;
- использования активного бесклинкерного вяжущего на основе эффузивных пород.

Прочность пенобетона обеспечивают активированная часть твердой фазы смеси, а низкую плотность пенобетона – наличие высокочастотной пеномассы. Отсутствие падения объема пеномассы связано с тем, что тонкие стенки пузырьков насыщались твердой фазой мягко, без поглощения их жидкой фазой в шликерном виде.

В разрабатываемой технологии использовалось щелочное алюмосиликатное вяжущее следующего состава, мас. %: эффузивная (перлитовая порода) – 65–75, щелочной компонент – 7–8 (в пересчете на Na_2O), вода – 18–27. Состав пенобетона включает бесклинкерное вяжущее, заполнитель в виде грубомолотого шлака фракции 0–1,5 мм, пенообразователь «Пеностром», суперпластификатор С-3. Приготовление пеномассы осуществлялось по баротехнологии.

Проведены многофакторные эксперименты по подбору составов пенобетона безавтоклавного твердения, обеспечивающих качественную макроструктуру бетона. При определении оптимальных составов и режимов изготовления исследовалось влияние технологических факторов, которые оказывают решающее влияние на качество и строительно-технические свойства пенобетона: оптимальное соотношение заполнителя и вяжущего в смеси; текучесть растворной смеси и соответствующее ей водотвердое отношение; количество пенообразователя. В результате получили качественную структуру и хорошие строительно-технические свойства пенобетона.

Сравнение характеристик пор в пенобетоне свидетельствует о лучшем их распределении по телу пенобетонных изделий на бесклинкерном вяжущем по сравнению с пенобетоном на портландцементе, полученном способом сухой минерализации. Средний диаметр пор пенобетона по разработанной технологии на основе бесклинкерного вяжущего с использованием эффузивных пород составляет 400–450 мкм, тогда как у пенобетона на основе портландцемента, как показали эксперименты, этот показатель составляет 560–600 мкм (рис. 2). Это объясняется мягкой минерализацией шликером высокочастотной пены с мелкими порами, когда не происходит ее гашения, укрупнения пор из-за сухой, требующей воды минерализа-

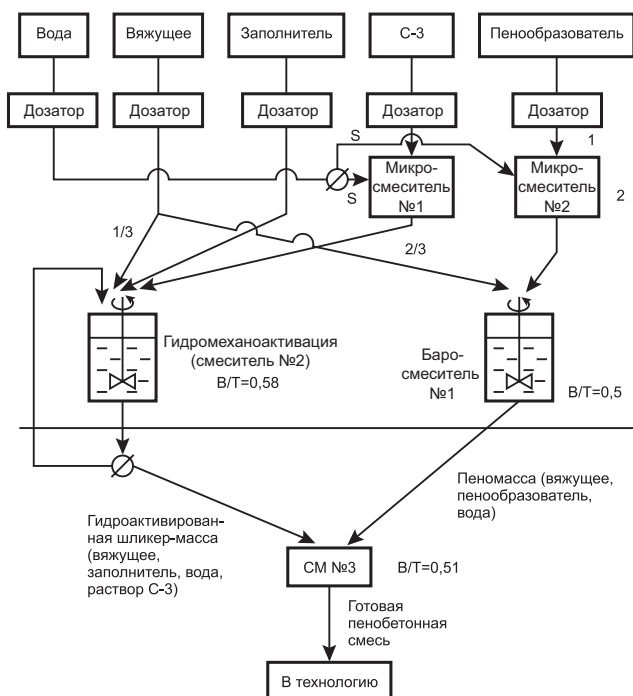


Рис. 1. Технологическая схема производства пенобетона по мягкой (полусухой) схеме. Доли веществ и воды указаны в целых (1) или долях (1/2; 1/3) от общего расхода

| Вид вяжущего | Прочность пенобетона, МПа | | | Коэффициент Пуассона | Ползучесть, $\cdot 10^{-3}$ МПа \cdot год $^{-1}$ |
|-----------------------|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------------|---|
| | при сжатии (кубиковая) | при сжатии (призмная) | при растяжении | | |
| Бесклинкерное вяжущее | 3,5 | 2,8 | 0,5 | 0,28 | 26–28 |
| Портландцемент | 3 | 2,3 | 0,38 | 0,27 | 19,5–2 |

ции порошками вяжущего и заполнителя; пониженной водопотребностью твердой части пеномассы из-за наличия в гидроактивированной массе суперпластификатора С-3; высокой пластичностью смеси из-за наличия С-3; включением баротехнологии в технологический цикл.

Основные результаты исследований по прочностным и деформативным характеристикам разработанного пенобетона на основе щелочно-алюмосиликатного вяжущего в сравнении с пенобетоном на основе ПЦ представлены в таблице.

Анализ факторов, влияющих на усадочные деформации пенобетона, показал, что преобладающее влияние имеет изменение влажностного состояния материала. Кинетика развития влажностной усадки пенобетона имеет критическую влажность 25–35%, выше которой наступает существенное проявление усадки. Поэтому следует предусмотреть мероприятия по поддержанию стабильного влажностного режима. Изменение коэффициента теплопроводности пенобетона лежит в расширенных пределах в зависимости от средней плотности: при средней плотности 600–900 кг/м³ коэффициент теплопроводности λ колеблется в пределах 0,105–0,16 Вт/(м \cdot К).

Результаты исследований доказывают возможность применения пенобетона на бесклинкерном вяжущем и заполнителе – вулканическом шлаке в строительной индустрии для возведения ограждающих конструкций. Экономическая эффективность производства пенобето-

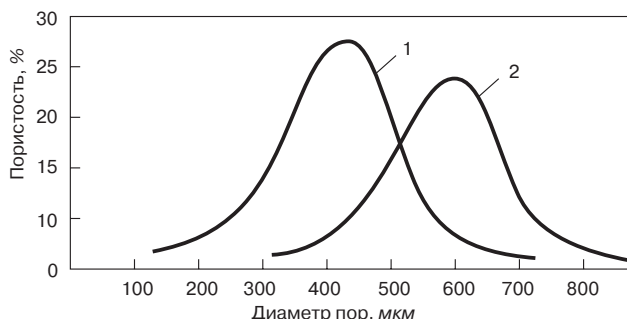


Рис. 2. Кривые нормального распределения пор по объему пенобетона средней плотностью 500–550 кг/м³: 1 – пенобетон на бесклинкерном вяжущем; 2 – пенобетон на портландцементе, сухая минерализация

на рассчитана применительно к условиям промышленной и сырьевой базы Республики Бурятия с привязкой разработки к действующей технологии на производственных площадях предприятий «Дарханинвестстрой». Планируется внедрение разработанной технологии при строительстве объектов в Бурятии и Монголии.

Литература

1. *Величко Е.Г., Комар А.Г.* Рецептурно-технологические проблемы пенобетона // Строит. материалы. 2004. № 3. С. 26–29.



**ОБЪЕДИНЕННАЯ
ПРОМЫШЛЕННАЯ
КОМПАНИЯ**

ПЕНОБЕТОН

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА



**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МИНИ-ЗАВОДЫ
ПО ПРОИЗВОДСТВУ БЛОКОВ ИЗ
ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА**



**СТАНКИ ДЛЯ РЕЗКИ ПЕНОБЕТОНА С
ЭЛЕКТРОННО-ПРОГРАММИРУЕМЫМ
УПРАВЛЕНИЕМ**



**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА
ЗАПУСК ОБОРУДОВАНИЯ
НА МАТЕРИАЛАХ ЗАКАЗЧИКА**

Подробнее читайте на с.39

ООО «ОБЪЕДИНЕННАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ КОМПАНИЯ»
248000, Россия, г. Калуга, ул. Светлая, д. 37. Тел./факс: (4842) 70-02-52. Тел.: (4842) 70-04-94; 70-04-92.
www.promcompany.ru E-mail: info@promcompany.ru

РЕКЛАМА

KazBuild

14-я КАЗАХСТАНСКАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

СТРОИТЕЛЬСТВО

www.kazbuild.kz

4-7 сентября 2007

АЛМАТЫ, КАЗАХСТАН, КЦДС "АТАКЕНТ"



СИБИРСКАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ НЕДЕЛЯ

В объединенной экспозиции:



СТРОЙПРОГРЕСС

12-я специализированная выставка
Строительство и архитектура, оборудование,
инструменты, материалы и конструкции.



ЖКХ - СТАНДАРТЫ БУДУЩЕГО

4-я специализированная выставка
Инфраструктура, развитие и благоустройство населенных
пунктов. Газификация. Утилизация отходов.
Экология. Энергоресурсосбережение.



ДРЕВСТРОЙЭКСПО

8-я специализированная выставка
Лесопродукция. Оборудование для
деревообрабатывающей и мебельной промышленности.



ДОРОГИ. МОСТЫ

4-я специализированная выставка.
Дорожная техника. Оборудование.
Технологии строительства, реконструкции,
ремонта и содержания дорог, мостов, путепроводов.

22 - 25 МАЯ
ОМСК
2007



ИнтерСиб

Организатор:

МВЦ "ИнтерСиб",

тел. (3812) 25-84-87,

факс (3812) 25-72-02,

E-mail: fair@intersib.ru,

<http://www.intersib.ru>

25-28

СЕНТЯБРЯ

XVII международная специализированная выставка

ФОРУМ УРАЛСТРОЙ ИНДУСТРИЯ-2007

IV выставка - ярмарка

НЕДВИЖИМОСТЬ БАШКОРТОСТАНА

ОРГАНИЗАТОРЫ:
Министерство строительства, архитектуры
и транспорта Республики Башкортостан,
Башкирское республиканское научно-
техническое общество строителей,
Башкирская выставочная компания,
Выставочный комплекс Башкортостан.

ОФИЦИАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА:
Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству,
Министерство жилищно-коммунального хозяйства Республики Башкортостан.
ПРИ СОДЕЙСТВИИ:
Союза строителей Урала,
Республиканского отраслевого объединения работодателей "Союз строителей РБ",
Союза производителей сухих строительных смесей,
Российской ассоциации производителей и потребителей
деревянных клееных конструкций РАДеКК.

ОРГКОМИТЕТ:

Для писем: 450022, г. Уфа, а/я 52

Тел./факс: (347) 253-38-00, 253-14-13, 253-14-33

E-mail: bvk2006@mail.ru www.bvkexpo.ru

Г.УФА



А. И. Ананьев, д-р техн. наук, директор Научного центра РОИС



А. М. Салахов, канд. техн. наук, доцент Казанского государственного технологического университета



С. Г. Куватов (НПО «Промавтоматика», Москва) и У. Ш. Шаяхметов (БашНИИстрой, Уфа) (слева)



А. В. Сырчиков, главный технолог ООО «ПКК на Закаменной» (Пермская обл.), участник всех конференций КЕРАМТЭК

V Международная научно-«Развитие керамической промышленн

15–16 марта 2007 г. в Москве на одной из самых престижных конгресс-площадок страны – в Центре международной торговли на Красной Пресне прошла V Международная научно-практическая конференция «Развитие керамической промышленности России: КЕРАМТЭК-2007». Ее организаторами выступили редакция отраслевого научно-технического и производственного журнала «Строительные материалы», Российское научно-техническое общество строителей (РНТО строителей), ЗАО «Корпорация стройматериалов». Конференция проходила при поддержке Министерства строительного комплекса Московской области и Министерства строительства, архитектуры и ЖКХ Республики Татарстан.

Общепромышленные и межотраслевые вопросы

Начальник управления по организации и развитию местных строительных материалов Министерства строительного комплекса Московской области **А. А. КУЛИКОВ** рассказал об итогах работы и перспективах развития строительного комплекса Московской области, и в частности керамической промышленности.

Он отметил, что в 2006 г. инвестиции в строительную отрасль за счет всех источников финансирования составили 200 млрд р., что на 35,5 млрд р. больше, чем в 2005 г. Объем бюджетного финансирования составил 32 млрд р. В основном эти средства были направлены на строительство социально значимых объектов и на развитие инженерной инфраструктуры области. В прошедшем году в Московской области было введено 6,4 млн м² жилья, что составляет 0,97 м² на одного человека (в среднем по России – 0,33 м²/чел). Уровень обеспеченности жильем населения области составил 25,7 м² на человека.

С увеличением объема строительства в Московской области развивается промышленность строительных материалов (ПСМ) и стройиндустрии, которая является крупнейшей среди регионов России как по объему и номенклатуре выпускаемой продукции, так и по численности работающих. Из 14 основных подотраслей ПСМ в Подмоскovie присутствует 12. В настоящее время производством строительных материалов и конструкций занимается более тысячи предприятий и организаций, в том числе предприятия малого бизнеса.

Керамическую плитку в Московской области выпускают семь предприятий общим объемом 25,5 млн м², в том числе облицовочной плитки 6,9 млн м², для полов – 18,6 млн м². В 2005 г. введен в эксплуатацию завод по производству санитарно-керамических изделий методом литья под давлением мощностью 1 млн шт. изделий в год.

Керамический кирпич производится на 24 заводах общей мощностью 700 млн шт. усл. кирпича. В 2006 г. объем выпуска сократился по сравнению с 2005 г. на 7,3% и составил 568 млн шт. усл. кирпича. В качестве основных причин А. А. Куликов назвал низкое качество сырья и высокую степень износа производственного оборудования. Сырьевая проблема для области самая острая, так как многие месторождения находятся под застройкой, сельскохозяйственными землями и деловым лесом.

Ведущий советник Министерства строительства, архитектуры и ЖКХ Республики Татарстан **Б. П. ТАРАСЕВИЧ** отметил, что развитию ПСМ и стройиндустрии большое внимание уделяет лично Президент М. Ш. Шаймиев. В республике реализуется программа «Устойчивое развитие строительного комплекса Республики Татарстан на 2006–2008 гг.». Крупнейшим производителем стеновой керамики является НПО «Строительная керамика», в которое входят три производственных предприятия общей мощностью более 140 млн шт. усл. кирпича. Австрийская инвестиционная компания «Винербергер» ведет строительство завода мощностью 140 млн шт. усл. кирпича в п. Куркачи. Строительный холдинг «ФОН» планирует строительство завода мощностью 60 млн шт. усл. кирпича в п. Ключищи.

В последнее время керамический кирпич подвергается постоянным нападкам со стороны производителей других стеновых и фасадных материалов по причине его низких



V Международная научно-практическая конференция «КЕРАМТЭК-2007» начинает работу



В зале «Амфитеатр» ЦМТ руководители кирпичных заводов, специалисты ведущих отраслевых институтов, инжиниринговых фирм, зарубежных компаний – поставщиков оборудования

практическая конференция «Инновации России КЕРАМТЭК-2007»»

Постоянным спонсором конференции выступает крупнейший российский производитель керамического кирпича Санкт-Петербургское ЗАО «Победа ЛСР».

В работе конференции КЕРАМТЭК-2007 приняли участие более 170 руководителей и специалистов предприятий по производству строительной керамики, ведущих отраслевых научно-исследовательских институтов, представители машиностроительных и инжиниринговых компаний 33 регионов России и 9 зарубежных стран.

В ходе пленарного заседания было рассмотрено несколько групп актуальных для отрасли вопросов.

теплотехнических свойств. В докладе директора научного центра Российского общества инженеров строительства (РОИС) д-ра техн. наук **А.И. АНАНЬЕВА** убедительно доказано, что во многих нормативных документах сплошным однородным кирпичным стенам придают заниженную теплотехническую эффективность. Многие несправедливости по отношению к керамическому кирпичу исправил стандарт организации (РОИС) СТО 00044807-00102006 «Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий», разработанный ведущими специалистами страны в строгом соответствии с действующим Законом «О техническом регулировании». Данный стандарт одобрен и рекомендован Экспертным советом при администрации Президента России для применения в качестве нормативного документа в строительстве.

В настоящее время многие регионы использовали данный документ для разработки территориальных строительных норм. В частности, на территории Северо-Западного региона РФ действуют ТСН 23-340-2003 «Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Нормативы по энергопотреблению и теплозащите». После принятия соответствующих изменений проектные организации стали широко применять его в проектировании новых зданий и сооружений, так как новые требования позволяют строить стены толщиной 640 мм из кирпича с коэффициентом теплопроводности не более 0,32 Вт/(м·К). (Доклад **С.А. БЕГОУЛЕВА**.)

Вопросы технологии и производственный опыт

С тревогой следует отметить, что в этом году в области машиностроения были представлены в основном зарубежные разработки. С одной стороны, отрадно, что конференция имеет высокий статус и авторитет за рубежом, о чем говорит, например, следующее. Новый президент давнего партнера российских кирпичников всемирно известной компании СЕРИК **Шарль-Антуан де БАРБЮА** выбрал для личного представления российскому профессиональному сообществу именно КЕРАМТЭК. Новый генеральный директор фирмы «Ханс ЛИНГЛ» **Франк АППЕЛЬ** также прилетел в Москву из Германии буквально на несколько часов, чтобы представить новые разработки фирмы для кирпичной промышленности. Кроме этого, были представлены доклады фирм Solinser/Verdes (Испания), Geobrick (Чехия), SABO (Греция), Piccinini, Filiere Torres (Италия), Keller (Германия).

С другой стороны, пассивность отечественных машиностроителей может негативно отразиться на предприятиях в перспективе, так как они попадут в зависимость от зарубежных поставщиков оборудования, запасных частей, программного обеспечения, будут вынуждены постоянно прибегать к услугам зарубежных специалистов.

Единственную, хотя и спорную разработку представил генеральный директор Института новых технологий и автоматизации промышленности строительных материалов (ООО «ИНТА-СТРОЙ», Омск) **И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ**. В его институте разработана, изготовлена и смонтирована на Калачинском заводе строительных материалов новая глиноперерабатывающая установка «Каскад-13» производительностью 25 т/ч, которая, по замыслу разработчиков, может заменить 2-3 глиноперерабатывающие машины. Чтобы наглядно



А.А. Куликов, начальник управления по организации и развитию местных строительных материалов Минмособлстроа



Т.В. Вакалова, доктор технических наук, профессор Томского политехнического университета



Бак Динь Тхиен, доцент Ханойского строительного университета (Социалистическая Республика Вьетнам)



А.В. Сурихин, технический директор ООО «Завод керамического кирпича» (Саратовская обл.) (справа) и Ю.Б. Вришин, директор ООО «Стройтранссервис» (Пензенская обл.)



У технологов всегда много тем для обсуждения (слева направо): главные технологи Е.В. Некрасова (ЗАО «Винзилинский ЗКСМ», Тюменская обл.), Н.И. Рыжова (ООО «Сибдом», Томская обл.), А.Н. Князкова, технический директор И.Н. Кареев (ОАО «Новокубанский завод КСМ», Краснодарский край)



Делегация французской компании СЕРИК



Впервые принимает участие в конференции Л.Д. Царевский (ООО «ГарантСтойРесурс», Московская обл.)



Делегация фирмы «АЕТ» (Москва, Красноярск)



Г.И. Стороженко (в центре), технический директор ООО «АэроТехнологии» (Новосибирск) – постоянный участник конференции



А.В. Гаврилов, технический директор ЗАО «Победа ЛСР» (слева) и М.Г. Сиразин, главный инженер Шеланговского завода ООО «Керамика-Синтез»



В перерыве между заседаниями можно обсудить предложение зарубежных коллег — в центре А.Б. Попов, генеральный директор ЗАО «Губский кирпичный завод» (Краснодарский край)

продемонстрировать возможности новой машины, институт проводит семинар с выездом на Калачинский завод в рамках Сибирской строительной недели 22–25 мая 2007 г. в Омске. Для увеличения объема исследований институт готов поставить другим исследовательским институтам и лабораториям лабораторные установки «Каскад-1» и «Каскад-2» по цене себестоимости (230 тыс. р. и 310 тыс. р. соответственно).

Группа докладов была посвящена футеровке печей и вагонеток кирпичных заводов. В России большой опыт печестроения имеет Челябинский институт УралНИИстром. В 2007 г. институт отмечает 50-летие. Его директор **Р.Я. АХТЯМОВ** представил проекты печей – кольцевых со съемным сводом и туннельных из сборных ограждающих конструкций. Институт предлагает керамовермикулитовые изделия для кладки стен кольцевых печей, готовые футеровочные изделия из жаростойкого бетона (горелочные камни, блоки футеровки вагонеток). Специалисты кирпичных заводов заинтересовались возможностью приобрести участок производства жаростойкого бетона для футеровки печных вагонеток.

Руководитель сектора огнеупорных материалов фирмы «Консолит» **Р.Х. ГУМАРОВ** представил положительный опыт применения огнеупорных изделий на основе высокоглиноземистого цемента марки ВГКЦ-70-1 на Шеланговском кирпичном заводе (Республика Татарстан). Разработанная технология замены футеровки позволяет значительно снизить себестоимость вагонеток по сравнению с импортной комплектацией.

Уникальные свойства высококонцентрированных керамических вяжущих суспензий (ВКВС) известны специалистам-керамистам уже не одно десятилетие (разработка Ю.Е. Пивинского). До недавнего времени из алюмосиликатного керамобетона изготавливали в основном огнеупоры для металлургической промышленности, а также различные изделия для ВПК и космической отрасли. В настоящее время в Белгородском государственном университете разработана технология (доклад **М.А. ТРУБИЦЫНА**), а ЗАО «Теплохиммонтаж» выпускаются огнеупорные изделия для футеровки туннельных печей керамической промышленности. Конструкция футеровки вагонеток обеспечивает возможность проведения быстрого полного капитального ремонта огнеупорной части или замены отдельных элементов. На предприятии «ОСМИБТ» первые вагонетки, на которых была заменена футеровка, прошли уже 350 циклов и продолжают работать. Особая конструкция подового камня футеровки позволяет уменьшить ее общую высоту, что, в свою очередь, позволяет увеличить высоту садки. По расчетам специалистов «ОСМИБТ» за счет этого производительность печи может увеличиться на 18%.

Вопросы научного сопровождения отрасли

В конференции КЕРАМТЭКС всегда принимают активное участие представители вузовской науки. На прошедшей конференции присутствовали ученые из Белгородского государственного университета, БГТУ им. В.Г. Шухова, Казанского государственного технологического университета, РХТУ им. Д.И. Менделеева, Томского политехнического университета, Тывинского государственного университета, а также Ханойского строительного университета (Социалистическая Республика Вьетнам). Непосредственное общение ученых с заводчанами-практиками позволяет им найти взаимный интерес, существенно сокращает путь новой разработки от научной лаборатории до производственного предприятия.

Например, в Томском политехническом университете разработана технология упрочнения калибрующих металлических рамок корундовой керамикой, а также изготовления кернов различной формы (доклад **В.М. ПОГРЕБЕНКОВА**). Срок службы керамической футеровки рамки и корундовых кернов составляет 2–6 месяцев в зависимости от производительности оборудования и абразивности формуемой массы против 5–7 суток для металлических рамок и кернов.

