

Уважаемые коллеги!

На сайте издательства www.rifsm.ru в разделе «Подписка» реализован современный ресурс, который позволяет ежемесячно получать полнотекстовую версию журнала в электронном виде. Программное обеспечение в виде базы данных позволяет не только получать и читать журнал, но и структурировать информацию, создавая собственные подборки и др.

**Воспользуйтесь возможностью подписки
на электронную версию журнала «Строительные материалы»®
<http://ejournal.rifsm.ru/>**

Традиционная подписка по каталогам

6 номеров журнала
«Строительные
материалы»®



Подписной индекс по объединенному
каталогу «Пресса России»

70886

6 номеров журнала
«Строительные
материалы»®



Подписной индекс по каталогу
агентства «РОСПЕЧАТЬ»

79809

6 номеров журнала
«Строительные
материалы»®



Подписной индекс по каталогу
«Издавания органов
научно-технической информации»

61970

Издается при содействии
Комплекса архитектуры,
строительства, развития
и реконструкции Москвы,
при информационном
участии РНТО строителей

Входит в Перечень ВАК
и государственный проект РИНЦ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ® № 11

Основан в 1955 г.

(695) ноябрь 2012 г.

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

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

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е. И.

Редакционный совет:
РЕСИН В. И.

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

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

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

Перепечатка
и воспроизведение статей,
рекламных
и иллюстративных материалов
возможны лишь с письменного
разрешения главного редактора

Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений

Адрес редакции:

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

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

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

Керамические строительные материалы

И. Ф. ШЛЕГЕЛЬ

Некоторые аспекты полусухого прессования кирпича 6

Приведены результаты исследования процесса прессования кирпича из пресспорошков различной влажности. Сделан вывод о перспективности этого метода получения кирпича высокого качества. Приводится критика традиционной схемы полусухого прессования и даны предложения по оптимизации сушки сырца перед обжигом.

А. М. САЛАХОВ, В. Н. ГЕРАЩЕНКО, Р. А. САЛАХОВА, В. П. МОРОЗОВ, Р. Р. КАБИРОВ

Энергоэффективные керамические стеновые материалы из нетрадиционного сырья 9

Представлены исследования возможности и целесообразности получения керамики с высоким содержанием силикатов кальция. Приведены особенности химического и минералогического состава трепела Ново-Айбесинового месторождения, выявлена высокая чувствительность к ультразвуковой обработке, в результате которой резко увеличивается доля частиц размером менее 1 мкм. Показано, что стабильность фазового состава в широком интервале температуры в сочетании с высокими прочностными свойствами керамического камня стала основой энергосберегающей технологии лицевого кирпича с высоким содержанием в составе силикатов кальция.

Technargilla-2012 (Информация) 12

Мир обойденных величин (Рецензия на третий том избранных трудов Ю. Е. Пивинского «Реология дисперсных систем, ВКВС и керамобетоны: элементы нанотехнологий в силикатном материаловедении») 16

Материалы и конструкции

В. Е. МАНЕВИЧ, Е. А. НИКИФОРОВ, А. Л. ВИНИЦКИЙ,
А. В. МЕШКОВ, Н. А. СЕНИК, Р. К. СУББОТИН

Высокоэффективный теплоизоляционный материал на основе диатомового сырья 18

Описана технология получения высокоэффективного теплоизоляционного материала. Рассмотрены особенности подготовки пенообразующих смесей на основе стекла из диатомита на шаровой и планетарной мельницах; установлена зависимость объемного веса готового пеностекла от величины удельной поверхности и вида применяемого помольного оборудования. Приведен состав шихты для варки стекла и получения пеностекла.

П. А. КЕТОВ

Получение строительных материалов из гидратированных полисиликатов 22

Рассмотрена проблема силикатообразования при взаимодействии аморфного оксида кремния в виде трепела и растворов гидроксида натрия. Выявлены условия образования вяжущих композиций и шихты для получения ячеистых материалов. В процессе термообработки полученного материала газовыделение, сопровождающее процесс варки стекла, может быть использовано для создания устойчивых пен – пеностекло, в области высокой вязкости стекломассы.