Т.В. ВАКАЛОВА (Томский политехнический университет) представила концепцию управления качеством строительной и теплоизоляционной керамики путем проектирования состава массы. Например, с целью повышения трещиностойкости кирпича-сырца на основе обводненных и высокочувствительных к сушке легкоплавких глинистых пород предлагается вводить в шихту цеолитовую породу. Для устранения высолообразования на лицевых поверхностях кирпича успешно апробирован и рекомендуется для внедрения



Делегация ЗАО «Победа ЛСР» справа налево: коммерческий директор В.А. Дырдасов, директор представительства в Москве А.А. Акберов, управляющий С.А. Бегоулев, и менеджер ООО «Винербергер кирпич»

на предприятиях способ нанесения на сырец специального покрытия, при сушке которого происходит кристаллизация его компонентов. Также докладчиком были предложены способы объемного окрашивания с получением кирпича светлых тонов.

А.М. САЛАХОВ (Казанский государственный технологический университет) сформулировал главные задачи развития керамической отрасли. Он отметил, что для существенного увеличения объемов производства и номенклатуры необходимо расширение сырьевой базы за счет широкого использования мергелей, диатомитов, трепелов, техногенных отходов. Главным резервом повышения конкурентоспособности строительной керамики является значительное снижение энергоемкости ее производства. Также важно увеличивать единичную мощность предприятий, что позволяет снизить себестоимость единицы продукции. Велением времени является внедрение прецизионной техники и автоматизация производства. Однако все эти задачи осуществимы лишь при качественной подготовке специалистов, широком внедрении современных методов исследований и контроля производства.

Отдельно докладчик остановился на «вредных стереотипах». До настоящего времени строительную керамику было принято считать «грубой», то есть основанной на использовании грубодисперсных систем, в то время как керамические массы – это высокодисперсные системы, в которых поверхностные процессы имеют решающее значение. Это привело к недооценке глиноподготовки, искаженному представлению о механизации сушки и обжига.

Следующим «вредным стереотипом» является фетишизация каолиновых глин как единственного представителя качественного керамического сырья. Альмир Максумович привел данные спектрального анализа образцов хорошо сохранившейся строительной керамики, произведенной в разных странах, в том числе много веков назад. Практически нигде не обнаружено минерала муллита или его количество крайне мало.

Анализ зарубежных научных достижений в области керамики, а также производственного опыта показывает, что использование современных методов исследований и эффективное сочетание различных технологических приемов позволяет получать строительные керамические изделия очень высокого качества.

Всего на пленарном заседании было заслушано и обсуждено 26 докладов. Работа была очень напряженной, но интересной и полезной.

Выездная сессия конференции прошла на первом в России предприятии крупнейшего мирового инвестора в кирпичную промышленность австрийской фирмы Wienerberger AG (ООО «Винербергер Кирпич»). Первый завод «Винербергер» в России представляет собой комплект оборудования, демонтированного с одного из европейских заводов фирмы и после некоторой модернизации и доукомплектации в соответствии с имеющейся сырьевой базой перевезенный во Владимирскую область. Его мощность составляет 40 млн шт. усл. кирпича в год. В настоящее время на предприятии производится лицевой кирпич.

Во всех развитых странах решением отраслевых вопросов проблем активно занимаются профессиональные ассоциации, союзы, партнерства. В задачи таких объединений также входят сбор, обработка и анализ информации о состоянии отрасли, объемах производства, направлении научных исследований, организации финансирования различных отраслевых проектов. Ассоциация кирпичников с такими задачами у нас в стране еще не создана.

При отсутствии союза специалистов, работающих в производстве керамического кирпича, старейший отраслевой научно-технический журнал «Строительные материалы»® привлекает на свои страницы актуальную и оперативную информацию о работе предприятий, публикует работы ведущих ученых и разработчиков технологического оборудования, организует встречи специалистов, поездки на профильные международные выставки.

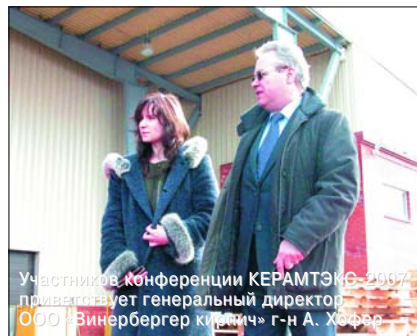
Участники конференции КЕРАМТЭК-2007 высоко оценили деятельность редакции журнала по объединению промышленности. Фактически конференция стала штабом отрасли. У специалистов есть прекрасная хорошо организованная возможность пообщаться, обсудить проблемы, поделиться опытом, найти партнеров и единомышленников.



Генеральный директор ОАО «Славинский кирпич» В.А. Чайка (слева)



Новые виды продукции всегда в центре внимания генерального директора ЗАО «Завод строительных материалов «Эталон» (Ленинградская обл., В.К. Гладкого, слева главный инженер завода В.В. Гладкий



Участников конференции КЕРАМТЭК-2007 приветствует генеральный директор ООО «Винербергер Кирпич» г-н А. Хофнер



В настоящее время на заводе выпускается лицевой кирпич



Автоматизированная линия укладки кирпича (оборудование фирмы Keller)



Участники конференции КЕРАМТЭК-2007 с большим интересом познакомились с первым российским заводом крупнейшего производителя керамического кирпича в мире австрийской фирмы Wienerberger AG

Рациональное использование природного и техногенного сырья в керамических технологиях

Несмотря на увеличение в общем объеме современных керамических материалов доли керамики из синтетического сырья, до сих пор для ряда таких традиционных керамических материалов, как фарфор (бытовой и электротехнический), фаянс всех разновидностей, санитарно-строительная керамика и др., важнейшее значение имеет глинистое сырье. Особенностью современной отечественной базы керамического сырья является истощение общих запасов высококачественных глин и каолинов, что обуславливает вынужденное вовлечение в керамические производства низкосортных местных глинистых пород, достаточная обеспеченность которыми определяет их важность для развития производства керамики с цветным черепком.

Систематизация массива накопленного экспериментального материала по исследованию и использованию глинистых пород Сибирского региона свидетельствует о том, что они представлены практически всеми видами глинистого сырья: каолинами и беложгущимися пластичными и сухарными огнеупорными глинами, светложгущимися тугоплавкими глинами, красножгущимися легкоплавкими глинами и суглинками, обладающими различным поведением в технологическом процессе. Практически все пробы светложгущегося глинистого сырья относятся к пластичным глинам

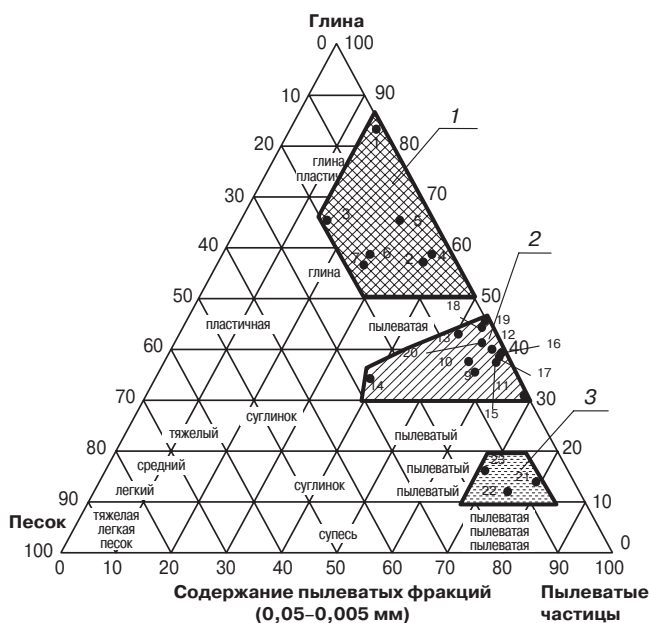


Рис. 1. Расположение исследуемых глинистых пород на диаграмме Охотина в зависимости от их гранулометрического состава: 1 – область составов огнеупорных и тугоплавких глин; 2 и 3 – области составов легкоплавких глин и суглинков

(рис. 1) с содержанием глинистых частиц (размером менее 5 мкм) от 50 до 85% (область 1). Красножгущееся глинистое сырье более разнообразно по зерновому составу и представляет как пылеватые глины (область 2) с содержанием глинистых от 30 до 45%, так и пылеватые суглинки (область 3), в которых доля глинистой фракции варьируется от 10 до 20%.

Все анализируемое глинистое сырье является полиминеральным с доминированием каолинита в смеси глинистых минералов в светложгущихся глинах, в то время как для красножгущихся глин характерно преобладание монтмориллонита над гидрослюдой и каолинитом, что является основной причиной их высокой чувствительности к сушке и обуславливает необходимость повышения трещиностойкости сырья на их основе путем подбора эффективных добавок.

Исследование вещественных составов анализируемых глин методом рационального химического анализа позволило определить качественный и количественный минералогический состав глинистого сырья в зависимости от его групповой принадлежности. В частности, в тонкодисперсной (менее 5 мкм) части огнеупорных беложгущихся глин основным глинообразующим минералом выступает каолинит (до 60%), иногда с примесью гидрослюды (не более 5–10%), тонкодисперсного кварца (до 10%) и коллоидных веществ (до 10–12%). Грубодисперсная часть (20–30%) сложена преимущественно кварцем (до 10–15%) и полевыми шпатами (до 10–15%) и незначительной примесью железистых и карбонатных минералов. Тугоплавкие светложгущиеся глинистые породы представляют собой гидрослюдистое (до 30–35% гидрослюды) сырье с примесью каолинита (до 10–12%), а в непластичной части помимо кварца (до 10–15%) и полевых шпатов (до 6–8%) присутствуют примеси железистых (до 2,5%) и карбонатных (до 5%) минералов.

Физико-химические и технологические свойства глин определяются не только их минеральным составом, но и степенью кристалличности глинообразующих минералов. Применительно к беложгущимся огнеупорным глинам (на примере сухарных каолиновых глин Трошковского и Катомского месторождений), установленная структурная формула основного глинообразующего минерала которых имеет вид $Na_{(0,01-0,08)}Ca_{(0,01-0,02)}Mg_{0,01}(Al_{2,00})[Al_{(0,07-0,15)}Si_{(1,85-1,93)}O_5](OH)_4$, выявлено, что главной причиной разупорядочения структуры каолинита являются изоморфные замещения в тетраэдрических слоях, приводящие к ослаблению водородных связей между гиббситовыми и кремнеземистыми слоями. Нарушения связей вокруг алюмокремниевых единиц в совокупности с изоморфными замещениями внутри структуры вызывают дефицит положительных зарядов, который компенсируется обмен-

ными катионами Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , слагающими обменный комплекс данных глин. Знание характера ионного обмена особенно важно, когда речь идет о направленном регулировании пластических свойств глин и реологических свойств глинистых суспензий на их основе, например при разжижении керамических шликеров.

Накопленный обширный экспериментальный материал по исследованию легкоплавкого *красножгуцевого* глинистого сырья Сибири свидетельствует о том, что практически все эти породы являются легкоплавкими глинами и покровными суглинками с пестрым вещественным составом. Минеральный состав фракции более 1 мкм качественно заметных отличий не имеет, при этом преобладающими являются непластичные минералы, такие как полевые шпаты (до 70%), кварц (до 20%) и прочие (до 10%). Тонкодисперсная фракция (менее 1 мкм) сложена в основном глинистыми минералами – смесью монтмориллоноидов в виде бейделлита (60–70%) и гидрослюды типа иллита (2–13%), а также коллоидами (14–28%), тонкодисперсным кварцем (1–7%) и незначительной примесью других минералов, главным образом карбонатов.

Кроме того, их основным глинистым минералом является минерал монтмориллонитовой группы – монтмориллоноид со структурной формулой $\{3\text{H}_2\text{O} \cdot (\text{Na}, \text{Mg})_{0,02-0,14} \text{Ca}_{0,11-0,30} \text{Al}_{1,49-1,71} \text{Fe}_{0,18-0,44} \text{Mg}_{0,04-0,27} \text{Si}_{4,0-3,51} \text{Al}_{0,49-0,04} \text{O}_{10,45-9,13} \text{OH}_{2,37-1,51}\}_{12}$ и параметрами решетки: $a=0,517$ нм, $b=0,896$ нм, $c=1,50$ нм. Этот минерал, который диагностируется как бейделлит, обнаруживает изоморфные замещения как в октаэдрическом, так и в тетраэдрическом слоях, причем предельное замещение кремния алюминием в тетраэдрическом слое равно 0,49, что подтверждает мнение Р. Грима о существовании в природе минерала со значительно большим замещением, чем 0,2. В анализируемых суглинках он является железистой разновидностью минерала монтмориллонитовой группы, находящегося на стадии преобразования иллита в монтмориллонит.

При выборе глинистого сырья для конкретных керамических технологий необходимо руководствоваться взаимосвязью *состав – свойства – области применения* глинистого сырья, которая позволит определиться с путями регулирования его основных технологических свойств. В частности, пригодность глинистого сырья для изготовления керамики с окрашенным черепком (*строительная керамика и майолика*) определяется следующими его свойствами: *по гранулометрическому составу* это пылеватые глины (с содержанием глинистой фракции от 30–45%) и пылеватые суглинки (содержание глинистых частиц от 10 до 25–30%); *по минералогическому составу* это легкоплавкое глинистое сырье сложного вещественного состава, грубодисперсная часть которого (более 5 мкм) сложена смесью кварца, полевых шпатов, железистых минералов (чаще всего в форме оксида железа и его гидратов, реже в форме карбоната и сульфидов железа), преимущественно монтмориллонитового типа, с преобладанием минералов монтмориллонитовой группы над гидрослюдой (иногда с незначительной примесью каолинита) в тонкодисперсной части. *По химическому составу* это кислое и полукислое глинистое сырье с содержанием (в прокаленном состоянии), мас. %: Al_2O_3 – 10–20, SiO_2 – 65–76, плавней – 10–20 (в том числе $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 3\%$). *По технологическим свойствам* это главным образом умеренно- и среднепластичное сырье с числом пластичности по Аттербергу от 7–12 (характерно для суглинков) до 15–18 (в случае пылеватых глин). Пониженная пластичность суглинков (за счет преобладания в вещественном составе неглинистых примесей) обуславливает малую связность глиняных масс, особенно при пластическом способе формирования, низкую трещиностойкость сырья при сушке и пониженную прочность изделия после обжига, что определяет необходимость пластификации таких масс

либо за счет использования более пластичного природного (глинистого) сырья, либо введением органических пластификаторов. Тип глинистого сырья (суглинки или глины) определяет его поведение в сушке: суглинки чаще всего относятся к мало- или среднечувствительному к сушке глинистому сырью со значениями коэффициента чувствительности к сушке (по Носовой), равными менее 1 и 1–1,5 соответственно, в то время как пылеватые глины монтмориллонито-гидрослюды типа отличаются высокой чувствительностью к сушке ($K_c > 1,5$), что обуславливает необходимость подбора отошающих добавок с целью доведения K_c до значений не более 1–1,2. *По поведению в обжиге* это, как правило, неспекающееся глинистое сырье, что характерно для пылеватых суглинков с содержанием глинистой фракции (менее 5 мкм) не более 20%, или сырье низкотемпературного и среднетемпературного (с температурой полного спекания до 1100 и до 1200°C соответственно) спекания. В обоих случаях это легкоплавкое сырье с температурой огнеупорности не более 1200°C.

Таким образом, основным физико-химическим принципом использования пластичного сырья в керамических технологиях является создание благоприятных условий для максимального проявления его потенциальных физико-химических и технологических свойств. Например, для раскрытия пластических и формовочных свойств глинистых пород это активация процессов коагуляционного структурообразования в их высококонцентрированных водных дисперсиях; для регулирования поведения в сушке – потенциально возможное уменьшение влажности глины в состоянии пластичной консистенции, создание влагопроводящих путей в процессе сушки глиняной массы, обуславливающих образование трещиностойких структур; для формирования керамических свойств – направленное регулирование процессов структуро- и фазообразования, обеспечивающих формирование необходимой кристаллической фазы с максимально возможным выходом.

В последнее время особую актуальность приобретает проблема расширения областей использования нетрадиционного непластичного природного и техногенного сырья в керамических материалах.

Перспективностью использования *цеолитовых пород* в керамических технологиях определяется особенностями структуры цеолитовых минералов, представляющей собой кристаллический трехмерный каркас, пронизанный в нескольких направлениях крупными полостями (порами, каналами), и уникальными свойствами (собственной низкой чувствительностью к сушке и псевдопластичностью), благодаря которым цеолитовая порода представляет интерес как основное сырье для строительной керамики, а также как добавка, позволяющая регулировать технологические свойства глинистых пород.

Из кальций-магнийсиликатного сырья наибольший интерес представляют *диопсид- и волластонитсодержащие породы* благодаря коротко-столбчатой (диопсид) и игольчатой (волластонит) формам частиц породообразующих минералов. В частности, игольчато-волоконистый габитус кристаллов волластонита с длиной иглы от 20 до 200 мкм, сохраняющийся при температурах нагрева до 1000–1100°C, определяет возможность использования волластонитовых пород как структурообразующей добавки армирующе-упрочняющего действия для получения керамических материалов с повышенной прочностью, например в строительной керамике, а также в составах керамических покрытий.

Целесообразность использования в технологии керамических материалов низкокальциевых золосодержащих отходов от сгорания твердого топлива обусловлена особенностями их химико-минералогического со-

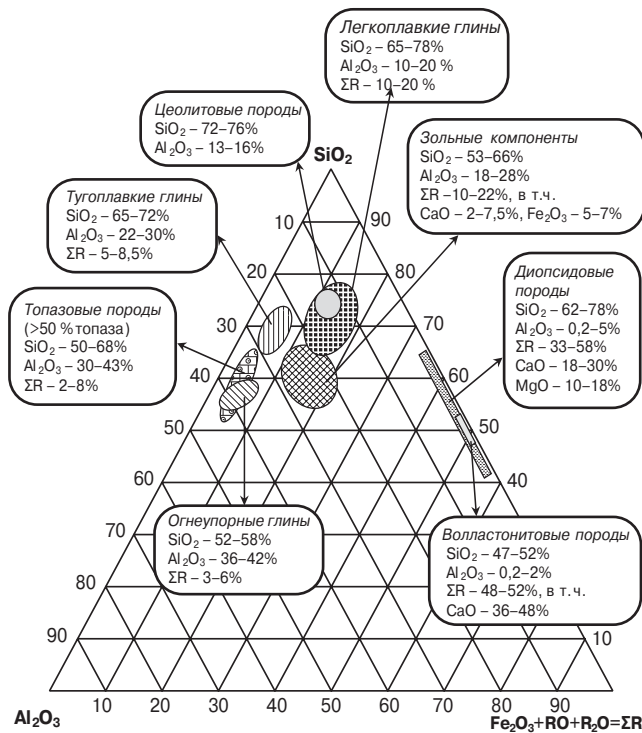


Рис. 2. Концентрационная диаграмма расположения природного и техногенного сырья для алюмосиликатной керамики в зависимости от химического состава

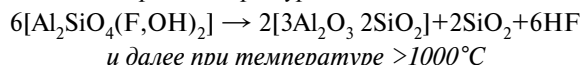
става (близостью к составам легкоплавкого глинистого сырья) и структуры (малой насыпной массой за счет наличия полых сферических частиц диаметром от 20 до 250 мкм с толщиной стенки от 2 до 7 мкм) исследуемых зольных компонентов, что свидетельствует о возможности замены ими части глинистого сырья, а также применения их в качестве отошающих и порообразующих добавок в керамические массы.

Особый интерес представляет такой природный фторалюмосиликат, как топаз, поскольку продуктом термической диссоциации топаза является игольчатый муллит, способный армировать керамическую матрицу и тем самым улучшать термомеханические свойства изделий. Кроме того, газообразные фторидные соединения, выделяющиеся в момент распада топазовой структуры, представляют интерес как минерализаторы в керамических массах.

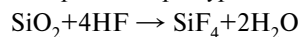
Установлено, что особенности химико-минералогического состава природного топазосодержащего сырья, часто находящегося в смеси с кварцем, вносят коррективы в характер протекания процессов фазообразования при термической деструкции топаза в интервале температур 850–1350°C. В случае преобладания в составе породы кварца над топазом кварцевая составляющая выступает в качестве инициатора процесса синтеза муллита, облегчая зародышеобразование муллита и обеспечивая перестройку структуры топаза при более низкой температуре, чем в породе с превалированием топаза (850°C и 1100°C соответственно).

Исследование процессов фазообразования, протекающих при разложении топазосодержащих компонентов, позволило предложить дополнения к общепринятому изображению реакции разложения топаза, согласно которым формирование конечных продуктов термодиссоциации топаза (игольчатого муллита и газообразного тетрафторида кремния) протекает через стадию образования промежуточных продуктов — кремнезема в виде кристобалита и реакционного газообразного фтористого водорода:

при температуре 850–1000°C



и далее при температуре >1000°C



Игольчатый и волокнистый габитус муллита, образующегося при разложении топаза, свидетельствует о существенной роли парогазового массопереноса в формировании муллита и определяет перспективность его использования в различных композиционных материалах благодаря армирующей роли кристаллического сростка.

Приведение областей варьирования химических составов рассматриваемых глинистого и непластичного силикатного природного и техногенного сырья к тройной диаграмме $Al_2O_3-SiO_2-R$ (где R — сумма всех остальных оксидов в прокаленном состоянии, мас. %) позволяет прогнозировать возможность и целесообразность их сочетания в композициях с глинистым сырьем (рис. 2). Например, частичное перекрытие областей химических составов зольных компонентов и легкоплавких глинистых пород, и более того, включение области состава цеолитовых пород в область химических составов легкоплавких глинистых пород свидетельствуют о возможности использования данных видов непластичного сырья для регулирования технологических свойств легкоплавких глини и суглинков и целесообразности применения их в качестве корректирующей добавки или основного сырья в технологиях керамики с окрашенным черепком, в том числе строительной керамики.

Близость химических составов топазосодержащего сырья с химическими составами огнеупорных и тугоплавких глинистых пород определяет перспективность использования его в технологиях как алюмосиликатных огнеупоров, так и керамики с белым (фарфор и фаянс) и со светлоокрашенным черепком (майолика, кислотоупоры, ангобы и др.).

Обособленность расположения на диаграмме областей природного кальций-магнийсиликатного сырья (волластонитовых и диопсидовых пород) обуславливает их специфическую роль в структуре- и фазообразовании в композициях с глинистым сырьем в отличие от алюмосиликатных добавок и свидетельствует о возможности протекания твердофазовых реакций с образованием новых структур типа анортита и кордиеритоподобных фаз.

На рис. 3 приведена диаграмма использования природного и техногенного сырья с выделенными областями составов сырья для производства: I — фарфора, фаянса и огнеупоров; II — тонкой керамики с окрашенным черепком; III — строительной керамики. Определены критерии глинистого сырья и корректирующих непластичных силикатных добавок, которые условно разделены на добавки армирующе-упрочняющего действия — кальций-магний-силикатное сырье (диопсидовые и волластонитовые породы) и алюмосиликатное сырье (топазосодержащие породы), а также и порегулирующего действия — природное сырье со структурной пористостью породообразующего минерала (цеолитовые породы) и техногенные добавки с собственной пористой макроструктурой (низкокальциевые зола и зольные микросферы), обусловленной условиями их образования.

Основными физико-химическими принципами рационального использования непластичного силикатного сырья в керамических технологиях являются принципы: а) соответствия химических составов компонентов алюмосиликатных масс; б) характер химического взаимодействия между ними с формированием необходимых фаз при синтезе керамических материалов.

Эффект действия корректирующих добавок в алюмосиликатных композициях определяется их диспер-

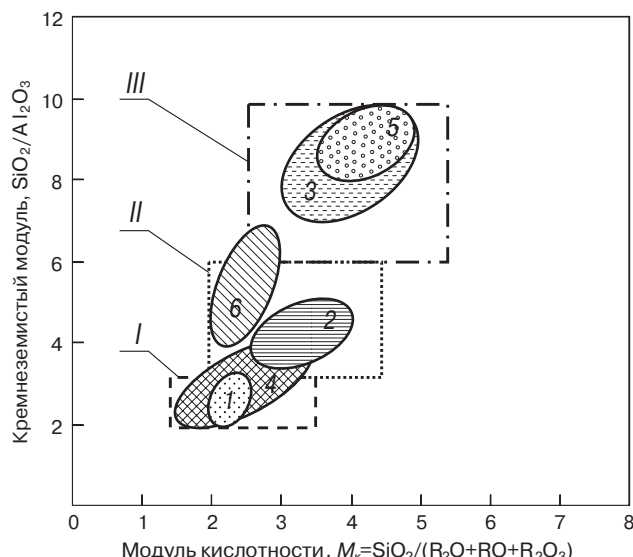


Рис. 3. Диаграмма использования и критерии пригодности природного и техногенного сырья для алюмосиликатной керамики в зависимости от его химического состава: 1 – огнеупорные (беложгущиеся) глины: $SiO_2/Al_2O_3=2-3$, $M_k=2,0-2,5$; 2 – тугоплавкие (светложгущиеся) глины: $SiO_2/Al_2O_3=3,5-5$, $M_k=2,5-4,0$; 3 – легкоплавкие (красножгущиеся) глины и суглинки: $SiO_2/Al_2O_3=7-10$, $M_k=3,0-5,0$; 4 – топазовые породы: $SiO_2/Al_2O_3=2,0-4,0$, $M_k=1,5-3,5$; 5 – цеолитовые породы: $SiO_2/Al_2O_3=8-10$, $M_k=3,5-5,0$; 6 – золосодержащее сырье: $SiO_2/Al_2O_3=4-7$, $M_k=2,0-3,0$

сностью (размером зерен), содержанием в массе, видом и качеством глинистого сырья, а также температурными условиями термообработки изделий. В частности, использованием *диопсидовых и волластонитовых пород* грубых полидисперсных фракций (с размером частиц менее 1 мм) в количестве 10–20% и узкофрак-

ционного состава (0,1–0,3 мм) в количестве 50–60% в комбинациях с глинами любой разновидности при относительно невысоких температурах обжига (950–1050°C) обеспечивает формирование высокопрочной строительной (в композициях с легкоплавкими глинами и суглинками) и пористой керамики (на основе тугоплавких и легкоплавких глин) со средним размером пор 20–30 мкм. При этом добавка играет роль инертного наполнителя и армирует структуру за счет игольчатого каркаса из взаимно переплетенных игл и волокон сохранных минералов добавки. Уменьшение размера (менее 0,063 мм) частиц добавки волластонитовых и диопсидовых пород в количестве от 10 до 50–60% при сохранении прочих равных условий изменяет характер действия добавки и сводится к кристаллообразующему действию (синтезу анортита) с частичным сохранением исходной фазы (диопсида или волластонита) добавки, что расширяет области практического их применения как армирующе-упрочняющей добавки для получения ангобов, майолики, пористой керамики с размером пор 2–3 мкм и в составах объемно-окрашенной строительной керамики.

Таким образом, расширены представления о химико-минералогических факторах, определяющих физико-химические и технологические (дообжиговые и керамические) свойства глинистого сырья, уровень которых зависит не только от содержания и минерального типа глинистой части, но и от степени совершенства структуры глинообразующих минералов, а также от качественных и количественных вещественных составов тонкодисперсной непластичной и грубозернистой примесной составляющих. Регулирование основных технологических свойств глинистого сырья с целью доведения их до необходимого уровня обеспечивается использованием корректирующих силикатных добавок.



Ассоциация «Промышленные минералы»
Российская Академия наук
Третья международная выставка
«Промышленные минералы»
29 мая – 1 июня 2007 г.
Вторая международная конференция
«Промышленные минералы и научно-технический прогресс»
31 мая – 1 июня 2007 г.
Москва, выставочный центр «Крокус-Экспо»



Мероприятия проводятся в рамках российского национального промышленного форума «Промышленные технологии для России»

Оргкомитет: Россия, 117334, г. Москва, ул. Вавилова, 34, офис 108

Тел.: (495) 135-97-43, факс: (495) 330-17-02, 242-58-07, E-mail: soltan014@mail.ru
www.minpro.ru, www.promfair.ru, www.nemetall.ru

Н.Г. ГУРОВ, генеральный директор, Л.В. КОТЛЯРОВА, канд. техн. наук, заведующая научно-исследовательской лабораторией, ЗАО «Южный научно-исследовательский институт строительных материалов» (ЮжНИИстром); Н.Н. ИВАНОВ, канд. геогр. наук, Южный федеральный университет (Ростов-на-Дону)

Расширение сырьевой базы для производства высококачественной стеновой керамики

Стеновые керамические изделия – наиболее долговечные, экологические чистые материалы, которые обеспечивают повышенную комфортность, создавая благоприятный температурный и влажностный климат в жилых помещениях. Однако серьезной проблемой производства этих изделий является вынужденное вовлечение в сферу производства низкосортного сырья, обладающего высокой чувствительностью к сушке. Для получения из подобного сырья качественных изделий необходимы глубокие исследования его химического и минерального состава, керамических свойств и технологических особенностей. Эти данные должны служить основой для разработки эффективной технологической схемы производства.

Исследования показывают, что с точки зрения эксплуатации изделий в кладке зданий кирпич полусухого прессования более предпочтителен, что обусловлено более совершенной кристаллизационной структурой черепка [1]. Это утверждение корректно только по отношению к кирпичу, изготовленному по усовершенствованным технологиям. Полусухой способ производства получил распространение в середине прошлого века как менее затратный. За долгие годы эксплуатации многие предприятия перешли на другие месторождения сырья, а технология осталась неизменной, что негативно отразилось на качестве продукции. Практика показывает, что традиционный способ получения пресс-порошка с использованием сушильного барабана и дезинтегратора не позволяет получить качественный кирпич, так как пресс-порошки имеют широкий диапазон распределения частиц по размерам, влажности и содержат пылевидную фракцию, что снижает эффективность упаковки частиц при прессовании сырца, вызывает внутреннюю трещиноватость, при этом снижается прочность и морозостойкость изделий. Отсутствие сушки сырца в сушилках с регулируемым тепловлажностным режимом приводит в начале обжига к локальным нарушениям структуры сырца, сопровождающимся образованием трещин.

В связи с этим среди потребителей утвердилось мнение о низком качестве кирпича полусухого прессования. В ГОСТ 530–95* и СНиП 11–22–81* также приводятся меньшие значения прочности при изгибе и упругих характеристик для неармированной кладки при использовании кирпича полусухого прессования.

Исследования, проведенные в лаборатории ЗАО «ЮжНИИстром», и заводские испытания показали, что получение качественного кирпича полусухим способом по традиционной технологии возможно только для определенных типов глинистого сырья. Это показано на примере сырья некоторых месторождений, основные характеристики которого представлены в табл. 1.

Из приведенных данных видно, что только сырье Сальского месторождения может быть использовано в

традиционной технологии производства кирпича полусухим способом при условии его стабильного качества. Остальное сырье для получения качественной продукции требует дополнительной обработки, которая может заключаться в предварительной пластической подготовке массы и других известных способах механохимической активации. Цель активации – изменение свойств сырья и создание условий для формирования оптимальной структуры изделий. При этом качество сырья оказывает существенное влияние на выбор технологии подготовки пресс-порошка.

Например, для сырья Белокалитвенского и Киевского месторождений необходима механоактивация глинистой фракции с целью увеличения содержания фракции коллоидной дисперсности для регулирования зернового состава пресс-порошка и повышения прочности изделий при изгибе. Для сырья Гуковского, Сухо-Чалтырского, Самбекского, Кушевского месторождений необходима корректировка свойств путем введения пылеватых песков или других дисперсных добавок с целью снижения осадочных напряжений каждого отдельного зерна в системе, увеличения площади контакта частиц и прочности прессовки при снижении удельного давления прессования [2].

Независимо от выбранного способа механической активации сырья при полусухой схеме производства необходимо гранулировать пресс-порошки для создания монофракционного зернового состава, что позволяет решить проблемы неравноплотности сырца и является одним из основных условий получения бездефектной прессовки. Услошение схемы получения пресс-порошка и подсушка сырца на печных вагонетках с регулируемым тепловлажностным режимом приведет к некоторому удорожанию себестоимости, но повышение качества кирпича полусухого прессования позволит изменить отношение к нему проектировщиков и строителей.

Таким образом, корректировка состава и применение механоактивации глинистого сырья наряду с гранулированием пресс-порошка является приоритетным направлением повышения качества керамических изделий на предприятиях полусухого прессования.

Развитие и совершенствование технологии производства стеновых керамических материалов ведется непрерывно, и каждый из способов производства имеет свои достоинства и недостатки.

Известным преимуществом пластического формирования является возможность получения изделий с высокой пустотностью. Для малопластичного трудноформируемого глинистого сырья, высокочувствительного к сушке, может быть рекомендовано введение в массу другого вида глины, если предприятие расположено вблизи карьера глинистого сырья, отличающегося минеральным и вещественным составом от используемого на данном предприятии.

Таблица 1

| Характеристика | | Месторождение | | | | | | |
|---|--|----------------------------|----------------------------|---------------------|------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | Сальское | Белокалит-венское | Киевское | Гуковское | Сухо-Чалтырское | Самбекское | Кущевское |
| Массовая доля основных компонентов, % | SiO ₂ /SiO ₂ св. | 59,57/25,97 | 66,09/38,81 | 61,66/31,92 | 54,27/28,04 | 57,82/25,13 | 58,45/27,17 | 53,6/25,12 |
| | Al ₂ O ₃ | 10,46 | 8,38 | 13,02 | 16,29 | 12,29 | 12,22 | 11,68 |
| | CaO | 7,4 | 5,04 | 4,98 | 9,2 | 8,02 | 7,83 | 8,83 |
| | MgO | 2,57 | 2,62 | 1,51 | 1,97 | 1,27 | 2,36 | 2,49 |
| | Fe ₂ O ₃ | 5,3 | 3,98 | 5,47 | 4,46 | 6,01 | 4,85 | 5,29 |
| | R ₂ O | 1,58 | 2,66 | 4,04 | 2,7 | 3,27 | 3,27 | 2,54 |
| | ППП | 8,33 | 8,99 | 6,63 | 9,98 | 8,8 | 9,64 | 11,83 |
| Вид глинистых минералов | | Гидрослюда, монтмориллонит | Гидрослюда, монтмориллонит | Гидрослюда | Монтмориллонит | Гидрослюда, монтмориллонит | Гидрослюда, монтмориллонит | Гидрослюда, монтмориллонит |
| Вещественный состав, % | песчаная фракция | 1,57 | 20,87 | 6,3 | 1,41 | 1,39 | 1,02 | 1,12 |
| | пылевидная фракция | 62,3 | 29,93 | 68,84 | 43,94 | 51,16 | 48,43 | 44,38 |
| | глинистая фракция | 36,13 | 29,2 | 24,86 | 54,65 | 47,45 | 50,55 | 54,5 |
| Число пластичности | | 6,2 | 7 | 4,1 | 14,2 | 12,23 | 10,2 | 12,8 |
| Чувствительность к сушке, с | | 58 | 76 | 58 | 86 | 60 | 77 | 55 |
| Усадка, % | воздушная | 7 | 8 | 4,6 | 9,5 | 8,4 | 8,3 | 9 |
| | огневая | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 1,25 | 1 | 1,1 | 2 |
| Средняя плотность черепка, кг/м ³ | | 1817 | 1958 | 1800 | 1830 | 1850 | 1830 | 1878 |
| Водопоглощение, % | | 14,1 | 11,6 | 14,8 | 15 | 13,5 | 13,8 | 13,3 |
| Прочность при изгибе в сухом состоянии, МПа | | 5,3 | 4 | 2 | 8,2 | 6,8 | 6,1 | 9,3 |
| Прочность обожженных образцов при изгибе, МПа | пластического формования | 12 | 9,6 | 11,9 | 13,4 | 13,4 | 15,2 | 15,8 |
| | полусухого прессования (традиционная подготовка) | 7,7 | 4,3 | 7,5 | 11,5 | 7,5 | 8,9 | 7,9 |
| Внешний вид образцов полусухого прессования при традиционной подготовке пресс-порошка | | Без дефектов | Посечки | Трещины, расслоения | Глубокие трещины | Сетка трещин | Сетка трещин | Глубокие трещины |

На примере Киевского месторождения, разведанного для строящегося керамического завода, показана возможность производства кирпича пластического формования с пустотностью 30% из малопластичного глинистого сырья при введении бентонитовой глины или ее вскрышных пород. Месторождение бентонитовых глин расположено в 100 км от строящегося завода. В табл. 2 приведена качественная характеристика глин, в табл. 3 – керамические свойства образцов.

Изучение пластичности, чувствительности к сушке, воздушной усадки, физико-механических свойств образцов показало, что увеличение содержания высокопластичных бентонитовых глин улучшает пластичность и формуемость глиномасс, а также повышает прочность высушенных образцов при изгибе и воздушную усадку. Известковистая бентонитовая глина (с высоким содержанием CaO) значительно улучшает сушильные свойства и способствует увеличению прочности обожженных образцов. Необходимо отметить, что при введении бентонитовых глин важным фактором является степень их измельчения и однородность глиномассы. Подобные глины являются коллоидными системами и

их введение наиболее эффективно в виде шликера, но при увеличении содержания бентонитовых глин более 3–5% это невозможно из-за переувлажнения глиномассы. В представленной работе бентонитовую глину измельчали до 0,25 мм, при более тонком измельчении возможно сокращение ее содержания в составе масс. При проведении ползаводских испытаний на керамическом заводе ОАО «Славянский кирпич» на основе глинистого сырья Киевского месторождения с добавкой 12% вскрыши бентонитовых глин получен бездефектный кирпич марки М125 при пустотности 30%.

Технология, разработанная для глин Киевского месторождения, позволяет получить из малопластичного высокочувствительного к сушке глинистого сырья качественный кирпич пластического формования. Недостатком получаемого кирпича является белый налет, покрывающий лицевые поверхности кирпича из-за высокого содержания водорастворимых солей (24,76 мг-экв.). С целью устранения этого дефекта предлагается наносить на свежеформованный сырец специальный водный раствор, разработанный ЗАО «ЮжНИИстром».

Таблица 2

| Характеристика | | Вид глины | |
|---|--|----------------------------|---------------------------|
| | | Бентонитовая (участок Хеу) | Вскрыша бентонитовых глин |
| Массовая доля основных компонентов, % | SiO ₂ /SiO ₂ св. | 60/30,23 | 28,96/9,97 |
| | Al ₂ O ₃ | 11,51 | 7,26 |
| | CaO | 4,96 | 30,49 |
| | MgO | 2,09 | 0,4 |
| | Fe ₂ O ₃ | 5,58 | 3,96 |
| | R ₂ O | 5,01 | 2,54 |
| | ППП | 9,2 | 25,61 |
| Вещественный состав, % | Песчаная фракция | 1,27 | 7,57 |
| | Пылевидная фракция | 14,53 | 27,08 |
| | Глинистая фракция | 84,2 | 65,35 |
| Число пластичности | | 36,51 | 18,11 |
| Чувствительность к сушке, с | | 53 | 52 |
| Усадка воздушная, % | | 12,58 | 11,08 |
| Прочность при изгибе в сухом состоянии, МПа | | 10,82 | 10,29 |

Таблица 3

| Массовая доля компонентов шихты, % | | | Число пластичности | Чувствительность к сушке, с | Прочность сырца при изгибе в сухом состоянии, МПа | Прочность обожженных образцов, МПа | | Водопоглощение, % |
|------------------------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------------|---|------------------------------------|------------|-------------------|
| глина Киевского месторождения | бентонитовая глина | вскрыша бентонитовых глин | | | | при сжатии | при изгибе | |
| 95 | 5 | – | 6,3 | 69 | 2,6 | 26,4 | 10,8 | 15,8 |
| 92,5 | 7,5 | – | 9 | 69 | 3 | 25,8 | 10 | 16,3 |
| 90 | 10 | – | 11,2 | 65 | 3,3 | 25,1 | 9,8 | 16,4 |
| 88 | – | 12 | 9 | 90 | 5,2 | 39,8 | 17,3 | 11,8 |

Таким образом, используя относительно несложные приемы рецептурного и технологического характера из низкосортного глинистого сырья, можно получить высококачественные керамические изделия как пластическим, так и полусухим способом. Практическое усовершенствование процессов производства в наиболее выгодном сочетании позволит существенно улучшить экономику предприятий.

Список литературы

1. *Тарасевич Б.П.* Научные основы выбора оптимального направления в технологии стеновой керамики // Строит. материалы. 1993. № 27. С. 22–25.
2. *Гуров Н.Г., Котлярова Л.В.* Выбор эффективных технологий при производстве стеновых керамических изделий в современных условиях // Строит. материалы. 2004. № 2. С. 6–7.



ЗАО «Южный научно-исследовательский институт строительных материалов

ЮЖНИИСтром

Выполняет:

- инженерно-геодезические и инженерно-геологические изыскания для строительства и реконструкции заводов строительных материалов;
- лабораторные исследования сырья для производства строительных материалов, испытания готовой продукции (строительной керамики и бетонов) на соответствие стандартам;
- проектирование строительства и реконструкции заводов строительных материалов

344038, г. Ростов-на-Дону, ул. Нансена, 105/1
Тел./факс: (863) 232 82 08 (приемная), (863) 232 35 05
www.proektnii.narod.ru proektnii@mail.ru

МАТЕРИАЛЫ



Фирма LINGL помогает добиться успеха ведущему предприятию в Саудовской Аравии

В связи с тем, что в настоящее время имеется огромное количество проектов по строительству общественных зданий, кирпичная промышленность переживает невероятный бум практически по всему Ближнему и Среднему Востоку. Темпы экономического роста более 10% в год в этом регионе не удивляют. Один из лидеров данного рынка в Саудовской Аравии – компания Saudi Red Bricks Co. занимает около 25% данного рынка.

В расположенном в Саудовской Аравии городе Бахра, который находится в 40 км от города Джедда, у компании Saudi Red Bricks Co. три успешно работающих завода. История этой компании, которая имеет особые традиции, отражает влияние высоких темпов развития строительной отрасли и внедрения инноваций: когда компания Saudi Red Bricks начала свою работу более 55 лет тому назад, ее суточная производительность составляла 50 т; в настоящее время компания выпускает ежедневно до 7 тыс т продукции. В планы компании входит повысить к 2010 г. этот суточный объем выпуска еще на 3 тыс т.

Потребность в кирпиче в этой расположенной в пустыне стране за последние годы выросла в огромных масштабах. Saudi Red Bricks обеспечивает надлежащий ассортимент продукции самого высокого качества благодаря работе в две смены шесть дней в неделю. В основном на этих предприятиях компания производит пустотелые блоки и лицевой кирпич в объеме около 2 млн т в год.

Существующие в настоящее время превосходные деловые отношения между Saudi Red Bricks и LINGL начались в 2000 г. В это время конструкторы предприятия получили заказ на поставку трех сушильных установок, включая и системы транспортировки сушильных вагонеток. Предложенная технология обладала убедительными преимуществами: на протяжении последних 6 лет в Крумбахе получали все больше и больше заказов. Компания



«Королевский» кирпич: Король Саудовской Аравии Абдулла (слева) оставляет свой автограф на кирпиче, который был изготовлен на установке LINGL. Второй слева: Шейх Халид Аль-Амуди, сын шейха Ахмада Аль-Амуди (в центре)

Saudi Red Bricks заказала еще две сушильные установки, а также полный комплект дополнительного оборудования (от влажной стороны технологической линии и зоны погрузочных и разгрузочных роботов до садового и упаковочного оборудования).

Технические особенности

Saudi Red Bricks использует роботов для полностью автоматической работы на всех трех заводах, что является важной основой обеспечения конкурентных преимуществ и долговременного успеха компании. Еще одной особенностью заводов является применение сушилок непрерывного действия со стационарными инженторными стенками. Помимо этого, LINGL в Бахре впервые установил первую двустороннюю резательную машину для кирпича, отформованного методом жесткой экструзии.

Особыми требованиями для оборудования в этих странах являются в первую очередь удобство обслуживания и стойкость к климатическим условиям. С учетом этих важных требований установки разрабатывались также с использованием опробованных и испытанных компонентов LINGL для управления, которые имеются и в Саудовской Аравии.

Для того чтобы удерживать достойные позиции на рынке, Saudi Red Bricks применяет самые последние и надежные передовые технологии. В этой связи важнейшей целью LINGL является расширение деловых отношений и подтверждение заслуженного доверия.



Линия 7-разгрузочного устройства LINGL



Линия 8-садового и упаковочного оборудования LINGL

Представительство фирмы LINGL на территории Российской Федерации и СНГ
196247 Россия, г. Санкт-Петербург, Ленинский пр-т, д. 160, офис 303
тел./факс: +7 812 703 4199, моб. тел.: +7 911 812 2237

А.Н. ВОЛОДЧЕНКО, канд. техн. наук, Р.В. ЖУКОВ, инженер,
В.С. ЛЕСОВИК, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, Е.А. ДОРОГАНОВ, канд. техн. наук,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Оптимизация свойств силикатных материалов на основе известково-песчано-глинистого вяжущего

В настоящее время большинство полезных ископаемых добывают наиболее высокопроизводительным открытым способом, удельный вес которого в мировой добыче составляет 66%. Специфика добычи и обогащения алмазосодержащих руд состоит в извлечении и переработке огромных масс горных пород. При открытой разработке месторождений полезных ископаемых в отвалах и хвостохранилища попадают значительные объемы вскрышных и вмещающих горных пород, основную массу которых составляют песчано-глинистые отложения.

Вскрышные песчано-глинистые породы Архангельской алмазодобывающей провинции (ААП) возможно использовать в качестве сырья для силикатных материалов. Замена традиционных материалов более дешевыми, доступными вскрышными породами ААП позволяет снизить содержание отходов в отвалах, существенно расширить сырьевую базу и создать в районе добычи благоприятные условия для жизнедеятельности человека [1, 2].

Цель настоящего исследования – посредством моделирования и оптимизации зависимости изменения физико-механических показателей от технологических параметров автоклавного твердения получение на основе известково-песчано-глинистого вяжущего высокопустотных силикатных материалов, превосходящих по своим физико-механическим показателям традиционные известково-песчаные силикатные материалы. В исследовании использовали вскрышную песчано-глинистую породу месторождения имени М.В. Ломоносова ААП. Порода имеет светло-желтый цвет, по числу пластичности (3,5) и гранулометрическому составу относится к пылевой супеси (табл. 1). Фракция более 0,005 мм состоит преимущественно из кварца. Фракция менее 0,005 мм представлена слабоокатанным кварцем, монтмориллонитом, гидрослюдой и смешанослойными образованиями типа монтмориллонит-гидрослюда [2].