Н. Э. СТАХОВСКАЯ, А. И. ЧЕРВОНЫЙ

Пеностекло из несортированных отходов стекла 24

Представлен теплоизоляционный строительный материал – пеностекло, полученное из несортированного боя стекла, образующегося в сфере бытового потребления населения; приведены некоторые особенности технологии его получения, а также технические показатели пеностекла.

А.Н. ФИЛАТОВ, Т.Н. ВУДВУД, В.А. ИВАНЕНКО

Поризация сырьевой смеси в технологии ячеистого бетона 28

Выполнен анализ газового и пенного способов поризации сырьевой смеси, которые используются в технологии ячеистого бетона. На основе анализа дано научно-техническое обоснование совмещения двух способов поризации в одной технологии.

Е.В. ЛУКАШ, М.И. КУЗЬМЕНКОВ

Неавтоклавный пенобетон на основе магнезиального цемента 33

Приводятся результаты экспериментальных исследований по разработке состава неавтоклавного пенобетона на основе магнезиального цемента, получаемого из доломита месторождения Руба. Показано, что по ряду эксплуатационных свойств (активность, сроки набора прочности и др.) магнезиальный цемент не уступает портландцементу, а, учитывая меньшую (на 15–20%) энергоемкость технологии его производства, он является перспективным для получения неавтоклавного пенобетона. Изучено влияние вида и содержания пенообразователя, а также различных добавок на процесс получения и свойства пенобетона. Установлено, что оптимальным для изготовления пенобетона является применение синтетических пенообразователей ПБ-2000 и Пеностром.

В.И. МЕЛЕХОВ, В.Е. БЫЗОВ

Макроструктура сердцевинных конструкционных пиломатериалов больших сечений 36

Приведены результаты исследований макроструктуры древесины конструкционных пиломатериалов больших сечений с сердцевинными включениями. Особенности макроструктуры древесины пиломатериалов, представляющей собой коаксиально нанизанные друг на друга годичные слои древесины, позволяют применить для исследований ее прочностных характеристик положения теории упругости тонкостенных цилиндрических оболочек.

С.И. ВОЗНЫЙ, В.К. КРЫЛОВ, С.М. ЕВТЕЕВА, А.А. АРТЕМЕНКО

Рецептуры термопласта для дорожной разметки 38

В статье рассматриваются вопросы теоретических и практических исследований по разработке рецептур термопласта для дорожной разметки. Показано, что регулирование концентрации технического воска в композиции позволяет повысить температурный диапазон незагрязняемости дорожной разметки на 5–15°C и обеспечить повышение срока ее службы.

Новая история Сочинского междуречья (Информация) 43**Строительные материалы: technology****Оборудование Группы компаний MASA (Информация) 48**

Г.С. КАРДУМЯН

Низкотермичные бетоны с компенсированной усадкой, модифицированные комплексной добавкой «ЭМБЭЛИТ», для водонепроницаемых конструкций по системе «Белая ванна» 49

Рассмотрены преимущества системы гидроизоляции «Белая ванна». Описана технология производства работ и материалов. Приведены примеры объектов. Сделан вывод, что внедрение новых технологий в России для устройства водонепроницаемых конструкций без дополнительной изоляции (система «Белая ванна») позволяет сокращать затраты и время на возведение объектов строительства в сложных грунтовых условиях.

Б.К. САРСЕНБАЕВ, Т.А. МОМЫШЕВ, Т.У. ИСКАКОВ, Н.Б. САРСЕНБАЕВ, Т.С. АУБАКИРОВА

Производство шлакощелочных вяжущих и бетонов на их основе 56

Приведена технология производства шлакощелочного вяжущего и результаты исследования его свойств. Произведен выпуск опытно-промышленной партии шлакощелочного вяжущего на основе электротермофосфорного шлака. Разработан технологический регламент на производство бетонов и изделий на основе исследованного вяжущего.

Г.Н. ЗАДИРАКА, Н.Н. ЩЕРБАК, С.М. НЕЙМАН, С.В. СОЗИНОВ

Опыт эксплуатации кровель с покрытием на основе плоского прессованного хризотил-цементного листа 58

Приведены сведения об использовании плоских прессованных хризотил-цементных листов в покрытиях несущей и гидроизоляционной составляющей. В Южно-Уральском регионе над производственным цехом с большими температурно-влажностными перепадами выполнен монтаж покрытия с разными опорными элементами, конфигурацией вентиляционного пространства, материалами утеплителя и дополнительной гидроизоляцией. Проведенное обследование состояния покрытия в сложных тепловлажностных условиях позволяет рекомендовать плоские хризотил-цементные листы на широкий рынок теплоэффективного строительства в разных регионах страны.