При производстве силикатных строительных материалов важной задачей является подбор состава сырьевой смеси и режима автоклавной обработки, обеспечивающих наилучшие физико-механические характеристики материала. Выявление оптимальных составов силикатных строительных материалов автоклавного твердения, исследование влияния отдельных компонентов и режимов автоклавной обработки на их технологические и физико-механические свойства возможно осуществить с использованием метода математического планирования эксперимента.

Изменяя соотношение компонентов сырьевых смесей и технологические параметры, возможно при минимальном использовании дорогостоящих компонентов и добавок обеспечить требуемые физико-механические показатели силикатных изделий, а также сократить энергозатраты. Это способствует снижению себестоимости силикатных изделий.

Для выявления комплексного влияния содержания в составе известково-песчано-глинистого вяжущего супеси и $CaO_{акт}$, длительности изотермической выдержки и давления при автоклавной обработке на предел прочности при сжатии $R_{сж}$, среднюю плотность $\rho_{ср}$ и коэффициент размягчения $K_{раз}$ силикатных изделий проводили четырехфакторный эксперимент по методу ортогонального центрального композиционного планирования, результаты которого представлены на номограммах (рис. 1).

Содержание породы (x_1) принималось в пределах от 10 до 60%, длительность изотермической выдержки (x_2) – 2–8 ч, давление при автоклавной обработке (x_3) – от 0,6 до 1,2 МПа и содержание $CaO_{акт}$ (x_4) – от 4 до 10%.

После статистической компьютерной обработки экспериментальных данных были получены модели изменения прочности при сжатии $R_{сж}$, средней плотности $\rho_{ср}$ и коэффициента размягчения $K_{раз}$ силикатных образцов:

$$R_{сж} = 33,5 + 9,6x_1 + 3,7x_2 + 5,7x_3 + 4,8x_4 - 5x_1^2 + 0,03x_2^2 + 2,8x_3^2 - 4,5x_4^2 + 0,4x_1x_2 + 1,4x_1x_3 - 2,2x_1x_4 + 1,5x_2x_3 + 1,2x_2x_4 + 3,2x_3x_4;$$

$$\rho_{ср} = 1979 + 10x_1 - x_2 - 8,4x_3 - 23,1x_4 - 40,6x_1^2 - 1,6x_2^2 - 7,6x_3^2 - 13,6x_4^2 - 7x_1x_2 - 9,9x_1x_3 - 19,3x_1x_4 + 15,8x_2x_3 - 5,1x_2x_4 - 6x_3x_4;$$

$$K_{раз} = 0,76 + 0,03(x_2 - x_1 - x_1^2 - x_1x_3 + x_1x_4) + 0,04x_2^2 + 0,06(x_3^2 - x_4^2) + 0,01(x_1x_2 - x_2x_3) + 0,2x_3x_4.$$

Полученные данные показывают, что с увеличением содержания супеси в составе вяжущего растет прочность изделий, причем наибольшая интенсивность прироста прочности наблюдается при содержании породы до 30–40% (рис. 1а–г). Наибольшая средняя плотность при небольшой активности смеси наблюдается при содержании супеси 40–45% (рис. 1д, ж). При увеличении содержания известки наибольшая средняя плотность смешается в область меньшего содержания супеси (30–35%) (рис. 1е, з). Данные о коэффициенте размягчения $K_{раз}$ показывают, что при оптимальном содержании супеси в смеси получаются водостойкие изделия. Этот показатель

Содержание фракций в %, размер частиц, мм

| | | | | | | | |
|------------|-----------|------------|-----------|----------|-----------|------------|-------------|
| более 1,25 | 1,25–0,63 | 0,63–0,315 | 0,315–0,1 | 0,1–0,04 | 0,04–0,01 | 0,01–0,005 | менее 0,005 |
| 1,99 | 18,6 | 26,37 | 30,07 | 3,97 | 9,51 | 1,9 | 7,59 |

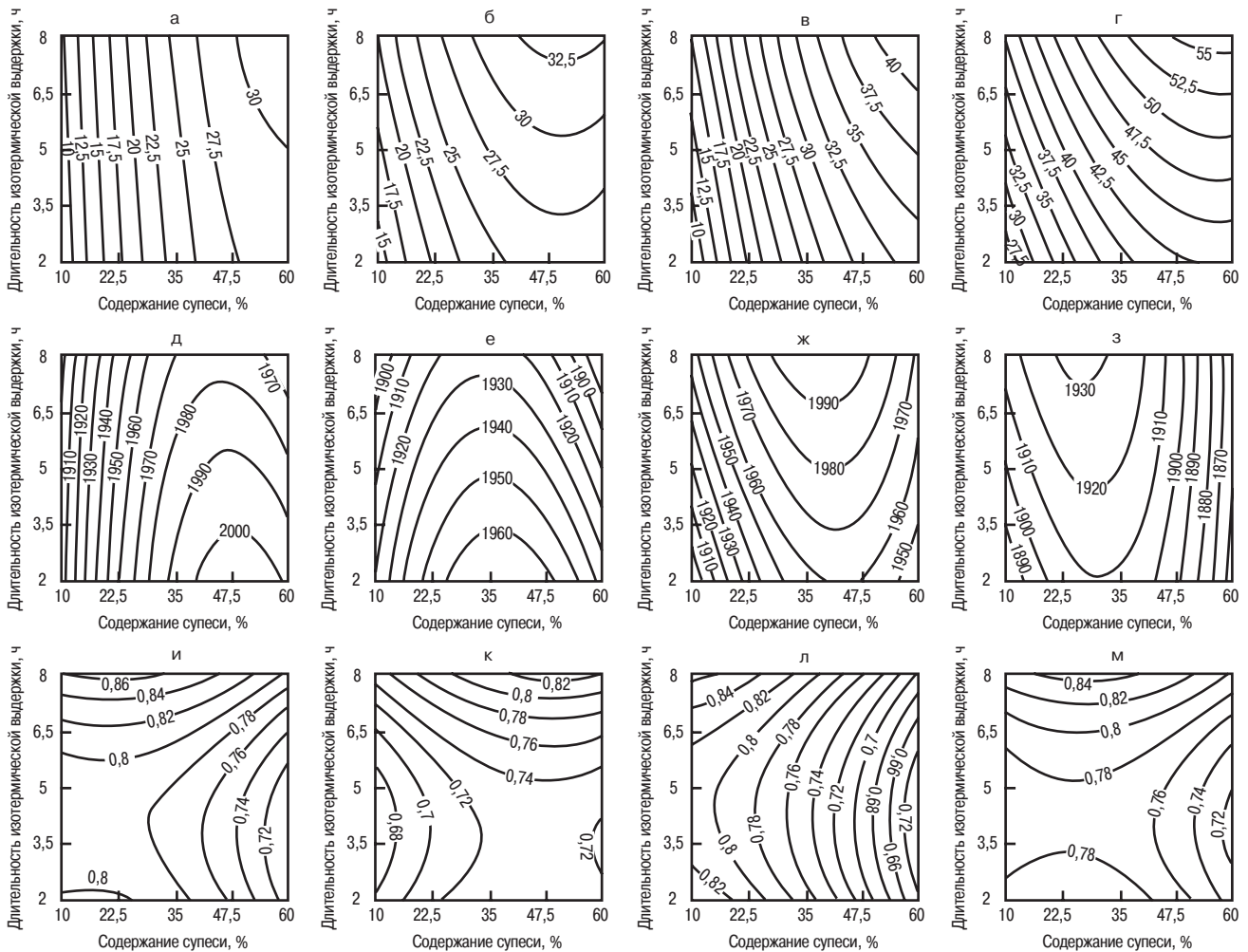


Рис. 1. Номограммы зависимости прочности при сжатии (а–г), средней плотности (д–з) и коэффициента размягчения (и–м) силикатных изделий от содержания супеси, содержания $\text{CaO}_{\text{акт}}$, длительности изотермической выдержки и давления при автоклавной обработке; содержание $\text{CaO}_{\text{акт}}$: а, в, д, ж, и, л – 4%; б, г, е, з, к, м – 10%; давление при автоклавной обработке: а, б, д, е, и, к – 0,6 МПа; в, г, ж, з, л, м – 1,2 МПа

изменяется в зависимости от активности смеси: при небольшой активности смеси повышение содержания супеси снижает водостойкость (рис. 1и, л), а при большей активности повышает (рис. 1к, м). Морозостойкость всех составов отвечает маркам F25–F35, водопоглощение находится в пределах 10–12%.

Использование моделей позволяет для получения изделий с заданной прочностью провести расчет технологических параметров, из которых можно выбрать оптимальные для конкретных производственных условий. Рассчитаны составы сырьевых смесей и режимы гидротермальной обработки для получения материала с прочностью при сжатии от 20 до 50 МПа.

Известково-песчаные (контрольные) образцы, содержащие 8% $\text{CaO}_{\text{акт}}$, автоклавированные при 1 МПа с 6 ч изотермической выдержкой, характеризуются прочностью при сжатии 30 МПа. Введение супеси позволяет повысить прочностные показатели. Так, например, введение 30% супеси позволяет достичь прочности в 35 МПа, а 40% – 40 МПа. Снижение дозировки извести или уменьшение расхода энергоносителя при сокращении длительности изотермической выдержки или давления автоклавной обработки приводят к снижению прочности изделий.

Изменение состава новообразований при введении в вяжущее песчано-глинистой породы происходит за счет реакции гидроксидов кальция с породообразующими минералами глины [3].

Гидратные новообразования в образцах с супесью и в контрольных известково-песчаных образцах пред-

ставлены гидросиликатами кальция CSH(B). В случае образцов с супесью смещение экзопика в область более высоких (850–860°C) температур, вероятно, связано с повышением основности гидросиликатов кальция. Наряду с гидросиликатами кальция образуются гидрогранаты, которые фиксируются по эндотермическому эффекту при 340°C (рис. 2, а) и дифракционным максимумам в пределах 2,75–2,79 Å на дифрактограммах (рис. 2, б). Содержание кремнезема в гидрогранатах составляет 0,8–1,2 моль.

При недостаточном количестве глинистых минералов известь связывается не полностью, и соответственно уменьшается количество связующего. В образцах с 5% супеси и 8% CaO из-за недостаточного количества песчано-глинистой породы, необходимой для взаимодействия с находящейся в сырьевой смеси известью, гидроксид кальция остается несвязанным (эндотермический эффект при 480°C). Это приводит к снижению прочности силикатных материалов с содержанием супеси 5–10%. Такой результат согласуется с выводами работы [3], в которой было показано, что в известково-глино-песчаной смеси с известью реагируют преимущественно глинистые минералы, что оказывает определяющее влияние на процессы синтеза гидратных новообразований. Тонкодисперсный кварц вступает в реакцию с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция типа CSH(B) лишь частично. В рассматриваемых гидротермальных условиях кварц обладает необходимой реакционной способностью лишь в том случае, если размер его частиц меньше 0,005 мм. С укрупнением

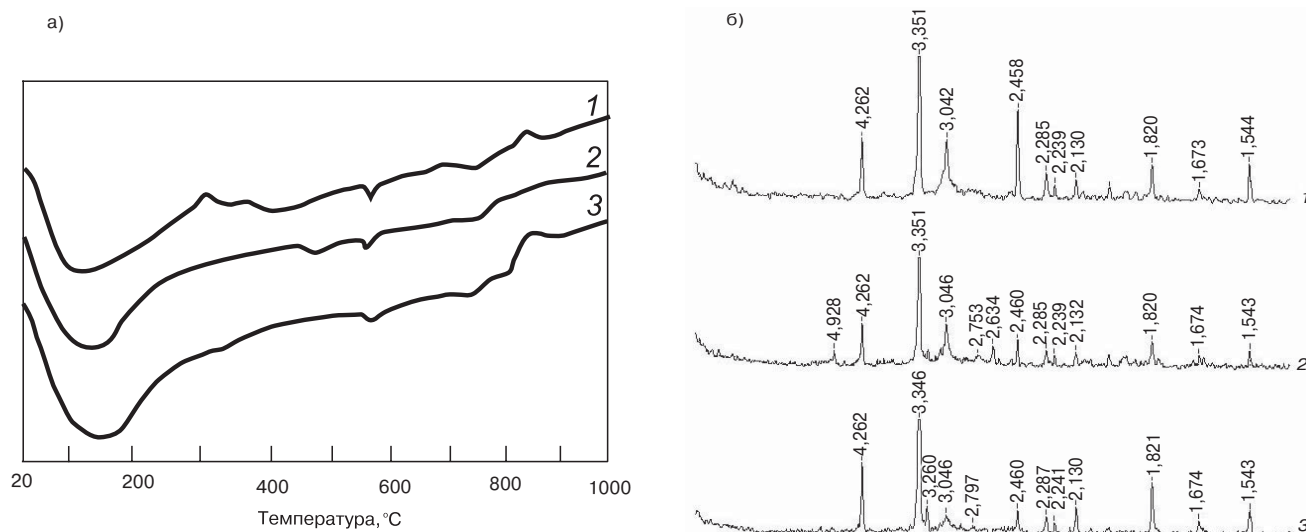


Рис. 2. Термограммы (а) и дифрактограммы (б) образцов; содержание супеси: 1 – 0%; 2 – 5%; 3 – 40%

зерен кварца его реакционная способность снижается. Крупный кварц практически не реагирует с известью.

Рост прочности образцов происходит в результате образования более прочной микроструктуры связующего вещества за счет увеличения плотности упаковки материала, а также за счет появления гидрогранатов, которые являются микронаполнителем в субмикроструктурной гелевидной фазе из низкоосновных гидросиликатов кальция.

Таким образом, разработаны математические модели, позволяющие оптимизировать свойства и управлять формированием гидратных новообразований силикатных материалов на основе известково-песчано-глинистого вяжущего. Использование предлагаемых математических моделей позволит получать высокоактивные изделия автоклавного твердения с заранее заданными свойствами.

Список литературы

1. Володченко А.Н., Алфимов С.И., Жуков Р.В. и др. Силикатные бетоны на основе отходов горнодобывающей промышленности // Aktualne Problemy Naukowo-Badawcze Budownictwa. VIII Konferencja Naukowo-Techniczna. Olsztun. 2006. S. 293–298.
2. Володченко А.Н., Жуков Р.В., Алфимов С.И. Силикатные материалы на основе вскрышных пород Архангельской алмазодобывающей провинции // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. 2006. № 3. С. 67–70.
3. Володченко А.Н., Воронцов В.М., Голиков Г.Г. Влияние парагенезиса «кварц-глинистые минералы» на свойства автоклавных силикатных материалов // Известия вузов. Строительство. 2000. № 10. С. 57–60.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Петербургский государственный университет путей сообщения
 ООО «Пенобетон 2000» • АНИТЦ «Сократ» • ООО «Максимум»
 приглашают на

международную научно-практическую конференцию
Санкт-Петербург, Россия **ПЕНОБЕТОН** **19-21 июня 2007**

Тенденции развития и использования пенобетона.
 Теория композиционного пенобетона.
 Материалы, технологии и свойства монолитного пенобетона.

Сырьевые материалы, технология и свойства пенобетонных изделий.
 Строительное производство и конструкции на основе пенобетона.

2007
FOAM CONCRETE

при информационной поддержке журналов **ЦЕМЕНТ** и его применение

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

Ученый секретарь конференции
 д-р техн. наук, профессор
 Масленникова Людмила
 Леонидовна

Секретарь
 Рупасова Инна Владимировна

Тел./Факс: (812) 310-93-92, 310-64-85
 Тел.: (812) 768- 86-44, 310-17-25
 E-mail: penobeton-2007@yandex.ru
 www.pgups.ru/penobeton-2007

РЕКЛАМА

В.В. СТРОКОВА, д-р техн. наук, А.О. ЛЮТЕНКО, инженер,
Е.И. ХОДЫКИН, канд. техн. наук,
Белгородский государственный технологический институт им. В.Г. Шухова

Методика определения количества цемента для оптимального твердения грунтобетона

Одна из основных проблем получения грунтобетона с заранее заданными характеристиками заключается в отсутствии методики расчета состава. Обычно для разработки грунтобетона проводят комплекс экспериментальных исследований с целью выявления оптимальных составов, при которых строительный композит имеет удовлетворяющие исходным требованиям показатели. Это требует больших затрат времени и человеческих ресурсов. Прогнозирование свойств строительного материала, основанное на свойствах его компонентов, является задачей, решение которой позволит сократить человеческие и временные затраты до минимума и добиться максимального эффекта в кратчайшие сроки.

Необходимо разработать математическую модель, адекватно описывающую зависимость физико-механических характеристик конечного продукта от свойств исходных материалов (грунта и вяжущего). При этом требуется провести экспериментальные исследования влияния на конечные свойства материала изменений различных свойств его компонентов, результаты которых позволят прийти к пониманию процессов, происходящих при формировании структуры.

Глинистые грунты – материалы сложной структуры, полидисперсные полиминеральные многокомпонентные полигенетические (техногенные грунты) системы. Поэтому знание их состава и свойств является решающим при разработке новых укрепленных материалов – грунтобетонов для дорожного строительства, а также при выборе вяжущих.

Грунты как многокомпонентные системы состоят из твердой, жидкой и газовой фаз, а также из биотической составляющей. Каждый из компонентов грунта в зависимости от содержания и состава может оказывать определенное влияние на свойства материала.

Полное изучение состава и свойств грунтов требует много усилий и времени. В связи с этим необходимо ввести допущение, что не все компоненты грунта оказывают равное влияние на его свойства и не все свойства равнозначно указывают на возможность укрепления грунтов вяжущими. Достаточным является выделение характеристик грунта, оказывающих наибольшее влияние на формирование структуры грунтобетона, на эффективность его укрепления.

Формирование структуры грунтобетона, в качестве вяжущего в котором применяют портландцемент, а грунт представлен глинистыми породами, происходит в системе грунт–цемент–вода при активном участии всех компонентов. Эффективность этого процесса определяет конечные эксплуатационные показатели укрепленного композита.

Формирование структуры укрепленного грунта зависит от множества показателей: исходных характеристик грунта и вяжущего, технологических факторов, обуславливающих точность дозирования компонентов, степень гомогенизации, увлажнения и уплотнения смеси и условия твердения.

Проведенный анализ состава и свойств глинистых пород показал, что наибольшее влияние на конечные свойства грунтобетона оказывает твердый компонент грунтов, включающий твердые минеральные частицы, органические соединения и органоминеральные комплексы. Состав твердого компонента имеет большое значение при формировании свойств самих грунтов. При этом из большого количества свойств можно выделить адсорбционные и ионнообменные, которые характеризуются емкостью поглощения, а также кислотно-основными свойствами, основным показателем которых является уровень pH.

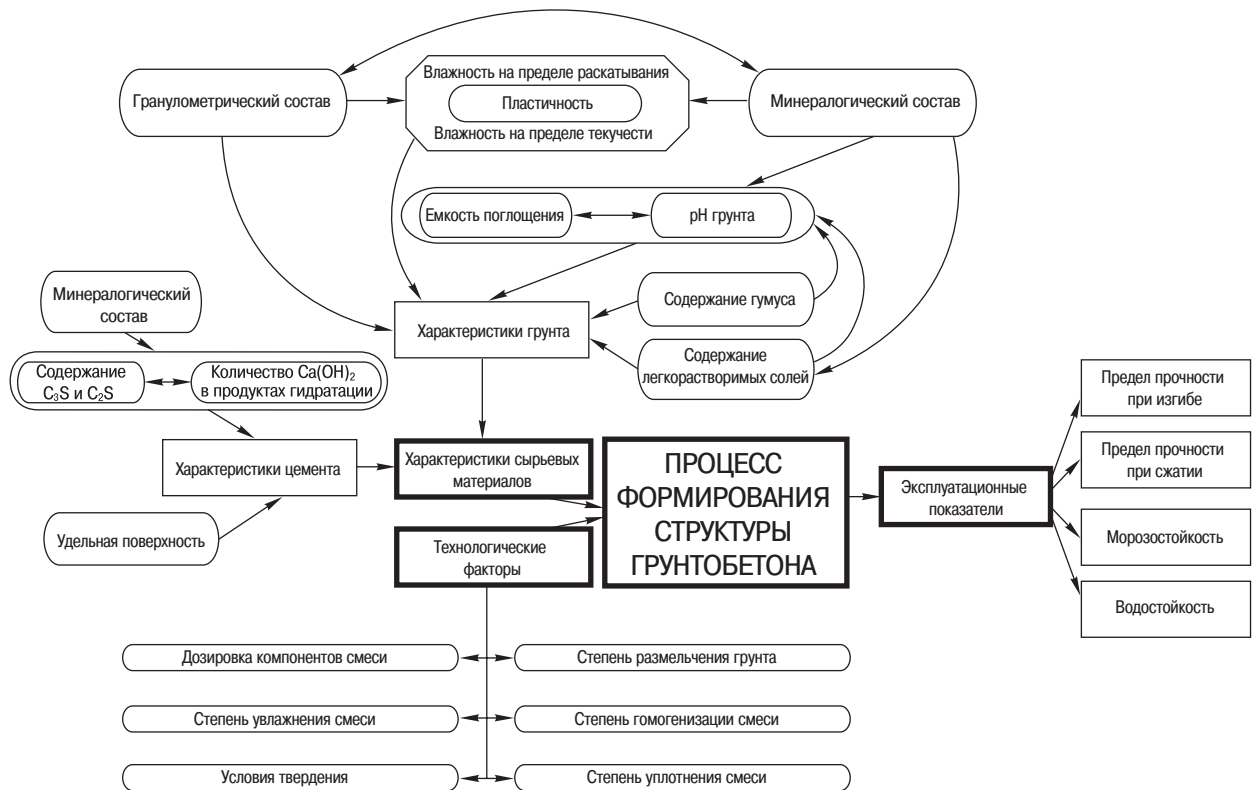
Основными характеристиками цемента, обуславливающими эффективность его применения при укреплении грунтов, являются тонкость помола, или удельная поверхность, и минералогический состав.

Исходя из выше сказанного была разработана модель зависимости основных входных и выходных параметров формирования структуры грунтобетона (см. рисунок). Данная модель представляет собой «черный ящик», в котором доступна лишь входная и выходная информация, а исследование поведения выходных параметров при изменении входных приводит к пониманию поведения самой системы.

Оптимальное твердение грунтобетона определяется условиями твердения продуктов гидратации клинкерных минералов цемента, для которых определяющим является высокое значение pH среды. Создание сильнощелочной среды достигается насыщением порового раствора гидроксидом кальция, выделяющимся при гидратации кальциевых силикатов. При укреплении грунтов, имеющих в своем составе тонкодисперсные глинистые минералы, гидроксид кальция вступает с ними в активное химическое и физико-химическое взаимодействие. В ходе катионного обмена и пуццолановых реакций возникает дефицит ионов кальция, что понижает pH среды. В условиях снижения содержания гидроксида кальция в поровом растворе системы происходит разрушение новообразованных гидросиликатов с выделением портландита, который восполняет недостаток $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Поэтому оптимальные условия твердения цементного камня в грунтобетоне могут быть получены при решении двух основных задач. Во-первых, необходимо полностью насытить глинистую составляющую грунта катионами кальция. Во-вторых, необходимо создать сильнощелочную среду в поровом растворе. Рациональным является стабилизация глинистых пород известьсодержащим вяжущим [1]. В противном случае обе задачи решаются только при выделении гидратированным цементом достаточного количества портландита.