В.В. ТЫСЯЧУК, М.А. ГУБАРЕВА, А.А. КУПРИНА, А.В. СВИНАРЕВ

Буферные пенобетонные стяжки при реконструкции плоских кровель 60

Рассмотрены проблемы, возникающие при текущем ремонте плоских кровель. Показано преимущество применения монолитного пенобетона для ремонта плоской кровли. Описаны основные технологические этапы и оборудование для ремонта кровли.

С.Н. ЛЕОНОВИЧ, Н.Л. ПОЛЕЙКО, С.В. ЖУРАВСКИЙ, Ю.Н. ТЕМНИКОВ

Эксплуатационные характеристики бетона строительных конструкций с применением системы «Кальматрон» 64

Приведены результаты исследований поровой структуры бетона с применением системы «Кальматрон» в зависимости от условий и сроков твердения, а также от содержания кольматирующей добавки. Подтверждено, что со временем в результате химических реакций происходит кольматация капиллярных пор, снижается водопоглощение бетона, увеличивается его водонепроницаемость и морозостойкость. Полученные результаты нашли применение при изготовлении железобетонных конструкций, к которым предъявляются повышенные требования по водонепроницаемости и морозостойкости. Определены конструкции, где применение системы «Кальматрон» наиболее эффективно.

Экология и отрасль

А.Н. АБЫЗОВ, В.М. РЫТВИН, В.А. АБЫЗОВ, В.А. ПЕРЕПЕЛИЦЫН, В.Г. ГРИГОРЬЕВ

Жаростойкие и огнеупорные бетоны на основе вяжущих и заполнителей из шлаков ферросплавного производства 67

Приведены результаты исследований жаростойких бетонов на вяжущих и заполнителях из шлаков ферросплавного производства. Получены жаростойкие легкие бетоны с использованием тонкомолотого шлака выплавки металлического хрома с температурой службы 1200–1500°C.

А.Г. КАСИКОВ, В.В. ТЮКАВКИНА, Б.И. ГУРЕВИЧ, Е.А. МАЙОРОВА

Водостойкие магнезиальные вяжущие на основе продуктов переработки шлака цветной металлургии 70

Изучено влияние продуктов переработки шлака на основные свойства и структуру магнезиального камня. Показано, что растворы кислотного выщелачивания магнезиально-железистого отвального шлака пригодны для использования в качестве добавки, способствующей повышению водостойкости и прочности вяжущего. Введение в состав магнезиального вяжущего растворов соляно-кислотного выщелачивания шлака способствует формированию в цементном камне тригидрохлорида магния, характеризующегося повышенной водостойкостью.

Результаты научных исследований

В.В. БАБКОВ, Э.А. ГАФУРОВА, О.А. РЕЗВОВ, В.С. АСЯНОВА, Л.Н. ЛОМАКИНА

Состав продуктов высолообразования из наружных стен на основе вибропрессованных бетонных изделий 74

Рассмотрены вопросы высолообразования на поверхностях наружных стен зданий из вибропрессованных бетонных блоков. Изучен химический и минералогический состав высолов с использованием растрового электронного микроскопа и дифрактометра. Раскрыты механизмы процесса высолообразования. Проанализированы возможности применения гидрофобизации как способа очистки рассматриваемых стен от высолов.

Н.И. ШЕСТАКОВ, К.В. АКСЕНЧИК

Методика расчета термо- и влагонапряженного состояния бетонных плит, подвергаемых тепловлажностной обработке 77

Представлены результаты исследования термо- и влагонапряжений, возникающих в бетонных плитах в процессе тепловлажностной обработки в ямных пропарочных камерах. Определены опасные сечения плиты. Предложены формулы для расчета термо- и влагонапряжений. Разработанную методику можно использовать для оценки безопасности режимов тепловлажностной обработки сплошных бетонных плит.

Ведущий мировой эксперт по композитной арматуре выступил в «РОСНАНО» по приглашению ООО «Гален» (Информация) 81

Ю.С. ВЫТЧИКОВ, А.А. ДЕМЕНТЬЕВА, В.М. ГОРИН

Теплофизический расчет трехслойной керамзитобетонной стеновой панели 82

Предложена конструкция трехслойной стены с использованием в качестве теплоизоляционного слоя беспесчаного керамзитобетона. Приведен теплофизический расчет наружной стены для жилого здания, строящегося на территории Самарской области. Для расчета влажностного режима применен метод безразмерных характеристик, разработанный Ю.С. Вытчиковым.

Польские «Дни бетона» (Информация) 84**Новости 85**

И.Ф. ШЛЕГЕЛЬ, канд. техн. наук, генеральный директор Института Новых Технологий и Автоматизации промышленности строительных материалов (ООО «ИНТА-СТРОЙ», г. Омск)

Некоторые аспекты полусухого прессования кирпича

Исторически сложилось, что технология пластического формования считается оптимальным способом получения керамического кирпича. Такое мнение высказывается в некоторых учебниках и поддерживается западными компаниями – поставщиками оборудования в основном для этой технологии.

Автор 25 лет назад придерживался аналогичного мнения, пока в результате масштабной экспериментальной работы не убедился в высоком потенциале прессования керамики при пониженной влажности. В течение нескольких лет исследований было сформировано около 4 тыс. образцов при различной влажности и различном давлении прессования. Глина предварительно высушивалась, размалывалась, добавлялась вода для получения определенной влажности, и растиранием получался пресс-порошок или масса (при большой влажности).

Прессованные образцы диаметром и высотой 25 мм высушивались в естественных условиях и обжигались в муфельной печи при 1000°C. Для каждого типа глины, влажности и усилия прессования было получено по пять образцов, которые после обжига испытывали на сжатие. Полученные данные усреднялись и сводились в таблицы для каждого типа глины.

По результатам эксперимента построены графики зависимостей прочности от давления прессования (рис. 1–3), причем шкала давления прессования сделана логарифмической. Для разных глин результаты отличаются, но характер зависимостей примерно одинаков.

Как видно из рис. 1, для пресс-порошка влажностью 6–11% наблюдается экспоненциальный рост прочности при увеличении давления прессования, причем при влажности 11% прочность достигает значения 53 МПа при давлении прессования 63 МПа. При влажности 9–11% при больших давлениях заметно снижение прироста прочности, то есть приближение к экстремальным ее значениям.

Для глин влажностью от 12 до 15% (рис. 2) характер зависимостей иной: наблюдается промежуточный экстремум, затем прочность образцов падает при увеличении давления прессования. Это эффект так называемой перепрессовки, когда из пор на поверхность начинает выдавливаться вода, создавая расслоение внутри образца. При дальнейшем повышении давления прочность опять начинает расти. Для некоторых глин наблюдается 2–3 таких экстремума, что связано, видимо, с вымещением воды из различных по размерам пор.

Здесь можно согласиться с авторами [1], что во многих случаях ошибочным является мнение, что чем больше давление прессования, тем лучше. Вопрос подбора оптимального давления и влажности должен решаться при отработке технологии в лабораторных условиях для каждого вида сырья.

Для более влажных прессовок от 16 до 19% (рис. 3) и при более низком давлении прессования наблюдаются также максимумы прочности, однако за ними следуют более протяженные участки ее падения.

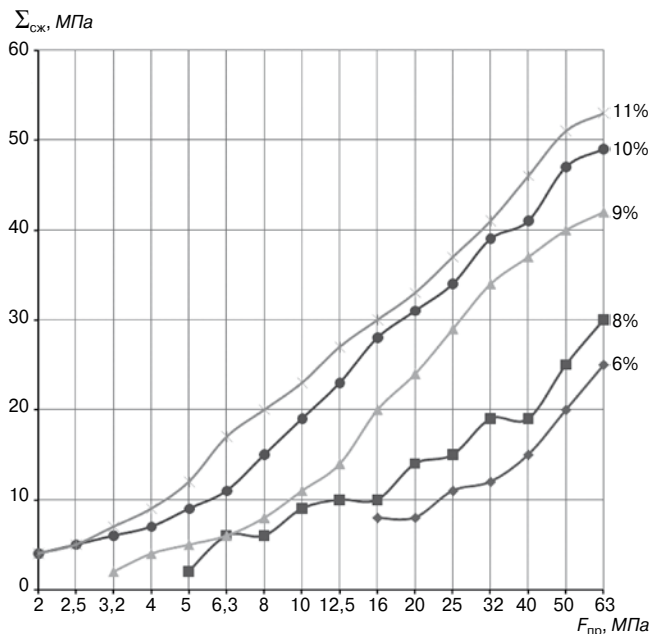


Рис. 1. Зависимость сопротивления сжатию ($\Sigma_{сж}$) образцов от усилия прессования ($F_{пр}$) и влажности глины 6–11%