Общее количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$, необходимое для оптимальных условий твердения цементного камня, можно рассчитать по формуле:



Модель зависимости входных и выходных параметров при формировании структуры грунтобетона

где $C_{Ca(OH)_2}$ – общее количество $Ca(OH)_2$, необходимое для достижения оптимальных условий твердения; $C'_{Ca(OH)_2}$ – количество $Ca(OH)_2$, необходимое для полного насыщения глинистой составляющей грунта катионами кальция; $C''_{Ca(OH)_2}$ – количество $Ca(OH)_2$, необходимое для создания сильнощелочной среды.

При гидратации цемента трехкальциевый и двухкальциевый силикаты образуют $Ca(OH)_2$. Знание минералогического состава цемента позволяет рассчитать количество образующегося $Ca(OH)_2$ в пересчете на цемент:

где $C_{цем}$ – требуемая масса цемента; $C_{C_3S+C_2S}$ – требуемая суммарная масса C_3S и C_2S ; S_{C_3S} и S_{C_2S} – доля клинкерных минералов в цементе, %.

Таким образом, необходимое для создания благоприятных условий структурообразования грунтобетона количество цемента ($C_{цем}$) равно:

где $C'_{цем}$ – количество цемента, необходимое для выделения гидроксида кальция, полностью насытившего глинистую часть грунта; $C''_{цем}$ – количество цемента, необходимое для выделения гидроксида кальция, достаточного для насыщения порового раствора грунтобетона, при котором не будет происходить разрушения продуктов гидратации цемента.

Для решения первой задачи: определение $C'_{цем}$, следует знать емкость поглощения грунта по отношению к катионам кальция; количество $Ca(OH)_2$, выделяющееся при гидратации цемента.

Емкость поглощения (E_n) грунта определяют экспериментальным путем. Предлагается использовать метод Запорожца (ускоренный метод определения активности материала по отношению к $Ca(OH)_2$). Количество

образовавшегося портландита можно рассчитать на основании данных молекулярной массы:

По значению емкости поглощения (E_n) единицы массы грунта, который необходимо укрепить, и по минералогическому составу цемента можно рассчитать, сколько кальциевых силикатов и, следовательно, цемента потребуется для полного насыщения активной части грунта гидроксидом кальция:

Данная формула применима только при идеальных условиях гидратации цемента и при полном взаимодействии его продуктов с глинистыми минералами.

По экспериментальным данным о количестве выделившегося гидроксида кальция ($S_{Ca(OH)_2}$) при гидратации цемента формулу (6) можно представить в следующем виде:

Вторая задача состоит в определении количества $Ca(OH)_2$, требующегося для повышения pH среды порового раствора, при котором формирование кристаллогидратов будет происходить без их разрушения.

Определение количественного содержания порового раствора при гидратации цемента в системе грунт – цемент – вода является достаточно сложной задачей. Поэтому с целью упрощения расчетов за эту величину будем принимать количество воды, при которой грунт будет иметь оптимальную влажность. Эта предпосылка является допустимой на данном этапе исследований.

Наименее устойчивые гидросиликаты ($2CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$), образующиеся при гидратации цемента, могут существо-

вать только в насыщенном растворе $\text{Ca}(\text{OH})_2$, т. е. при его концентрации не менее 1,18 г/л в поровом растворе при 20°C. Значит, количество гидроксида кальция, необходимое для достижения этой величины, можно рассчитать по формуле:

где W_{opt} — оптимальная влажность грунта.

Количество цемента, требующееся для насыщения раствора, равно:

При использовании экспериментальных данных выражение примет вид:

Подводя итог, можно сказать, что общее количество цемента, необходимое для достижения оптимальных условий твердения грунтобетона при идеальных условиях, равно:

или

Предложенная модель была проверена экспериментально на различных типах грунтов и мономинеральных глин, проведены расчеты по определению

требуемого количества цемента. Расчетное количество цемента оказалось отличным от экспериментального. Для уточнения модели были введены коэффициенты, которые учитывают неполное взаимодействие глинистой части грунта с гидроксидом кальция, недостаточную степень размельчения грунта, гомогенизацию смеси и др. и оказывают влияние на структурообразование грунтобетона.

Формулы (11) и (12) преобразуются в:

или

где α — степень гидратации цемента; k_T — технологический коэффициент.

Таким образом, предложена расчетно-экспериментальная методика определения минимального количества цемента, необходимого для достижения оптимальных условий структурообразования грунтобетона, в котором в качестве вяжущего выступает цемент, а глинистый грунт является активной составляющей, оказывающей определяющее влияние на формирование монолитного каркаса укрепленного материала.

Литература

1. *Строкова В.В., Карацуна С.В., Щеглов А.Ф.* Особенности структурообразования в системе глинистые породы — известьсодержащие отходы — цемент // Строит. материалы. 2004. № 3. С. 16–17.



"ЛИФТ ЭКСПО РОССИЯ"

3-я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА ЛИФТОВ И ПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

16–19 мая 2007

МОСКВА, ВСЕРОССИЙСКИЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР












ТЕМАТИЧЕСКИЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ:

- Лифты всех типов. ● Эскалаторы, траволаторы. ● Подъемники для людей с ограниченными физическими возможностями. ● Подъемные механизмы - стационарная и мобильная грузоподъемная техника; канатные дороги и фуникулеры; подъемники для спортивных, зрелищных комплексов и горнолыжных трасс; машины непрерывного транспорта; механизмы для портовых контейнерных терминалов и складов. ● Узлы и компоненты лифтов и подъемных механизмов. ● Диспетчерские системы; системы дистанционного контроля лифтов. ● Системы управления и контроля лифтами и оборудованием. ● Материалы, дизайн; дополнительные эксклюзивные опции; инструменты и материалы для обеспечения эксплуатации. ● Научно-экономическое обеспечение - инновационные и инвестиционные проекты, стандартизация, сертификация, лицензирование и надзор; подготовка и переподготовка кадров; лизинг. ● Оборудование для производства, монтажа и сервиса подъемных механизмов.

Выставка проводится в рамках реализации Президентского национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России», Федеральной целевой программы «Жилище» на 2002-2010 годы (подпрограмма: «Модернизация объектов коммунальной инфраструктуры»)

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ: Правительства Российской Федерации, Правительства Москвы, Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации, Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору, Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии, Межотраслевого объединения работодателей «Национальная Лига предприятий лифтовой и коммунальной инфраструктуры», Федерального агентства по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству, «Ассоциации строителей России», Московской торгово-промышленной палаты, Всемирной Академии Наук Комплексной Безопасности, Российской Академии проблем качества.

ОРГАНИЗАТОРЫ ВЫСТАВКИ:
 Акционерная компания "ЛИФТ"
 105203, г. Москва, ул. 12-я Парковая, д.5, тел. +7 (495) 461-11-11, факс +7 (495) 463-97-63, e-mail: aklift@aklift.ru, aklift@vniitemr.ru, http://www.aklift.ru, www.aklift.vniitemr.ru
 ОАО «ГАО «ВВЦ»
 129223, Москва, проспект Мира, домовладение 119, ВВЦ, павильон 51, тел. +7 (495) 981-82-20, факс: +7 (495) 981-82-21, e-mail: expo@vcentre.ru, http://www.lift-expo.ru

Реклама

А.С. КОРОЛЕВ, канд. техн. наук, Ф.А. ЗЫРЯНОВ, инженер, Б.Я. ТРОФИМОВ, д-р техн. наук, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск)

Быстротвердеющее композиционное вяжущее на основе портландцемента и вяжущего низкой водопотребности

Бурный рост экономики, наблюдаемый в последний период, требует от строительной индустрии возведения сооружений в кратчайший срок, что приводит к необходимости ускорения твердения бетона, являющегося основным конструкционным материалом в современном строительстве. Для ускорения твердения в основном используют химические ускорители, кренты, тепловую обработку, различные способы водоредуцирования или одновременно несколько методов, обеспечивающих удобоукладываемость бетонной смеси и получение высокой прочности в относительно ранние сроки (3 суток).

Применение химических ускорителей твердения, в частности применение солей (хлориды, сульфаты), может привести к нерегулируемому схватыванию бетонной смеси, а прочность бетона в марочном возрасте зачастую снижается. Также при введении солей возможна щелочная коррозия бетона и арматуры. Применение тепловой обработки не всегда оправданно, особенно в летний период, так как требует значительных энергетических затрат.

В настоящее время для ускорения процесса твердения в состав бетонной смеси вводят ускорители кристаллизации новообразований цементного камня – центры кристаллизации, позволяющие ускорить переход от стадии накопления коллоидных продуктов гидратации в гелевой фазе к стадии образования кристаллического сростка в структуре цементного камня [1, 2, 4]. В качестве кристаллизаторов (крентов) использовались тонкомолотые порошки, получаемые путем измельчения исходного продукта (молотый силикатный кирпич, песок), или техногенные отходы производства (микроремнезем, зола-унос).

Применение пластифицирующих веществ позволяет ускорить процесс твердения за счет водоредуцирования, при этом марочная прочность бетона повышается на 10–30 % в зависимости от вида добавки и степени водоредуцирования. Однако при незначительном избытке воды возможно расслоение бетонной смеси, а также в начальный период твердения наблюдается замедление набора прочности или прочность бетона практически отсутствует.

В последнее время получили распространение органоминеральные добавки. Данные добавки позволяют улучшить кинетику набора прочности бетона, одновременно при введении данных добавок улучшаются технологические свойства бетонной смеси и бетона. Наиболее распространенной органоминеральной добавкой являются модификаторы бетона серии МБ [3]. Улучшение кинетики набора прочности и повышение марочной прочности при использовании органоминеральных добавок в основном связывают с минеральной частью, которая представлена ультрадисперсными активными

минеральными частицами. Высокодисперсные минеральные составляющие добавки выступают в качестве центров кристаллизации и связывают свободный гидроксид кальция в низкоосновные гидросиликаты кальция, увеличивая прочностные характеристики бетона. Но наиболее эффективными ускорителями твердения на данный момент признаны комплексные добавки, в которых сочетаются кристаллизаторы твердения с пластифицирующими веществами, а иногда и с химическими ускорителями.

Для ускорения начальной гидратации композиционного вяжущего и повышения ранней прочности цементного камня использовались следующие добавки: 1 – тонкомолотый портландцемент, получаемый путем домола в вибромельнице до удельной поверхности 380–400 м²/кг без добавок (ТМЦ); 2 – то же, с добавкой 1% суперпластификатора С-3 (вяжущее низкой водопотребности – ВНВ); 3 – ВНВ, содержит 1,5% С-3; 4 – ВНВ, содержит 5% С-3; 5 – ВНВ, содержит 10% С-3 (обозначения в соответствии с позициями на рисунках). Дозировка суперпластификатора С-3 в составе ВНВ была выбрана по результатам опытов, при которых достигались максимальные прочности и водоредуцирование. Исследования проводились на цементном тесте нормальной густоты. После формования образцы (20×20×20 мм) хранились в нормальных влажных условиях.

С увеличением содержания ВНВ в составе композиционного вяжущего и увеличением дозировки суперпластификатора С-3 нормальная густота снижается до 12–17% (рис. 1).

Наибольший прирост прочности цементного камня в возрасте первых суток (рис. 2а) наблюдается при введении в состав композиционного вяжущего добавки, содержащей до 10% ВНВ и более 1% С-3 (составы 3,4,5). При введении в состав композиционного вяжущего более 20% ВНВ, содержащего 10% С-3 (состав 5), прочность цементного камня падает до уровня показателя контрольного состава 1. Данный факт связан с блокирующим эффектом суперпластификатора.



Рис. 1. Нормальная густота композиционного вяжущего

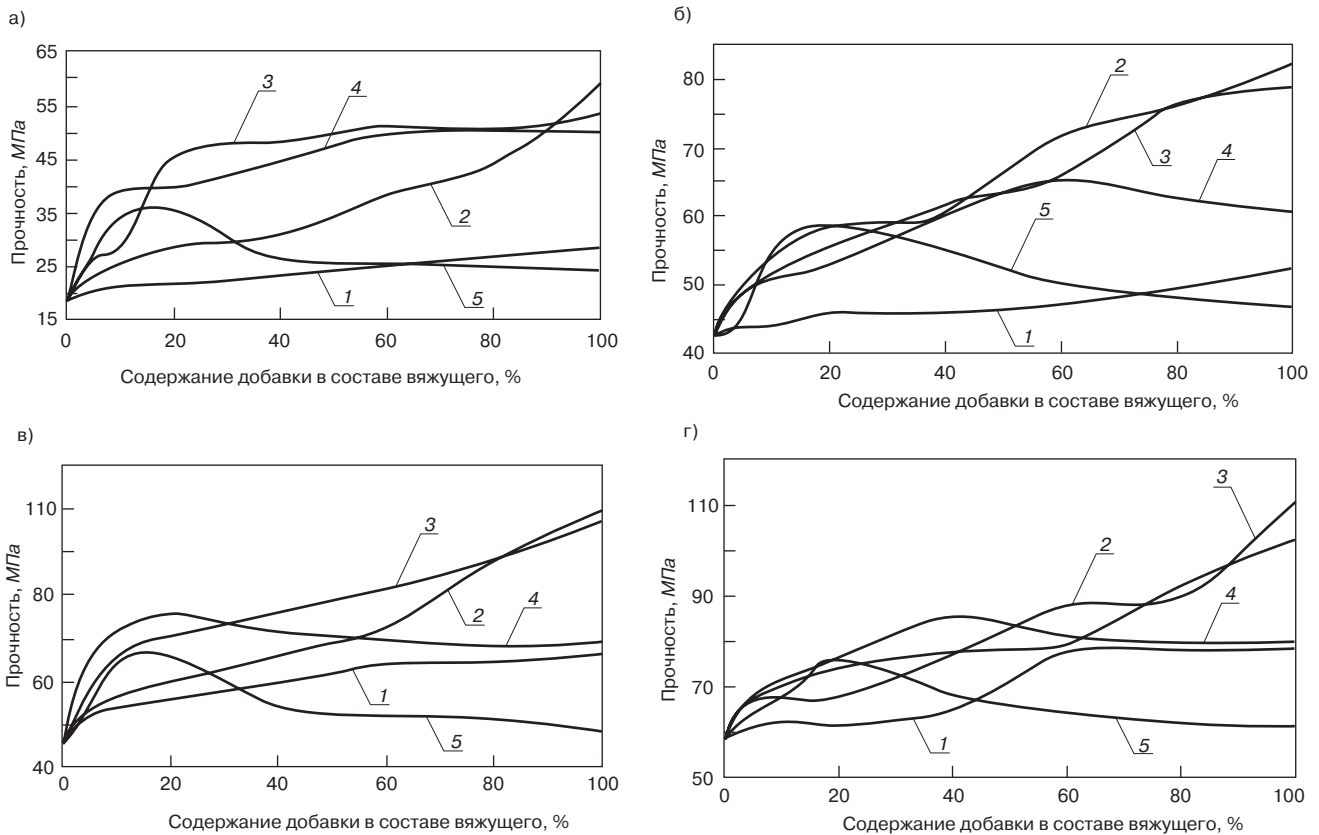


Рис 2. Влияние содержания ТМЦ и ВНВ на прочность цементного камня в различные сроки твердения: а – 1-е сут; б – 3-е сут; в – 7-е сут; г – 28-е сут

В последующие сроки твердения замедление набора прочности (рис. 2б, 2в, 2г) несколько нивелируется и прочность цементного камня с увеличением содержания ВНВ в составе композиционного вяжущего возрастает. Наиболее интенсивный рост прочности наблюдается при содержании ВНВ до 20 %, особенно это характерно в возрасте 3 и 7 суток. Прочность цементного камня в возрасте 28 суток при изменении содержания ВНВ изменяется относительно равномерно.

На графиках изменения прочности композиционного вяжущего условно можно выделить две области. Первая – интенсивный прирост ранней прочности при содержании ВНВ в вяжущем до 10–20%, вторая – область приближения свойств композиционного вяжущего, содержащего 50–60% ВНВ, к вяжущему низкой водопотребности.

При низком содержании ВНВ значительный прирост прочности композиционного вяжущего, особенно в ранние сроки твердения, объясняется тем, что быстросхватывающиеся тонкодисперсные частицы ВНВ формируют гидросиликаты, которые, в свою очередь, являются центрами кристаллизации гидросиликатного геля, образующегося при гидратации основного портландцемента.

Значительный прирост прочности также совпадает с приростом плотности цементного камня. Это связано с улучшением гранулометрического состава портландцемента при введении тонкомолотого цемента и с самоуплотнением цементного теста. Введение ВНВ в состав композиционного вяжущего приводит к увеличению плотности цементного камня в начальные сроки твердения на 5–7%, а в возрасте 28 суток на 8–10%.

Рентгенофазовый анализ показал, что цементный камень композиционного вяжущего характеризуется более высокой интенсивностью пиков низкоосновных гидросиликатов кальция, а также низким уровнем за-

кристаллизованности свободного гидроксида кальция. С увеличением содержания суперпластификатора в добавке уровень закристаллизованности свободного гидроксида кальция продолжает снижаться. В целом оптимальная добавка ВНВ является уплотнителем структуры цементного камня, повышающим содержание мелкодисперсных гидросиликатов кальция и полимеризованности силикатных цепочек в целом.

Проведенные исследования показали, что введение 15–25% вяжущего низкой водопотребности в состав рядового портландцемента позволяет повысить прочность цементного камня в первые сутки твердения более чем в два раза, а к 3 суткам твердения достичь более 50% марочной прочности. Экономический эффект при внедрении данного вяжущего можно ожидать от увеличения оборачиваемости опалубки и сокращения энергетических затрат при прогреве или отказа от них при возведении монолитных конструкций.

Список литературы

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Стройиздат. 1998. 768 с.
2. Калашиников В.И., Махамбетова К.Н., Коровкин М.О. и др. Исследование эффективности в портландцементных растворах гидрофобизаторов на основе солей олеиновой и стеариновой кислот // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы строительного и дорожного комплексов». Йошкар-Ола. 2004. Ч. 1. С. 250–254.
3. Каприелов С.С. Общие закономерности формирования структуры цементного камня и бетона с добавкой ультрадисперсных материалов // Бетон и железобетон. 1995. № 4. С. 16–20.
4. Баженов Ю.М., Калашиников В.И., Демьянова В.С. Модифицированные высококачественные бетоны. М.: Изд-во АСВ. 2006. 368 с.

Характеристики состояния влаги в материалах ограждающих конструкций зданий

Для моделирования влагопереноса в ограждающих конструкциях зданий необходимо иметь характеристики состояния и переноса влаги. К основным характеристикам состояния влаги относят: потенциал влажности, влагосодержание, влагоемкость материала [1, 2]. Исследованию этих характеристик посвящена данная работа.

В [3] предложена новая шкала абсолютного потенциала влажности для материалов ограждающих конструкций. Абсолютный потенциал влажности Θ_p , кДж/кг, показывает изменение энергии системы влажный материал – воздух при изменении парциального давления водяного пара в материале p по сравнению с давлением насыщенного водяного пара p_s свободной жидкости при эталонной температуре ($t_0 = 20^\circ\text{C}$):

где p/p_s – относительное парциальное давление водяного пара в материале.

Показано, что абсолютный потенциал влажности Θ_p характеризует влажное состояние материалов в неизотермических условиях, а влагоперенос определяется градиентом Θ_p [3].

Связь между абсолютным потенциалом влажности и равновесным влагосодержанием материала устанавливают опытным путем по методике, изложенной в [3]. Суть методики заключается в определении профиля влагосодержания в колонке из исследуемого материала, по длине которой создан постоянный температурный перепад. В конце опыта после установления стационарного влажностного состояния определяют потенциал влажности по равновесной влажности воздуха в сечении колонки при эталонной температуре.

Серия опытов с различными температурными перепадами позволяет построить искомую зависимость $w(\Theta_p, t)$ между абсолютным потенциалом влажности и равновесным влагосодержанием материала при разных температурах.

В приведенном определении исходным эталонным телом для построения шкалы абсолютного потенциала влажности является влажный воздух, содержащийся в порах материала. Использование в качестве эталонного тела влажного воздуха, свойства которого стабильны, исключает влияние вида материала и повышает точность определения потенциала влажности. Таким образом, приведенное определение абсолютного потенциала влажности носит универсальный характер. В [4] установлена зависимость между абсолютным потенциалом влажности и относительным парциальным давлением водяного пара в материале при разных температурах:

Используя зависимость $p/p_s(\Theta_p, t)$, данную формулой (2), и изотермы сорбции-десорбции $w(p/p_s)$, можно определить связь между абсолютным потенциалом влажности Θ_p и равновесным влагосодержанием материала w при разных температурах.

На рис. 1 представлен график зависимости $w(\Theta_p, t)$ для пенобетона плотностью $\rho_0 = 700 \text{ кг/м}^3$. При построении графика в диапазоне изменения p/p_s от 0 до 0,98 использована изотерма сорбции $w(p/p_s)$ при $t = 20^\circ\text{C}$, по-

скольку влиянием температуры на изменение влагосодержания в рабочем диапазоне температуры от -10°C до 30°C можно пренебречь. В сверхсорбционной области ($0,98 < p/p_s \leq 0,9999$) изотерма сорбции аппроксимирована линейной функцией. На графике маркерами показаны данные опытов [3], сплошными линиями – результаты расчета с помощью формулы (2) и изотермы сорбции.

Данные рис. 1 показывают, что расчетные зависимости хорошо согласуются с данными опытов, что подтверждает возможность применения изотерм сорбции-десорбции для определения равновесного влагосодержания материалов в шкале абсолютного потенциала влажности.

В настоящее время накоплен значительный банк данных по изотермам сорбции для строительных материалов. Использование в качестве расчетной характеристики изотерм сорбции-десорбции по сравнению с опытным путем значительно проще, что позволяет, вообще говоря, строить искомые зависимости $w(\Theta_p, t)$ для любого материала.

Сложность зависимости $w(\Theta_p, t)$ вызывает затруднения в применении шкалы абсолютного потенциала влажности Θ_p для общей оценки влажностного состояния материалов наружных ограждений. Возникает необходимость в показателе, однозначно определяющем влагосодержание материала. В [5] введено понятие относительного потенциала влажности, определяемого формулой:

где Θ_p – абсолютный потенциал влажности материала при данной температуре; $\Theta_p^{m.s}$ – максимальный сорбционный потенциал влажности, соответствующий максимальному сорбционному влагосодержанию материала при той же температуре.

Величину $\Theta_p^{m.s}$ можно установить на основании зависимости относительного парциального давления водяного пара в материале от абсолютного потенциала влажности Θ_p и температуры. В [4] установлена зависимость $\Theta_p^{m.s}$ от температуры:

Относительный потенциал влажности Θ_ϕ является обобщающим показателем и удобен для оценки влажностного состояния материалов наружных ограждений. Используя зависимость $w(\Theta_p, t)$, зависимость $\Theta_p^{m.s}(t)$, данную формулой (4), и определение Θ_ϕ по формуле (3), можно установить однозначную связь между относительным потенциалом влажности Θ_ϕ и равновесным влагосодержанием материала w . На рис. 2 представлен график зависимости $w(\Theta_\phi)$ для пенобетона $\rho_0 = 700 \text{ кг/м}^3$. По графику рис. 2 можно отметить два характерных излома, которые обозначают переходы от одной формы связи влаги к другой. Переход от сорбционно-связанной влаги к капиллярной отмечается первым изломом при $\Theta_\phi = 1$. Для капиллярно-связанной влаги характерен линейный участок в диапазоне изменения потенциала $\Theta_\phi = 1-1,5$. Ослабление капиллярной связи и переход к свободной влаге отмечается при $\Theta_\phi \approx 1,5$.

Таблица 1

| Материал | ρ_0 , кг/м ³ | Значения $w \times 10^2$, кг/кг, при Θ_ϕ , равном | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,36 |
| Бетон тяжелый | 2160 | 0,37 | 0,69 | 1,1 | 1,3 | 1,4 | 3,9 | 5 | 5,6 | 5,8 | 5,9 | 6 | 6 |
| Керамзитобетон | 1180 | 3,1 | 4,9 | 8,9 | 10,9 | 11,8 | 32 | 41,3 | 45,6 | 47,5 | 48,4 | 48,8 | 49 |
| Пенобетон | 775 | 2,6 | 4,7 | 7,8 | 9,3 | 10 | 34,4 | 45,7 | 50,9 | 53,2 | 54,3 | 54,8 | 55 |
| Газосиликат | 390 | 2,3 | 3,5 | 12,3 | 16,7 | 18,7 | 106 | 147 | 165 | 174 | 178 | 179 | 180 |
| Раствор цементный | 1800 | 1,1 | 1,7 | 2,6 | 3,1 | 3,3 | 6,9 | 8,6 | 9,4 | 9,7 | 9,9 | 10 | 10 |
| Кирпич керамический | 1700 | 0,09 | 0,23 | 0,41 | 0,49 | 0,53 | 11,1 | 16 | 18,2 | 19,2 | 19,7 | 19,9 | 20 |
| Кирпич силикатный | 1780 | 0,37 | 0,54 | 0,75 | 0,85 | 0,9 | 8,5 | 12,1 | 13,7 | 14,4 | 14,8 | 14,9 | 15 |
| Минераловатные плиты | 350 | 0,36 | 0,73 | 1,4 | 1,7 | 1,9 | 114 | 166 | 190 | 201 | 206 | 208 | 209 |
| Пенополистирол | 30 | 1,3 | 1,8 | 2,3 | 2,5 | 2,6 | - | - | - | - | - | - | - |
| Пеногипс | 330 | 0,32 | 0,63 | 2 | 2,6 | 2,9 | 125 | 181 | 207 | 218 | 224 | 226 | 227 |

Таблица 2

| Материал | ρ_0 , кг/м ³ | Значения $c_{\Theta_\phi} \times 10^2$, кг/кг, при Θ_ϕ , равном | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---------------------------------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2 | 2,2 | 2,36 |
| Бетон тяжелый | 2160 | 0,89 | 1,2 | 1,5 | 0,67 | 0,31 | 8,3 | 3,8 | 1,7 | 0,8 | 0,37 | 0,17 | 0,09 |
| Керамзитобетон | 1180 | 8 | 6,6 | 14,2 | 6,5 | 3 | 67,3 | 30,8 | 14,1 | 6,5 | 3 | 1,4 | 0,73 |
| Пенобетон | 775 | 7,6 | 7,8 | 10,9 | 5 | 2,3 | 81,4 | 37,3 | 17,1 | 7,8 | 3,6 | 1,6 | 0,88 |
| Газосиликат | 390 | 4,1 | 4,5 | 31,6 | 14,5 | 6,6 | 292 | 134 | 61,1 | 28 | 12,8 | 5,9 | 3,1 |
| Раствор цементный | 1800 | 0,89 | 2,7 | 3,2 | 1,5 | 0,68 | 12,1 | 5,5 | 2,5 | 1,2 | 0,53 | 0,24 | 0,13 |
| Кирпич керамический | 1700 | 0,45 | 0,57 | 0,6 | 0,28 | 0,13 | 35,2 | 16,1 | 7,4 | 3,4 | 1,5 | 0,71 | 0,38 |
| Кирпич силикатный | 1780 | 0,89 | 0,61 | 0,73 | 0,33 | 0,15 | 25,5 | 11,7 | 5,3 | 2,4 | 1,1 | 0,51 | 0,28 |
| Минераловатные плиты | 350 | 1,3 | 1,4 | 2,4 | 1,1 | 0,5 | 374 | 172 | 78,5 | 35,9 | 16,5 | 7,5 | 4 |
| Пенополистирол | 30 | 3,6 | 1,6 | 1,7 | 0,76 | 0,35 | - | - | - | - | - | - | - |
| Пеногипс | 330 | 0,64 | 1,3 | 4,8 | 2,2 | 1 | 406 | 186 | 85 | 38,9 | 17,8 | 8,2 | 4,4 |

Таким образом, относительный потенциал влажности Θ_ϕ характеризует влажностное состояние в полном диапазоне влажности материалов.

В табл. 1 приведены значения равновесного влагосодержания строительных материалов в шкале относительного потенциала влажности.

При изучении поглощения влаги в материалах важно знать изменение равновесного влагосодержания w от абсолютного потенциала влажности Θ_p . Исследуем изменение w от Θ_p при разных температурах. Введем понятие абсолютной удельной влагоемкости материала c_{Θ_p} , (кг/кг)/(кДж/кг), которая определяет изменение влагосодержания материала w с изменением его абсолютного потенциала влажности Θ_p при разных температурах. Величина c_{Θ_p} равна частной производной влагосодержания по абсолютному потенциалу влажности:

На рис. 3 представлен график зависимости $c_{\Theta_p}(\Theta_p, t)$ для пенобетона $\rho_0 = 700$ кг/м³, построенный дифференцированием зависимости $w(\Theta_p, t)$, приведенной на рис. 1. По графику рис. 3 видно, что абсолютная удельная влагоемкость при данной температуре возрастает до некоторого максимума $c_{\Theta_p}^{\max}$, а затем снижается. Величина $c_{\Theta_p}^{\max}$ характеризует переход от одной формы связи влаги к другой. С ростом температуры значение максимума $c_{\Theta_p}^{\max}$ уменьшается, что полностью согласуется с физикой процесса.

Как видно из рис. 3, зависимость $c_{\Theta_p}(\Theta_p, t)$ оказывается сложной для практического применения. В связи с этим удобно прибегнуть к шкале относительного потенциала влажности Θ_ϕ и определять относительную удельную влагоемкость материала в виде:

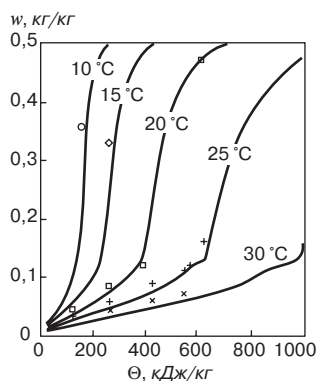


Рис. 1. График зависимости $w(\Theta_p, t)$ для пенобетона ($\rho_0 = 700 \text{ кг/м}^3$)

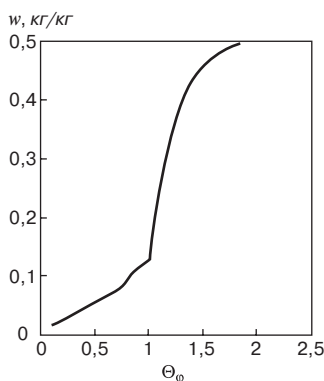


Рис. 2. График зависимости $w(\Theta_\phi)$ для пенобетона ($\rho_0 = 700 \text{ кг/м}^3$)

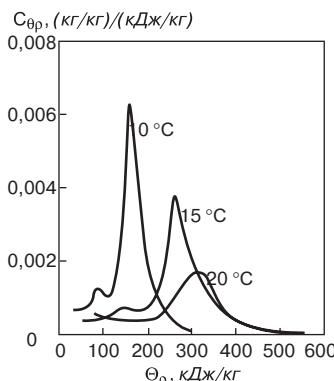


Рис. 3. График зависимости $c_{\Theta_p}(\Theta_p, t)$ для пенобетона ($\rho_0 = 700 \text{ кг/м}^3$)

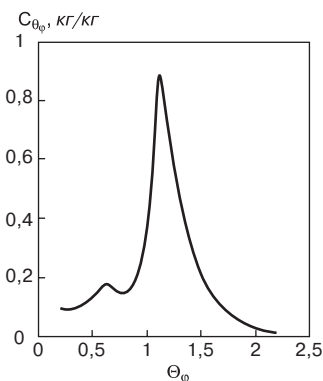


Рис. 4. График зависимости $c_{\Theta_\phi}(\Theta_\phi)$ для пенобетона ($\rho_0 = 700 \text{ кг/м}^3$)

Связь между абсолютной и относительной влажностью материала определяется формулой:

На рис. 4 представлен график зависимости $c_{\Theta_\phi}(\Theta_\phi)$ для пенобетона $\rho_0 = 700 \text{ кг/м}^3$, полученный дифференцированием зависимости $w(\Theta_\phi)$, приведенной на рис. 2. Зависимость $c_{\Theta_\phi}(\Theta_\phi)$ значительно проще, чем $c_{\Theta_p}(\Theta_p, t)$. Относительная удельная влагоемкость c_{Θ_ϕ} является обобщающим показателем поглощения влаги материалом.

В табл. 2 приведены значения относительной удельной влагоемкости строительных материалов в шкале относительного потенциала влажности.

Исследованные в статье характеристики состояния влаги могут быть использованы для моделирования процессов влагопереноса в ограждающих конструкциях зданий.

Список литературы

1. Богословский В.Н. Тепловой режим здания. М.: Стройиздат. 1979. 248 с.
2. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). М.: Высш. школа. 1982. 415 с.
3. Корниенко С.В. Потенциал влажности для определения влажностного состояния материалов наружных ограждений в неизоотермических условиях // Строит. материалы. 2006. № 4. С. 88–89.
4. Корниенко С.В. Потенциал влажности воздушной среды // Жилищное строительство. 2006. № 7. С. 16–17.
5. Корниенко С.В. Потенциал влажности // Жилищное строительство. 2005. № 7. С. 16–18.

ВЫСТАВКА

Архитектура. Градостроительство.
Ландшафтное проектирование

28 – 30 июня 2007
Ярославль

Выставка в рамках инвестиционного форума
«Этапы реализации Национального проекта
«Доступное и комфортное жилье гражданам России»

Разделы выставки

- Архитектурные и градостроительные системы, инвестиционные проекты
- Строительные технологии, материалы, инструмент и приспособления
- Навигационное и геодезическое оборудование
- Технологии ландшафтного проектирования
- Малые архитектурные формы
- Наружное освещение, светотехника
- Строительная техника и оборудование

Оргкомитет: (4852) 45-06-46, 73-28-87
E-mail: info@energo-resurs.ru
Сайт выставки: www.energo-resurs.ru

Российская академия наук
Уральское отделение
Правительство Республики Коми

III Международная конференция

**ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ
БАРЕНЦЕВА РЕГИОНА В ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ
И ТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ**

25 – 27 сентября 2007 г. г. Сыктывкар

Тематика конференции:

- ♦ минерально-сырьевые ресурсы Баренцева региона и сопредельных территорий, проблемы рационального природопользования, комплексное использование природных и техногенных минеральных ресурсов;
- ♦ проблемы переработки природного и техногенного минерального сырья, получение эффективных строительных и технических материалов;
- ♦ современные проблемы строительного материаловедения и технологии строительных материалов;
- ♦ экономика строительной индустрии, проблемы развития промышленности строительных материалов;
- ♦ экологические проблемы недропользования и переработки минеральных ресурсов.

Официальные языки конференции – русский и английский

Основные даты:

- до 15 мая 2007 г. – представление заявок на участие в конференции;
- до 1 августа 2007 г. – прием тезисов докладов;
- до 1 сентября 2007 г. – рассылка программы конференции.

Оргкомитет: тел.: (8212) 44-65-34, 20-39-43 (секретариат конференции);
Факс: (8212) 24-09-70, 24-53-46 E-mail: minraw@geo.komisc.ru
Амосова Ольга Евгеньевна, Митюшева Татьяна Павловна

Почтовый адрес: Россия, 167982, Сыктывкар, ул. Первомайская, д. 54,
Институт геологии Коми НЦ УрО РАН



ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР  LG Chem



СТРОЙСИБ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР  LG Chem

5 - 8 февраля 2008

ОКНА. ДВЕРИ. СТЕКЛО. ФАСАДЫ.
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. КРЕПЕЖ
ОБОРУДОВАНИЕ. ИНСТРУМЕНТЫ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПОНСОРЫ










СТРОЙСИБ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ



19 - 22 февраля 2008

ОТОПЛЕНИЕ. ВЕНТИЛЯЦИЯ
КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ. САНТЕХНИКА
КЕРАМИКА. НАПОЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ
ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. ИНЖЕНЕРНЫЕ
СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ЗДАНИЕ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР
оконные конструкции


ВО СИБИРСКАЯ ЯРМАРКА Россия, 630049, Новосибирск, Красный проспект, 220/10
Телефон: (383) 210-62-90, (495) 223-23-61, (3812) 24-32-61 www.stroisib.sibfair.ru



2007 China (Zibo) International Ceramics Industry Exhibition

CZCIE

Международная выставка
Промышленной Керамики 2007 Китай (Зибо)


September 6-9, 2007
6-9 сентября 2007

The second largest exhibition for the ceramics industry in China
Вторая по величине выставка для керамической промышленности в Китае



新之联展览服务有限公司
UNIFAIR EXHIBITION SERVICE CO., LTD.

Add: Rm. 902-903, Daxin Building, No. 538 Dezheng North Road, Guangzhou, China 510045
Tel: 0086 20 8327 6369 / 8327 6389
Fax: 0086 20 8327 6330 / 8327 6350
E-mail: czcie@unifair.com
Website: <http://czcie.unifair.com>



Simultaneity with:
2007 China (Zibo) International Ceramics Expo
2007 World Ceramics Purchasing Fair

CZCIE

2007 China (Zibo) International Ceramics Industry Exhibition

Ю.В. КРАСОВИЦКИЙ, д-р техн. наук, А.В. ЛОГИНОВ, Е.В. АРХАНГЕЛЬСКАЯ, кандидаты техн. наук, Д.Б. ТРОЩЕНКО, инженер, Воронежская государственная технологическая академия; В.П. ДОБРОСОЦКИЙ, генеральный директор, Г.В. КОЛЬЦОВ, зам. генерального директора, ПКФ «Воронежский керамический завод»; С.В. ЭНТИН, канд. техн. наук, генеральный директор, Д.А. ЕРМОЛЫЧЕВ, консультант по экологии, С.Л. КАБАРГИН, консультант по экономике, ОАО «Семилукский огнеупорный завод»; Б.Г. КОЛБЕШКИН, директор, М.Н. КУЗНЕЦОВА, О.В. МИТЮКОВА, заместители директора, ОАО «РЖД» Воронежский вагоноремонтный завод им. Тельмана

Особенности фильтрования при обеспылировании газов зернистыми слоями

В качестве материалов для фильтровальных слоев используют гравий, кварцевый песок, клинкер, стеклянные шарики, металлические гранулы и спрессованные или спеченные пористые структуры из отдельных зерен. В большинстве случаев при фильтровании сыпучие материалы неподвижны и частицы пыли осаждаются внутри насыпного слоя [1].

Образование пылевых отложений внутри зернистого слоя обеспечивает его пылеемкость и способствует резкому повышению эффективности пылеулавливания. При нисходящем потоке грубые фракции в результате инерционного осаждения и седиментации попадают на фронтальную сторону зерен. Некоторое количество тонких фракций пыли осаждаются на тыльной стороне зерен вследствие диффузии. При восходящем потоке грубые фракции также осаждаются на фронтальной стороне зерен, а тонкие фракции, огибая зерна, оседают на их тыльной стороне в результате диффузии и седиментации. Наиболее эффективно улавливание при нисходящем потоке, так как при этом силы гравитации и динамического напора пылегазового потока совпадают.

Процесс фильтрования через зернистые слои делится на два периода: начальный – стационарный и вторичный – нестационарный.

В начальный период перепад давлений ΔP и степень очистки \mathcal{E} не изменяются во времени (стационарный процесс), их значения ΔP и \mathcal{E} в этот период определяются структурой пористой перегородки, свойствами пылевых частиц и физико-химическими параметрами газа. По мере накопления пыли значения ΔP и \mathcal{E} изменяются и наступает нестационарный период.

Общий перепад давлений на зернистом слое $\Delta P_{\text{общ}}$ состоит из перепада на чистом слое $\Delta P_{\text{ф.п}}$ и перепада, обусловленного уловленной пылью $\Delta P_{\text{п}}$. Таким образом,

$$\Delta P_{\text{общ}} = \Delta P_{\text{ф.п}} + \Delta P_{\text{п}}. \quad (1)$$

При протекании пылегазового потока через пористые среды существует три основных режима течения: молекулярный, ламинарный и турбулентный. Молекулярный режим имеет место при размерах пор, соизмеримых с длиной пробега молекул (десять доли микрона). Ламинарное течение подчиняется закону Гагена – Пуазейля. Характерная особенность фильтрования в пористой среде – постепенный переход от ламинарного режима к турбулентному, начинающийся уже при малых значениях числа Рейнольдса Re и охватывающий довольно широкую область значений этого числа.

Плавность перехода объясняется, во-первых, извилистостью пор, сужениями и расширениями, а также шероховатостью поверхности зерен пористой среды, что способствует вихреобразованиям и возмущениям потока; во-вторых, постепенным распространением турбулентности с больших пор на малые, что связано с характером распределения пор в пористой среде по их размерам.

Поэтому значение $\Delta P_{\text{ф.п}}$ определяется режимом течения. Для ламинарного режима ($Re < 35$) используют модель Козени – Кармана и получают для зернистого слоя выражение:

$$\Delta P_{\text{ф.п}} = \lambda [\mu(1-\varepsilon)^2 w H] / \varepsilon^3 \Phi^2 d_3^2, \quad (2)$$

где λ – коэффициент сопротивления слоя толщиной в один диаметр зерна; Φ – коэффициент формы зерен, учитывающий степень отклонения реальной формы зерна от шарообразной; H – высота зернистого слоя; μ – динамическая вязкость.

Как известно [2], для сыпучего слоя из сферических гранул и связанных пористых сред, состоящих из зерен одинакового размера d_3 , значения λ определяют по формуле:

$$\lambda = 30/Re + 3/Re^{0.2} + 0,3 \quad (2)$$

где значения Re определяют по формуле:

$$Re = 0,45 w d_3 / (1-\varepsilon) \sqrt{\varepsilon} \cdot \nu, \quad (3)$$

где w – скорость пылегазового потока перед фронтом слоя; d_3 – диаметр зерна; ε – пористость слоя; ν – кинематическая вязкость пылегазового потока.

Для слоя кусковых тел, а также для связанных пористых сред, состоящих из зерен неправильной формы:

$$\lambda = 180/Re \text{ при } Re < 3; \quad (4)$$

и

$$\lambda = 164/Re + 7,68/Re^{0.11} \text{ при } 3 < Re \leq 1000. \quad (5)$$

Для сухого зернистого слоя, состоящего из колец Рашига,

$$\lambda = 3,12/Re^{0.375} \text{ при } 0,4 \cdot 10^3 < Re \leq 8 \cdot 10^3; \quad (6)$$

$$\lambda \approx 0,11 = \text{const} \text{ при } Re > 8 \cdot 10^3. \quad (7)$$

Значения Φ определяют по формуле

$$\Phi = F_n / F, \quad (8)$$

где F_n – поверхность сферы с объемом зерна; F – поверхность зерна.

| Пылегазовый поток | Зернистый слой | H, мм | d _з , мм | Re | Параметры логарифмически нормального распределения пыли | |
|--|----------------------------------|-------|------------------------|-----|---|----------|
| | | | | | \bar{d}_m , мкм | σ |
| Пыль молотого глинозема при пневмотранспортировке | Пористый никель | 5 | 0,1 | 4 | 1,9 | 0,372 |
| Пыль возгонного происхождения перед пылеуловителем | Кварцевый песок | 40 | 2 | 26 | 0,8 | 0,54 |
| Дымовые газы из сушильных барабанов Д597А | То же | 100 | 4 | 164 | 6,1 | 0,78 |
| Очистка электролитического водорода от механических примесей | Пористая нержавеющая сталь ПНС-5 | 2 | <0,63·10 ⁻⁴ | 0,6 | | |
| Пыль возгонного происхождения после котла-утилизатора КУ-80 | Кварцевый песок | 60 | 2 | 49 | 4,2 | 0,65 |

H – высота слоя; d_з – диаметр зерна; Re – число Рейнольдса; \bar{d}_m – средний медианный диаметр частиц пыли; σ – среднее квадратическое отклонение логарифма диаметра частиц.

Очевидно, что для сферических зерен $\Phi = 1$. Для зерен произвольной формы Φ определяют экспериментально по значению $\Delta P_{ф.п}$ и рассчитывают по уравнению (2).

Для ориентировочных расчетов принимают следующие значения Φ [3, 4]: песок и галька – 0,8; уголь активированный – 0,8; алюмогель, силикагель – 0,5; уголь каменный – 0,45; песок горный – 0,7; антрацит – 0,67.

Для гравия с размером зерен 1–4 мм значение $\Delta P_{ф.п}$ из уравнения (1) примет вид:

$$\Delta P_{ф.п} = 490[\mu(1-\varepsilon)^2 w H] / \varepsilon^3 d_3^2. \quad (9)$$

Для слоя зерен произвольной формы при любом режиме течения перепад давлений рассчитывают по формуле:

$$\Delta P_{ф.п} = \lambda [H w^2 \rho_r (1-\varepsilon)^{3-n} / d_3^2 \Phi^{3-n} \varepsilon^3], \quad (10)$$

где n – постоянная, определяемая экспериментально, причем n = f(Re); ρ_r – плотность газового потока.

Значения λ и n определяют по [5].

Широкое распространение получило и уравнение Эргана:

$$\Delta P = 150(1-\varepsilon)^2 \mu w H / \varepsilon_3 d_3^2 + 1,75(1-\varepsilon) \rho_r w^2 H / \varepsilon_3 d_3. \quad (11)$$

Промышленные пылеуловители в производстве строительных материалов, в том числе и зернистые фильтры, работают при постоянном расходе газа и, следовательно, при постоянном значении w. Поэтому с течением времени в результате накопления пыли перепад давлений на фильтре и его эффективность \mathcal{E} возрастают.

Прирост перепада давлений зависит от концентрации и дисперсного состава улавливаемых частиц, скорости фильтрации, размеров зерен слоя и его толщины, продолжительности процесса τ . Предложен ряд эмпирических формул для оценки функциональных зависимостей вида $\Delta P_{п} = f(\tau)$ и $\mathcal{E}_{общ} = \varphi(\tau)$.