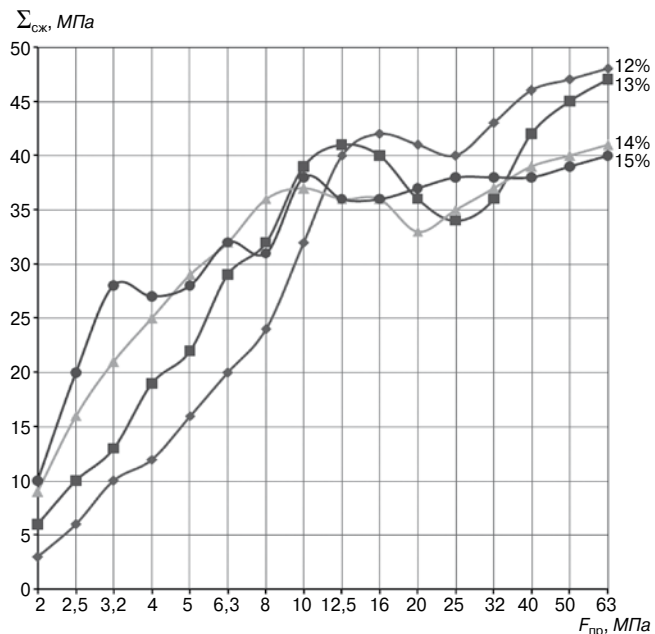


Рис. 2. Зависимость сопротивления сжатию ($\Sigma_{сж}$) образцов от усилия прессования ($F_{пр}$) и влажности глины 12–15%

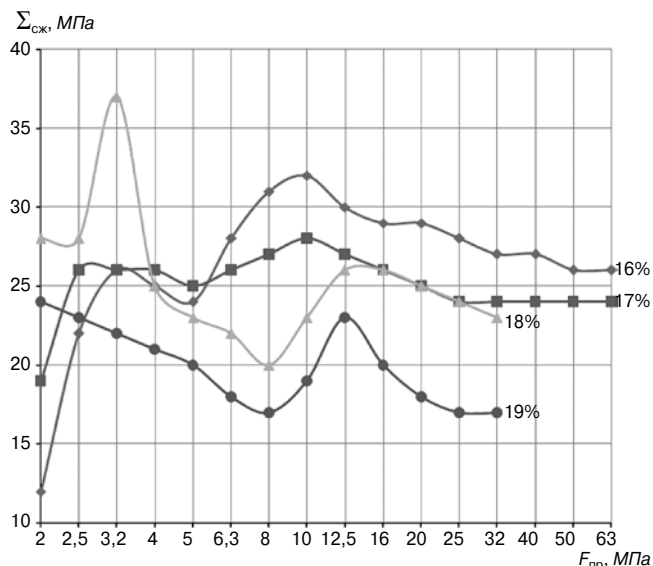


Рис. 3. Зависимость сопротивления сжатию ($\Sigma_{сж}$) образцов от усилия прессования ($F_{пр}$) и влажности глины 16–19%