Например, в [6] приведены формулы:

$$\Delta P_{п} = 1,97 \cdot 10^{-6} (w z_{вх} \mathcal{E}_n \tau / d_3^2 \bar{d}_m^{-0,5}); \quad (12)$$

$$\mathcal{E} = 1 - \exp [-K_{сл} (a + b \tau)], \quad (13)$$

причем

$$K_{сл} = H^{0,25} \bar{d}_m \rho_r / w^{0,5} d_3^{1,5} \mu, \quad (14)$$

где $z_{вх}$ – массовая концентрация пыли в потоке перед зернистым фильтровальным слоем; \mathcal{E}_n – начальная степень очистки; τ – продолжительность фильтрации; \bar{d}_m – средний медианный диаметр частиц пыли; a, b – константы процесса (для гравийных фильтров a = 8,77·10⁶ и b = 2,57·10¹¹; $K_{сл}$ – коэффициент захвата,

характеризующий влияние свойств пыли, насыпного материала и режимов фильтрования на эффективность.

Замечено, что после достижения определенного значения $\Delta P_{п}$ величина \mathcal{E} несколько снижается. Это объясняется повышением скорости потока в каналах, через которые проходит газ до пределов, затрудняющих осаждение.

Интересные наблюдения сделаны в НИПИОТСТРОМ [7]. Так, при d_з = 3 мм и w = 0,33 м/с клинкерная пыль с размером частиц от 10 до 20 мкм улавливается на 99%, а от 40 до 60 мкм – на 90%.

Считается, что крупные частицы пыли удерживаются на поверхности зерен слоя хуже вследствие снижения влияния адгезионных сил. Фильтрование через пористые слои со связанной структурой отличается высоким перепадом давления и трудностью регенерации. Поэтому одно из условий успешной эксплуатации таких слоев – улавливание коагулирующих пылей, не проникающих глубоко в поры. В то же время при использовании слоев со связанной структурой следует применять такие методы регенерации, при которых на поверхности слоя остается часть пыли, обеспечивающая высокую эффективность нового цикла фильтрования.

Высокая проницаемость и относительно низкий перепад давления обеспечиваются структурой слоя из зерен одинакового размера.

Иногда на керамические и металлокерамические фильтрующие элементы напыляют со стороны входа газа порошок, отличающийся по дисперсному составу от основного материала. При определении перепада давления на цилиндрических фильтрующих элементах следует учитывать влияние кривизны фильтровальных слоев.

При анализе работы зернистых слоев часто оперируют не с эффективностью \mathcal{E} , а с проскоком частиц $K = 1 - \mathcal{E}$. Такой подход оправдан при высокой степени улавливания пылей и статистически малоразличимых численных значениях \mathcal{E} .

Слои из зерен неправильной формы обычно более эффективны, чем слои из сферических или окатанных зерен. При малых скоростях фильтрования существенное значение имеют электрические заряды. Например, при фильтровании полистирольных частиц с большим электростатическим зарядом проскок возрастает в 3–8 раз после нейтрализации аэрозоля облучением на входе в слой радиоактивным препаратом.

Важное значение для оптимальной организации обеспыливания газов зернистыми слоями имеет анализ зависимости конечной массовой концентрации пыли в потоке от начальной массовой концентрации

$z_k = \psi(z_n)$. Как известно [8],

$$z_k = z_n / (A + Bz_n), \quad (15)$$

где A и B — экспериментальные константы, зависящие от физико-химических параметров пылегазового потока и геометрических параметров зернистых слоев.

Из (15) следует, что с ростом z_n величина K стремится к нулю, что подтверждается экспериментальными данными.

Характеристики зернистых слоев и параметры пыли, использованные при проведении опытов, приведены в таблице.

Широкий диапазон гидродинамических условий экспериментальных исследований ($4 \cdot 10^{-2} \leq Re \leq 2 \cdot 10^2$), логарифмически нормальное распределение размеров частиц дисперсной фазы по массовой концентрации ($0,8 \leq \bar{d}_m \leq 8,7$ мкм; $0,29 \leq \sigma \leq 0,86$) и значений A и B ($1,5 \leq A \leq 70$; $2,1 \cdot 10^3 \leq B \leq 2,56 \cdot 10^7$) свидетельствуют о достаточно представительном характере полученных данных.

Таким образом, рост массовой концентрации пыли на входе не приводит к снижению эффективности слоев, но существенно уменьшает ресурс работы аппарата до регенерации.

Надо отметить, что зернистые фильтровальные слои обладают селективностью проскока, т. е. кривые зависимости $K = f(\bar{d}_m)$ имеют экстремальные значения. С увеличением скорости потока этот максимум возрастает со смещением в сторону меньших частиц. При низких скоростях потока и больших размерах зерен осаждающиеся частицы в результате касания и инерции почти не происходят. Это приводит к резкому увеличению коэффициента проскока субмикронных частиц.

Из вторичных явлений, возникающих при обеспыливании газов зернистыми слоями, следует отметить прежде всего кольматацию (соосаждение). Очевидно, что уловленные частицы пыли распределяются на зернах слоя неравномерно. По мере накопления вновь поступающие частицы начинают осаждаться преимущественно на уже осажденных, образуя выступающие в сторону цепочки, которые постепенно развиваются и заполняют поры.

Полагают, что при кольматации неоднородности в структуре слоя сглаживаются, наиболее крупные поры заполняются агрегатами частиц, цепочные агрегаты образуются вследствие наличия электрических зарядов на частицах. При длительном фильтровании пылегазового пото-

ка или высоком значении z_n на поверхности зернистых слоев образуется сплошной слой пыли, играющий в дальнейшем основную роль при обеспечении высокоэффективного улавливания. Только деструкция (разрушение) слоя пыли или зернистого слоя в результате механических внешних воздействий, термической деформации, воздействия химически активных веществ способна, как показывает наш опыт, привести к увеличению значения K .

Потеря электрического заряда, относящаяся наряду с кольматацией и деструкцией к вторичным явлениям, также может, как отмечено выше, привести к росту значения K .

Эти вторичные явления могут носить локальный характер и возникать в отдельных местах зернистых слоев вследствие неравномерного распределения пылегазового потока, обусловленного первичной неравномерностью распределения пор в зернистом слое или неудачным в аэродинамическом смысле подводом аэрозоля.

Список литературы

1. Красовицкий Ю.В., Логинов А.В., Архангельская Е.В., Трошенко Д.Б. и др. Улавливание и утилизация пыли при сушке гранулированных материалов // Строит. материалы. 2006. № 7. С. 61–63.
2. Машиностроение. Энциклопедия. Машины и аппараты химических и нефтехимических производств. Т. IV–12 / М.Б. Генералов, В.П. Александров, В.В. Алексеев и др. М.: Машиностроение. 2004. 832 с.
3. Добросоцкий В.П., Громов К.С., Малинов А.В. и др. Рациональная организация и методика пылегазовых измерений при производстве стройматериалов и керамики // Строит. материалы. 2005. № 5. Приложение «Строительные материалы: technology» № 5. С. 12–16.
4. Добросоцкий В.П., Громов К.С., Кольцов Г.В. и др. Определение экономически целесообразной удельной нагрузки на зернистые фильтровальные перегородки при пылеулавливании // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2005. № 5. С. 36–38.
5. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М: Машиностроение. 1975. 1560 с.
6. Красовицкий Ю.В., Дуров В.В. Обеспыливание газов зернистыми слоями. М.: Химия. 1991. 192 с.
7. Красовицкий Ю.В., Малинов А.В., Дуров В.В. Обеспыливание промышленных газов в фаянсовом производстве. М.: Химия. 1994. 272 с.
8. Горемыкин В.А., Красовицкий Ю.В., Панов С.Ю., Логинов А.В. Энергосберегающее пылеулавливание при производстве керамических пигментов по сухому способу. Воронеж: ВГУ. 2001. 296 с.

IX Международная научно-практическая конференция « ДНИ СОВРЕМЕННОГО БЕТОНА »

30 мая – 1 июня 2007 г. Запорожье, Украина

Тематика конференции:

- проблемы современной технологии бетона;
- товарные бетоны и ЖБИ с добавками;
- проектирование составов бетона с учетом климатических факторов;
- качество выпускаемой продукции

Доклады, принятые оргкомитетом, будут опубликованы до начала конференции.

Оргкомитет: 000 «Будиндустрия ЛТД»

69057, Украина. Запорожье,
пр. Ленина, 158, оф. 223



Телефон/факс: +380 (61) 224-66-21, 224-67-74, 289-14-95, 220-04-85
E-mail: m_bi@a-teleport.com

Секретарь оргкомитета Бабаевская Татьяна Викторовна

РЕКЛАМА

weber.prim base
Акриловая грунтовка
• для внутренних работ
• бесцветная, прозрачная
• обладает антибактериальными свойствами

weber

КЛЕЙ ПВА универсальный

БЕТОНОГРУНТ

ГРУНТОВКА
глубокопроникающая
для внутренних работ
25°C

ШПАТЛЕВКА ЛАТЕКСНАЯ
для внутренних работ

АКВА

ГРУНТОВКА
глубокопроникающая
для внутренних работ

АКВА

ШПАТЛЕВКА ЛАТЕКСНАЯ
для внутренних работ

АКВА

ПОЛИАКРИЛОВАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ
GIDROSTOP

За 5 лет работы:

Более 50.000 заказов

Более 20.000.000 м² качественной полиграфической продукции

Более 1.000.000.000 шт. самоклеящейся флексо-этикетки

Количество оригинальной упаковки – просто не смогли подсчитать

На сегодняшний день:

Более 500 постоянных клиентов – крупнейшие российские производители

Более 1.000.000 шт. самоклеящейся этикетки в день

Более 20.000.000 шт. качественной упаковки в месяц

Потому что С НАМИ НАДЕЖНО

ПЕЧАТНЫЙ ЭКСПРЕСС

ФЛЕКСОГРАФИЯ
(495) 739 9933
WWW.PRINT-EXPRESS.RU

РЕКЛАМА

Компания "ВНИИР"

Компания "ВНИИР" поставляет оборудование для промышленных лабораторий различного профиля.

Строительные лаборатории
Дорожно-строительные лаборатории
Мостостроительные лаборатории
Лаборатории неразрушающего качества
Материаловедческие и металлографические лаборатории
Лаборатории механических, температурных и климатических испытаний
Спектральные и химические лаборатории
Оборудование для механических испытаний

Твердомеры
Оборудование для климатических испытаний
Оборудование для температурных испытаний
Приборы для испытания цементов, бетонных смесей
Приборы для испытаний бетонных и железобетонных конструкций

Испытание лакокрасочных материалов
Весовое оборудование
Приборы неразрушающего контроля качества
Приборы для измерения температуры и влажности
Геодезическое оборудование
Приборы для испытания грунтов
Приборы для испытания битумов

Приборы для испытания битумов
Приборы для испытания заполнителей
Приборы для испытания асфальтобетона
Приборы для контроля параметров автомобильных и железных дорог
Оборудование для выбуривания кернов

Комплексные передвижные лаборатории

РЕКЛАМА

Отдел продаж: тел./факс +7 (495) 735-6531, 437-9800, 430-0428, 437-2274
Отдел сервиса и метрологического сопровождения: тел./факс +7 (495) 437-5110
Адрес: 119361 г. Москва, ул. Озерная, д.44
Internet: www.vniir.ru E-mail: vniir@aha.ru
Режим работы: с 9:30 до 18:00, выходные - сб, вскр.
Условия работы: 100% предоплата, отгрузка со склада в Москве.

А.В. КАЛАЧ, канд. хим. наук, О.Б. РУДАКОВ, д-р хим. наук, Воронежский государственный архитектурно-строительный университет; В.Ф. СЕЛЕМЕНЕВ, д-р хим. наук, Воронежский государственный университет; И.В. БОЧАРНИКОВА, инженер, Воронежский государственный архитектурно-строительный университет

Экспертиза строительных материалов с применением электронного носа

В последние десятилетия для оценки внутреннего климата помещения используется понятие «синдром больных зданий» (СБЗ). Появлению симптомов СБЗ способствуют неправильно спроектированные или построенные системы вентиляции, не способные вывести вредные, а порой и опасные химические и биологические загрязняющие вещества, выбросы промышленных предприятий и транспорта.

Более половины от общего числа источников загрязнения внутренней воздушной среды зданий составляют синтетические строительные материалы (СМ). Современные строительные материалы нарушают естественную вентиляцию и физико-химические показатели воздушной среды помещений, являются источниками эмиссии токсичных газов — более 250 соединений различных классов опасности.

По оценкам ВОЗ, здания, пораженные загрязняющими веществами, составляют до 30% строений во всем мире. Зачастую воздушная среда жилых помещений загрязнена настолько, что не отвечает гигиеническим требованиям, предъявляемым к качеству воздуха в заводских и производственных зданиях.

Для контроля качества воздуха помещений службами санитарно-эпидемиологического контроля в настоящее время применяются, как правило, способы анализа, позволяющие определять только индивидуальные загрязнители из смеси. Кроме того, эти способы и методики требуют значительных временных затрат и сложного аппаратного оформления.

В связи с этим актуальной эколого-аналитической задачей является разработка экспрессных способов анализа, позволяющих в режиме реального времени оценить качество воздуха помещений и вовремя принять решение о пригодности его для безопасной эксплуатации. Для достижения поставленной цели были подготовлены модельные газовые смеси, имитирующие реальные в строительных материалах.

Согласно гигиеническим заключениям равновесная газовая фаза большинства СМ содержит фенол и формальдегид в количествах 0,03 (ДВП, ДСП) и 0,02 (ЛПВХ) мг/м³, что не превышает предельно допустимой концентрации (ПДК) для указанных аналитов. Для детектирования фенола и формальдегида в газовой фазе были применены сенсоры, модифицированные чувствительными сорбентами.

Определения выполняли с применением мультисенсорной системы «электронный нос» оригинальной конструкции [1].

В работе использовали кварцевые резонаторы АТ-среза (угол 35°25′) с серебряными электродами диаметром 5 мм и толщиной 0,3 мм с номинальной резонансной частотой колебаний 8–10 МГц; многоканальный частотомер; управление работой системы осуществляли ЭВМ по последовательному протоколу RS232.

Подготовка пьезосенсора. Для повышения чувствительности сенсора его поверхность модифицировали сорбентами. В качестве сорбентов использовались полиэтилен гликоль с молярной массой 1000–20000 г/моль (сорбенты 1–3); эфиры полиэтиленгликоля (сорбенты 4–6); поливиниловый спирт (сорбент 7); поливинилпирролидон (сорбент 8); сквалан (сорбент 9); динонилфталат (сорбент 10). Выбор сорбентов проводили в соответствии с полярностью и гидрофобностью.

Раствор сорбента равномерно распределяли микрошприцем по поверхности металлических электродов, не затрагивая периферийных участков пьезокварца. Затем сенсоры сушили при температуре 50–70°C.

Пробы газовой фазы СМ отбирали при 20±2°C методом дискретной газовой экстракции. Предварительно был установлен оптимальный объем газовой фазы, равный 3 см³. Ранее было показано, что при увеличении объема пробы чувствительность микровзвешивания меняется незначительно [2].

Такая зависимость аналитического сигнала сенсора от объема инжектируемой пробы позволяет априори сделать вывод: либо в газовой фазе СМ присутствуют избыточные количества загрязнителей, которые вызывают полное насыщение модификаторов при объемах проб 3 см³, либо миграция летучих соединений, входящих в состав СМ, происходит в незначительных количествах и концентрация загрязнителей постоянна.

Получение и обработка аналитического сигнала. Снижение рабочей частоты колебаний (аналитический сигнал) пьезосенсоров рассчитывали по уравнению Заурэбрэ [3]:

$$\Delta f = -2,3 \cdot 10^{-6} \cdot f_0^2 \cdot \Delta m / A,$$

где Δm — масса, г; f_0 — резонансная частота пьезосенсора, МГц; Δf — изменение частоты сенсора, Гц; A — площадь поверхности электродов сенсора, см².

После введения каждой пробы фиксировали резонансную частоту каждого сенсора и вычисляли относительный сдвиг частоты Δf_a по уравнению:

$$\Delta f_a = f_1 - f_2,$$

где f_1 и f_2 — частоты колебаний сенсора до и после анализа, Гц.

Предварительно с учетом предлагаемого алгоритма опроса матрицы в идентичных условиях изучена сорбция модельных газовых смесей аналитов при максимальном содержании загрязнителей равном 2 ПДК.

Аналитические сигналы электронного носа получены в виде профилограмм круглой формы; на осях откладывали аналитические сигналы индивидуальных сенсоров, номерам сенсоров в общей матрице соответствует номер оси. Геометрия визуального отпечатка газовой фазы при содержании формальдегида на уровне ПДК идентична геометрии отпечатка, соответствующе-

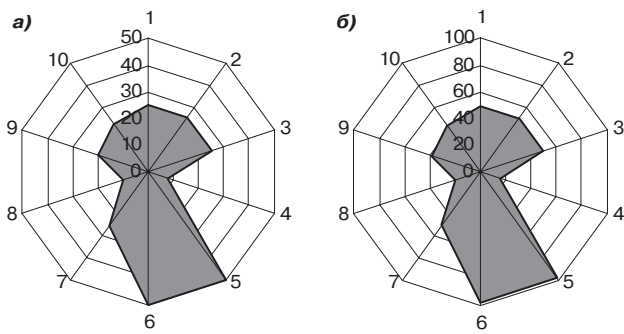


Рис. 1. Профилограммы (визуальные отпечатки) газовой фазы при содержании формальдегида на уровне ПДК (а) и 2 ПДК (б); номерами на осях обозначены сорбенты

го концентрации 2 ПДК (рис. 1 а, б); отличия проявляются лишь в интенсивности этих сигналов.

Визуальные отпечатки отличаются площадью, что позволяет количественно оценить содержание формальдегида в пробе. Аналогичные закономерности характерны и для визуальных отпечатков паров фенола (рис. 2 а, б).

Таким образом, по геометрии визуальных отпечатков возможна идентификация формальдегида и фенола.

При экспонировании матрицы сенсоров в парах модельной газовой смеси фенола и формальдегида установлен аддитивный характер сорбции этих загрязнителей. При увеличении концентрации модельной смеси до 2 ПДК геометрия визуального отпечатка остается постоянной, закономерно увеличивается площадь.

Заметные изменения в геометрии визуальных отпечатков происходят при сорбции смеси фенола и формальдегида при концентрациях в пределах ПДК

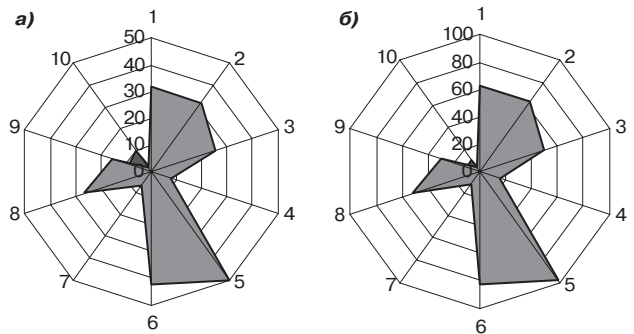


Рис. 2. Профилограммы (визуальные отпечатки) газовой фазы при содержании фенола на уровне ПДК (а) и 2 ПДК (б); номерами на осях обозначены сорбенты

и 2 ПДК соответственно. Визуальный отпечаток качественно отличается от аналогичного, полученного при сорбции модельной смеси загрязнителей на уровне ПДК.

Таким образом, установлено, что мультисенсорная система электронный нос применима для проведения экспертизы реальных образцов строительных материалов.

Список литературы

1. Калач А.В., Коренман Я.И., Нифталиев С.И. Искусственные нейронные сети – вчера, сегодня, завтра. Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад. 2002. 291 с.
2. Калач А.В. Пьезосенсоры в мониторинге окружающей среды // Экологические системы и приборы. 2004. № 10. С. 8–11.
3. Малов В.В. Пьезорезонансные датчики. М.: Энергоатомиздат. 1989. 272 с.

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 |

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

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

подготовка шихты для керамической плитки

помол пигментов

смешение компонентов пенобетона

получение сухих смесей

активация цемента

www.activator.ru >>

Новосибирск, Софийская 18, оф 107
630056 Новосибирск 56, а/я 141
Факс: 8 (383) 345-15-30 (доп. 41)
Тел: 8 901 450 6304
e-mail: belyaev@activator.ru

А.Н. АБЫЗОВ, канд. техн. наук, ООО «УралНИИСтром»;
 В.А. АБЫЗОВ, канд. техн. наук, ЮУрГУ (Челябинск); А.К. АБРАМОВ, директор,
 В.К. ПЕЧЕРИЧЕНКО, главный технолог, ООО НПП «КРОНА-СМ» (Новосибирск)

Жаростойкие бетоны с добавками отходов производства носителя катализатора дегидрирования углеводородов

Номенклатура сырьевых материалов для приготовления составляющих жаростойких бетонов (вяжущих, заполнителей, тонкомолотых добавок и отвердителей) может быть существенно расширена за счет использования различных промышленных отходов. Среди них наибольшее распространение получили шлаки черной и цветной металлургии, отходы огнеупорного производства и высокоглиноземистые отходы абразивного производства, химической промышленности. Это позволяет не только расширить сырьевую базу, снизить стоимость жаростойких бетонов, но и в ряде случаев получать бетоны с более высокими показателями, чем на традиционных составляющих [1–4]. Кроме того, использование отходов способствует решению вопросов, связанных с охраной окружающей среды.

Накоплен обширный опыт по применению различных видов промышленных отходов в тяжелых и легких жаростойких бетонах с максимальной температурой эксплуатации 300–1600°C на портландцементе, глиноземистом и высокоглиноземистом цементах, жидком стекле и фосфатных связующих. Требования к свойствам применяемых материалов в указанных бетонах регламентируются ГОСТ 20910–90 и справочным пособием к СНиП [3].

Большой интерес для производства вяжущих для жаростойких бетонов представляют дисперсные отходы глиноземистого и хромглиноземистого состава. Они требуют сравнительно небольших расходов на дальнейшее измельчение, а высокое содержание Al_2O_3 , Cr_2O_3 обеспечивает вяжущему повышенную огнеупорность. Накоплен большой опыт применения отходов нефтехимии – отработанного катализатора производства синтетического каучука ИМ-2201 в качестве активной тонко-

молотой добавки в жаростойком бетоне на фосфатных связующих, глиноземистом и высокоглиноземистом цементах. Однако данные отходы имеют сложный состав и обладают сравнительно низкой активностью.

Проведенный анализ информации по отходам химических производств показал, что для применения в жаростойких бетонах могут представлять интерес отсе-вы производства носителя катализатора дегидрирования углеводородов. Они являются продуктом частичного обезвоживания гидроксида алюминия, полученным путем быстрого нагрева в потоке горячего газа с температурой 500–1200°C и быстрым охлаждением до 60°C. Отсевы имеют удельную поверхность до 2500 см²/г и следующий фракционный состав:

- > 160 мкм – не более 6%;
- 160–71 мкм – 40–80%;
- < 71 мкм – не более 50%.

Химический состав отходов описывается формулой $Al_2O_3 \cdot nH_2O$, где $n = 0,03–2$, что предопределяет их высокую химическую активность. Это позволило использовать данные отходы в качестве добавки к глиноземистому цементу, а также применить для приготовления алюмофосфатных связующих, огнеупорных клеев, растворов и бетонов на их основе.

Введение домолотых отсе-вов носителя катализатора дегидрирования углеводородов в глиноземистый цемент позволяет, сохраняя высокую скорость набора марочной прочности в течение трех суток, повысить в цементном камне содержание гидроалюминатов кальция и особенно геля гидроксида алюминия. Кристаллизация гидроксида алюминия из геля протекает интенсивнее из-за более быстрого прессыщения жидкой фазы. Таким образом, состав це-

Свойства жаростойкого бетона на корундовом и шамотном заполнителях

| Характеристика | Шамотный заполнитель | | | Корундовый заполнитель | | |
|--|----------------------|------|------|------------------------|------|------|
| | 0 | 20 | 40 | 0 | 20 | 40 |
| Содержание добавки глиноземистых отходов, % | 0 | 20 | 40 | 0 | 20 | 40 |
| Плотность после сушки, кг/м ³ | 1950 | 1980 | 2000 | 2650 | 2680 | 2700 |
| Предел прочности при сжатии в возрасте 3 сут, МПа, не менее | 30 | 25 | 20 | 35 | 30 | 23 |
| Предел прочности при сжатии после нагрева до 1000°C, МПа | 17 | 14 | 12 | 16 | 15 | 12 |
| Температурная усадка при предельной температуре применения, % | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 0,4 | 0,6 | 0,8 |
| Доля прочности, оставшаяся после нагревания до 800°C, % | 40 | 57 | 67 | 40 | 35 | 30 |
| Термостойкость (по ГОСТ 20910–90) при 800°C, водные теплосмены, не менее | 15 | 15 | 10 | 15 | 10 | 10 |
| Огнеупорность, °C, не менее | 1470 | 1590 | 1620 | 1570 | 1640 | 1690 |
| Предельная температура применения, °C | 1300 | 1450 | 1500 | 1450 | 1500 | 1600 |

ментного камня соответствует более высокоглиноземистому цементу, чем глиноземистому. В результате значительно повышается огнеупорность вяжущего и температура применения жаростойких бетонов на его основе.

Было запатентовано высокоглиноземистое вяжущее [5], близкое по основным свойствам к высокоглиноземистому цементу. При этом сохранилась способность к набору марочной прочности при твердении в течение трех суток или при тепловлажностной обработке. Уменьшилась характерная для глиноземистого цемента потеря прочности при нагревании до 1000°C, значительно повысилась огнеупорность цемента.

Вяжущее состоит из глиноземистого цемента и добавки отсева носителя катализатора, домолотых до удельной поверхности 3500–4000 см²/г, взятых в количестве, мас. %:

- глиноземистый цемент 55–90;
- отсева носителя катализатора 10–45.

На основе глиноземистого цемента Пашийского завода марки ГЦ50 по ГОСТ 969–91 и добавок отсева носителя катализатора получено вяжущее со следующими свойствами:

| | | |
|--|-------|-----------|
| прочность при сжатии в возрасте 3 сут, МПа | | 25–40 |
| доля прочности, оставшаяся после нагревания до 1000°C, % | | 50–60 |
| огнеупорность, °C | | 1500–1680 |

На полученное вяжущее разработаны технические условия «Высокоглиноземистое вяжущее» ТУ 5746-01-48284834–2005. Сравнительные свойства жаростойких бетонов на разработанном вяжущем, шамотных и корундовых заполнителях приведены в таблице.

Были выпущены опытные партии изделий из бетонов на шамотных и корундовых заполнителях: горелочные камни нагревательных печей (Челябинский трубопрокат-

ный завод), изделия для футеровки горелки камеры волокноосаждения (ОАО «ТИСМА», Тюмень) и ряд других изделий для предприятий Челябинской области.

Установлена возможность изготовления жидких алюмофосфатных связующих с использованием отсева производств носителей катализаторов. Кроме того, данные отходы могут быть успешно использованы в составе сухих смесей для приготовления огнеупорных растворов и клеев с температурой применения 1400–1600°C.

Возможно также использование данного сырья в качестве добавки при производстве жаростойкого фосфатного газобетона. Выпущены опытные партии жаростойкого фосфатного газобетона со средней плотностью 600–800 кг/м³ и температурой применения 1400–1500°C.

Список литературы

1. Некрасов К.Д., Абызов А.Н. Жаростойкие бетоны на основе металлургических шлаков. Обзорная информация. Вып. 1. М.: ЦИНИС. 1980. 49 с.
2. Некрасов К.Д., Абызов А.Н. Жаростойкие бетоны на основе шлаков ферросплавов // Физико-химические и технологические основы жаростойких цементов и бетонов. М.: Наука. 1986. С. 109–122.
3. Технология изготовления жаростойких бетонов: Справочное пособие к СНиП. М.: Стройиздат. 1991. 64 с.
4. Абызов А.Н., Магилат В.А. Разработка и опыт применения жаростойких бетонов на основе промышленных отходов // Использование отходов горнодобывающей и перерабатывающей промышленности: Сб. науч. тр. Челябинск: Челябинский дом ученых. 2004. С. 50–51.
5. Патент № 2284971. Высокоглиноземистое вяжущее. Абызов А.Н., Абызов В.А., Абрамов А.К., Сотников В.В., Сотникова Д.Д. Опубл. 2006.10.10. Бюл. № 28.



научно-производственное предприятие

КРОНА·СМ

Предлагает

Высокоглиноземистое вяжущее с шамотным или корундовым заполнителем

Новую технологию производства глазурованного кирпича

Глазурованный кирпич с высокими декоративными свойствами

Рецептуру и технологию производства низкотемпературных глазурей различных цветов

А также технологии бесцементных, безобжиговых строительных материалов из песка и отходов различных производств

научно-производственное предприятие
КРОНА·СМ

630058 Новосибирск, ул. Тихая, 1
Телефон: (383) 333-75-03, факс: (383) 333-75-65
E-mail: email@krona-sm.com

www.krona-sm.com

Реклама

Т.В. ХАМОВА, научный сотрудник, О.А. ШИЛОВА, д-р хим. наук, Институт химии силикатов им. И.В. Гребенщикова РАН; Д.Ю. ВЛАСОВ, канд. биол. наук, Санкт-Петербургский государственный университет; В.М. МИХАЛЬЧУК, д-р хим. наук, Донецкий национальный университет (Украина); О.В. ФРАНК-КАМЕНЕЦКАЯ, д-р геол.-мин. наук, А.М. МАРУГИН, канд. физ.-мат. наук, Санкт-Петербургский государственный университет; В.Ю. ДОЛМАТОВ, канд. хим. наук, генеральный директор ЗАО «Алмазный центр» (Санкт-Петербург)

Биоактивные микро- и нанокомпозиаты для строительных материалов, формируемые золь-гель-методом

Поиск эффективных мер противодействия биоповреждениям — одна из важнейших научно-практических проблем в современном мире. Известны случаи, когда фактор биоразрушения был главным или одним из основных, приведших к обрушению строительных конструкций жилых домов и промышленных зданий городов. Уникальное собрание каменных памятников Санкт-Петербурга, а также многие музеи и дворцы уже пострадали от биокоррозионного воздействия. Воздействие микроорганизмов часто является каталитическим и ускоряет физико-химические процессы выветривания и разрушения камня. В связи со значительным ухудшением экологической обстановки в промышленных городах процессы биоразрушений заметно ускорились и приняты новые формы [1, 2]. В этой ситуации на первый план выходит проблема создания материалов для защиты строительных объектов и уникальных памятников культурного наследия от биоповреждений.

Для предотвращения биоразрушения камня разработаны различные методы, которые имеют определенные достоинства и недостатки. Наиболее перспективным считается химический метод, связанный с применением различных биоцидов. Наиболее широко во всем мире используют так называемые жесткие биоциды (аммонийные, оловосодержащие, кремнийорганические и другие соединения) [3]. Однако их ингибирующее действие на микроорганизмы может быть кратковременным и в ряде случаев приводить к селекции новых, более агрессивных штаммов. Кроме того, применение токсических химических биоцидов может быть опасным для окружающей среды, строительного материала и обслуживающего персонала. Более эффективным считается применение мягких биоцидов — фотокатализаторов (TiO_2); синтетических аналогов хлорофилла — фталоцианинов и дифталоцианинов металлов. Их преимуществом является экологичность, длительность действия, способность ингибировать развитие агрессивных микробных сообществ, не меняя свойств самого материала.

Биоциды добавляются в краски, грунтовки, электродиты, конверсионные покрытия как наполнители [4]. В последние годы в связи с развитием нанотехнологий появились новые возможности в создании материалов с уникальными мягкими биоцидными свойствами. Среди наиболее перспективных является золь-гель-технология, которая позволяет ввести и равномерно распределить биологически активные субстанции в неорганических или органо-неорганических матрицах и закрепить последние на различных материалах в виде пленок и покрытий [5–7].

Настоящая работа посвящена золь-гель-синтезу и исследованию биологической активности по отношению к плесневым грибам, наиболее часто встречающимся в воздушной среде больших городов, двух видов материалов — нанокомпозиционных покрытий и микрокомпозиционных порошков, формируемых на основе эпоксисиликатных и силикатных золь-гелей, легированных мягкими биоцидами различного происхождения.

В качестве прекурсоров золя для формирования биоактивных нанокомпозиционных покрытий использовали тетраэтиловый эфир ортокремневой кислоты (ТЭОС — $\text{Si}(\text{OEt})_4$), эпоксидно-диановую смолу ЭД-20, изопропиловый спирт (ИПС). Для приготовления эпоксисиликатного золя эпоксидную и силикатную составляющие сливали в соотношении 1:1 и тщательно перемешивали. Далее в формируемую систему вводили мягкие биоцидные добавки. В качестве последних использовали водный раствор сульфированного дифталоцианина лютеция ($\text{SO}_3\text{-LuPc}_2$) и нанодиамазы детонационного синтеза (ДНА) в виде суспензии в воде и в ИПС. Концентрации вводимых добавок составляли 1; 4,5 и 10 мас. %. После введения биоцидов полученные золь-гель-системы подвергали интенсивному перемешиванию. Полученный золь наносили кисточкой равномерными мазками на предметные стекла для формирования покрытия.

Формируемые биоактивные микрокомпозиционные порошки представляли собой частицы оксида алюминия, на поверхности которых сформировано нанокомпозиционное покрытие на основе силикатных золь-гель-систем, модифицированных мягкими биоцидными добавками. В качестве прекурсоров золя использовали тетраэтоксисилан, этиловый спирт, азотную кислоту, дистиллированную воду. В основе приготовления силикатного золя лежала двухстадийная методика гидролиза ТЭОС в кислой среде. На первой стадии гидролиза исходные компоненты ($\text{C}_2\text{H}_5\text{O}$) $_4\text{Si}$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, H_2O и HNO_3 последовательно смешивали при мольном соотношении 1:1,6:2,5:0,001 соответственно. Полученный раствор выдерживали в течение суток. Затем к нему добавляли микродозы мягких биоцидных добавок (водный раствор $\text{SO}_3\text{-LuPc}_2$, водная суспензия ДНА) и тщательно перемешивали. В результате при комнатной температуре образовывался прозрачный золь, который выдерживали в течение суток, после чего использовали для формирования покрытия на оксидных частицах. Использовался оксид алюминия двух кристаллических модификаций $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ с размером частиц 1–4 мкм и $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ — 50–90 мкм. Такой выбор был обусловлен наличием данных об устойчивости оксида алюминия в модифицированных золях на основе ТЭОС [9]. В качестве порошкового сырья

Таблица 1

| Содержание биоцида в составе покрытия, мас. % | Наименования биоцида | | | Наблюдаемый эффект |
|---|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|--|
| | SO ₃ -Pc ₂ Lu | ДНА, водная суспензия | ДНА, суспензия в ИПС | |
| 1 | +++ | ++ | ++ | +++ активное зарастание микромицетов на поверхности покрытия ++ умеренное развитие колоний микромицетов + слабое развитие колоний гриба на поверхности покрытия, слабое развитие мицелия, отсутствие хорошо развитых конидиальных структур |
| 4,5 | + | + | ++ | |
| 10 | ++ | ++ | ++ | |

могут использоваться оксиды других металлов, а также гидроксиды, чистые металлы и т. д. Порошки Al₂O₃ смешивали с приготовленным ранее золем в соотношении 1:1. Полученные гетерофазные золь-гель-системы интенсивно перемешивали для обеспечения равномерного распределения порошковых частиц по всему объему золя и предотвращения их оседания. При таких условиях суспензии спустя некоторое время переходили в гели, после чего их высушивали при температуре 100°C в течение суток. После сушки гели рассыпались в порошковый материал, который затем подвергали термической обработке в печи (воздушная среда) при температуре 700°C с выдержкой в течение часа.

Испытания на биоактивность синтезированных материалов были выполнены в лаборатории низших растений Биологического НИИ СПбГУ. Методика испытаний была разработана на базе ГОСТ 9.048–89, ГОСТ 9.052–88, ГОСТ 9.049–91, ГОСТ 9.048–89. Кроме того, учитывался опыт по испытаниям на биостойкость различных типов камня, применяемого при создании памятников культурного наследия [2], а также проверки биоцидных составов на антимикробную активность. На основе анализа списков плесневых грибов, рекомендованных в вышеперечисленных ГОСТах, а также накопленные данные биомониторинга состояния различных каменных материалов в городской среде, были отобраны 7 видов микромицетов из 5 родов для испытания предложенных материалов на биостойкость: *Aspergillus niger*, *A. terreus*, *Cladosporium herbarum*, *Paecilomyces variotii*, *Penicillium chrysogenum*, *P. funiculosum*, *Scopulariopsis brevicaulis*.

Нанокпозиционные покрытия на стеклянных пластинах помещались в чашки Петри на поверхность питательной среды. Суспензию спор каждого из перечисленных видов микромицетов (концентрация суспензии 10⁶/мл суспензии) наносили на поверхность покрытия и окружающую питательную среду.

Микрокомпозиционные порошки засыпались в желобки диаметром 2,5 см, сделанные в питательной среде таким образом, чтобы поверхность исследуемого объекта чуть превышала поверхность питательной среды, а в центр круга вносили суспензию спор определенного вида гриба. Инокулированные опытные объекты выдерживали в течение 4 недель в соответствии с ГОСТом в термостате при температуре 22°C. В ходе инкубации, а также после истечения контрольного срока поверхность покрытий исследовали при увеличении в 20–400 раз. Оценку результатов испытаний осуществляли по специальной шкале, характеризующей степень развития плесневых грибов на опытных образцах.

Нанокпозиционное покрытие на основе эпоксиликатного золя, не легированного биоцидами, было исследовано на биостойкость по описанной выше методике. Результаты испытаний показали, что оно обладает слабым биоцидным действием. Развитие микромицетов на его поверхности можно считать умеренным. В то же время эксперименты продемонстрировали существенное влияние биоцидов различного происхождения в проявлении антимикробной активности такого покрытия (табл. 1).

Ингибирующее действие на микромицеты было установлено во всех покрытиях с ДНА. Это проявлялось в уме-

ренном развитии микромицетов. Причем добавление ДНА в виде водной суспензии было наиболее эффективным, поскольку при концентрации 4,5% наблюдалось слабое развитие грибов и подавление развития мицелия.

В покрытиях с SO₃-LuPc₂ влияние концентрации биоцида проявилось наиболее существенно. Для покрытия с 1%-м содержанием SO₃-LuPc₂ обнаруживалось активное развитие микромицетов, тогда как при концентрации 4,5% развитие грибов заметно подавлялось и наблюдался лишь слабый рост мицелия. Интересно отметить, что при дальнейшем повышении концентрации SO₃-LuPc₂ в покрытии до 10% эффект не усиливался.

Таким образом, повышение биоцидных свойств покрытий было зафиксировано при введении в эпоксиликатное покрытие SO₃-LuPc₂ и ДНА (водная суспензия) в концентрации 4,5%.

Для подтверждения наличия антимикробной активности в синтезированных нанокпозиционных покрытиях было проведено испытание покрытия с 4,5%-м содержанием SO₃-LuPc₂ в условиях городской среды. В Музее некрополя XVIII века Александро-Невской лавры был выбран памятник из однородного каррарского мрамора, обширно колонизированный микроорганизмами, в особенности зелеными водорослями. Перед нанесением покрытия поверхность памятника была очищена от биопленки четвертичными аммониевыми основаниями. Для сравнения различные участки поверхности памятника были покрыты испытываемым покрытием, содержащим SO₃-Pc₂Lu, и оловоорганическим покрытием, являющимся жестким химическим биоцидом и допускаемым в настоящее время для защиты объектов культурного наследия. Длительные испытания антимикробных свойств на данном памятнике продолжаются. Наблюдения за состоянием поверхности осуществляются каждые 3 месяца. По прошествии 2 лет можно заключить, что защитный эффект покрытия, легированного SO₃-LuPc₂ (концентрация 4,5%), сравним с действием оловоорганического покрытия (см. рисунок).

Результаты испытаний исходных порошков оксидов алюминия на биостойкость показали, что γ-Al₂O₃ обладает антимикробной активностью, тогда как у α-Al₂O₃ биоцидный эффект не зарегистрирован. В то же время экспериментально установлено существенное влияние биоцидов различного происхождения в проявлении антимикробной активности исходных порошков (табл. 2).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что сочетание γ-Al₂O₃ с различными допантами демонстрирует наиболее существенное влияние на развитие микромицетов. Причем введение ДНА приводило к антимикробной активности, сопоставимой с исходным γ-Al₂O₃ без биоцидов, тогда как добавление SO₃-LuPc₂ было наиболее эффективным, поскольку приводило к явному торможению роста, развитию грибов и подавлению зарождения спор.

Результаты, отраженные в табл. 2, также свидетельствуют о влиянии температуры термообработки порошков на их биоцидные свойства. В целом обработка компонентов смесей при 100°C, вероятно, более эффективна, так как биоцидные свойства в разной степени проявляются в 5 из 6 опытных вариантов, тогда как при

| Наименование допанта | Температура, °C | Наименование исходных порошков | | Наблюдаемый эффект |
|------------------------------------|-----------------|--|--|--|
| | | α -Al ₂ O ₃ | γ -Al ₂ O ₃ | |
| Немодифицированные порошки | 100 | ++++ | ++ | + – явное торможение роста, развития и спороношения колоний грибов; ++ – значительное ограничение роста и развития колонии плесневых грибов, замедление спороношения, выделение пигмента в окружающую среду; +++ – влияние на рост и развитие колоний грибов незначительно; ++++ – влияния не наблюдается |
| | 700 | ++++ | ++ | |
| SO ₃ -LuPc ₂ | 100 | +++ | + | |
| | 700 | ++++ | +++ | |
| ДНА (водная суспензия) | 100 | +++ | ++ | |
| | 700 | ++++ | ++ | |

обработке 700°C биоцидные свойства проявляются лишь в 3 из 6 вариантов. В большинстве случаев биоцидный эффект в зависимости от способа температурной обработки меняется незначительно.

Таким образом, самая значительная реакция микромицетов (+), проявляющаяся в максимальном угнетении развития колоний и яркой пигментации, наблюдалась в вариантах γ -Al₂O₃ + SO₃-LuPc₂ (100°C).

Золь-гель-методом синтезированы нанокмпозиционные покрытия и микрокомпозиционные порошки на основе эпоксисиликатных и силикатных золь, модифицированных мягкими биоцидами различного происхождения.

Показано, что органосиликатная матрица обладает значительной биостойкостью, а введение в нее биоцидов усиливает ее антимикробные свойства. Особенно эффективными биоцидами против роста плесневых грибов, наиболее часто встречающихся в воздушной среде больших городов, оказались сульфированный дифталоцианин лютеция и наноалмаз детонационного синтеза при содержании их в покрытии 4,5 мас. %.

Выявлено, что высокодисперсный порошок γ -Al₂O₃ обладает биологической противомикробной и противоплесневой активностью. Антимикробную активность γ -Al₂O₃ можно существенно повысить в результате модификации его поверхности силикатным золем, содержащим микродозы мягких биоцидов. Особенно эф-

фективным биоцидом против роста микромицетов оказался сульфированный дифталоцианин лютеция.

В целом результаты проведенных исследований свидетельствуют о перспективности использования покрытий на основе эпоксисиликатных золь, легированных мягкими биоцидами, формируемых золь-гель-методом для защиты строительных сооружений городского наследия от биоразрушений. Кроме того, золь-гель-метод является дешевым и эффективным способом модификации поверхности порошков, например оксидов алюминия, с целью придания им антимикробной активности. В результате реализации этого процесса относительно недорогому сырью можно придать повышенную биологическую стойкость, что, несомненно, делает его перспективным для применения в виде биоактивных добавок непосредственно в строительных материалах (сухие смеси, цементы, бетоны и др.).

Авторы благодарят П.Н. Москалева за образцы дифталоцианина лютеция и М.А. Тимашеву за участие в проведении экспериментов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ: грант 05-06-08001-офи_a.

Список литературы

1. *Warscheid Th., Braams J.* Biodeterioration of stone: a review // *International Biodeterioration & Biodegradation*. 2000. 46. № 4. P. 343–368.
2. *Власов Д.Ю., Зеленская М.С., Франк-Каменецкая О.В.* Микромицеты на мраморных памятниках в Музее некрополя Александро-Невской лавры (Санкт-Петербург) // *Микология и фитопатология*. 2002. 36. № 3. С. 7–10.
3. *Richardson B.A.* Control of microbial growth on stone and concrete // In «*Biodeterioration*» / Ed. D.R. Houghton, R.N. Smith, H.O.W. Eggs. London, New York: Elsevier Applied Science. 1988. P. 101–106.
4. *Николаев П.* Чтобы правнукам осталось: о биокоррозии стройматериалов и конструкций // *Материалы и технологии*. 1998. Т. 10. № 8. С. 25–31.
5. *Soltman U., Raff J., Selenska-Pobell S. et al.* Biosorption of heavy metals by sol-gel immobilized bacillus sphaericus cells, spores and S-layers // *J. Sol-Gel Sci. Tech.* 2003. 26. № 3. P. 1209–1212.
6. *Trapalis C.C., Kokkoris M., Perdikakis G., Kordas G.* Study of antibacterial composite Cu/SiO₂ thin coatings // *J. Sol-Gel Sci. Tech.* 2003. 26. № 3. P. 1209–1212.
7. *Cardiano P., Sergi S, Lazzari M., Piraino P.* Epoxy-silica polymers as restoration materials // *J. Polymer*. 2002. 43. № 5. P. 6635–6640.
8. *Хамова Т.В., Шилова О.А., Хашковский С.В.* Золь-гель-метод формирования силикатного покрытия на поверхности частиц порошка оксида алюминия // *Техника и технология силикатов*. 2006. 13. № 3. С. 17–31.



Надгробие XVIII в. из однородного каррарского мрамора в Музее некрополя Александро-Невской лавры, различные участки поверхности которого покрыты синтезированным нанокмпозиционным покрытием, легированным SO₃-LuPc₂, и оловоорганическим покрытием