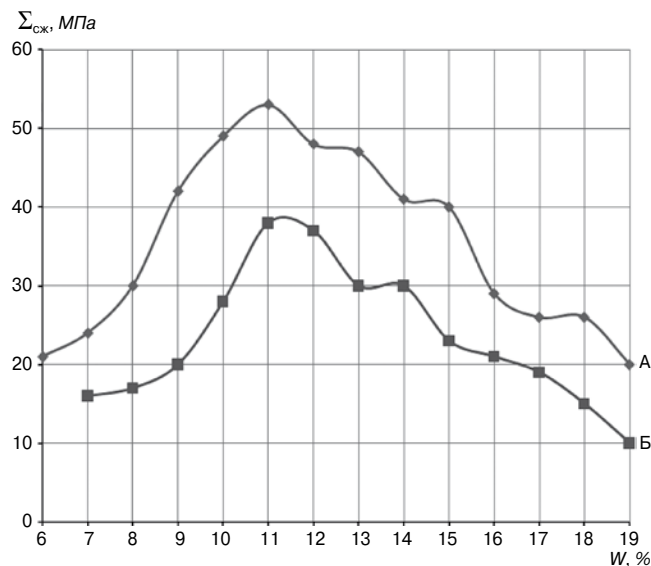


Рис. 4. Зависимость максимального сопротивления сжатию ($\Sigma_{сж}$) образцов от влажности (W) глины карьерной (Б) и отработанной на дезинтеграторе (А)

Если взять все полученные максимальные значения прочности при различной влажности глины и представить в виде графика (рис. 4), то можно наглядно убедиться, что увеличение влажности более 11% приводит к снижению прочности керамического черепка.

На рис. 4 представлено сравнение двух качественно разных глин (карьерной и отработанной на дезинтеграторе), однако характер зависимостей одинаков. Падение прочности в левой части графика свидетельствует только о том, что в эксперименте не было достигнуто тех давлений, при которых наблюдался бы экстремум для менее влажных образцов. Дальнейшие эксперименты подтвердили, что и при такой влажности образцов (6–10%) получаются прессовки очень высокой прочности, однако уровень давления прессования более 63 МПа недостижим в современном прессовом оборудовании и для массового производства кирпича непригоден.

Таким образом, было установлено, что при влажности пресс-порошка 8–12% возможно получение керамического камня с прочностью 30–50 МПа, а при введении различных добавок и специальной подготовки шихты – до 80 МПа. Однако, в специальной литературе нет объяснения тому, почему в реальном производстве на прессах СМ1085 Б, обеспечивающих усилие прессования до 40 МПа, получается рыхлый кирпич, не обладающий ни прочностью, ни морозостойкостью.

С этой проблемой специалисты института разобрались, когда поняли, что при многопозиционном прессовании из-за неточности дозирования никогда не получится равномерная прессовка четырех изделий. В статье [2] представлен подробный анализ этой проблемы; рис. 5 поясняет вышесказанное.

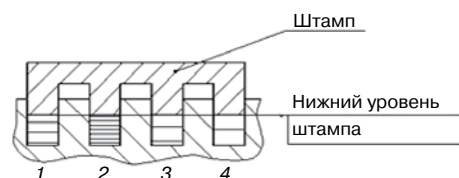


Рис. 5. Неравномерность прессовки при многопозиционном прессовании: 1, 3, 4 – пониженная плотность прессовки; 2 – оптимальная плотность прессовки

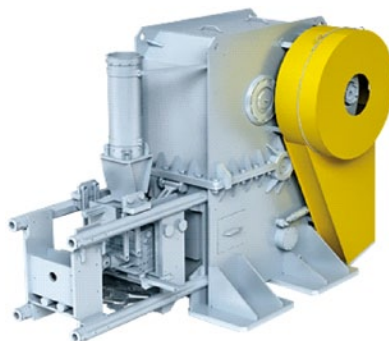


Рис. 6. Пресс ШЛ 403



Выход из этой ситуации очевиден – создание однопозиционного пресса с производительностью не менее 6 млн шт. кирпича в год. И такой пресс был создан и испытан в производственных условиях. Работа пресса ШЛ 403 (рис. 6) [3] была продемонстрирована участникам научно-практического семинара «Инновационные технологии для кирпичных заводов малой и средней мощности», прошедшего в Омске в марте 2011 г. [4]. Полученная прочность кирпича церковного формата (190×90×40 мм) свыше 40 МПа удивила многих коллег. В настоящее время разработан пресс ШЛ 503 для нормального формата кирпича.

Еще одной проблемой полусухого прессования является появление трещины в середине прессовки на ложковых и тычковых гранях [5–6].

Эти трещины часто называют перепрессовочными, имея в виду чрезмерное давление прессования. Однако установлено, что такие трещины появляются при любом давлении прессования и напрямую с ним не связаны.

На наш взгляд механизм появления срединных трещин состоит в следующем. При прессовании вблизи пуансонов создается область повышенного давления (рис. 7). Пока пресс-порошок рыхлый, воздух устремляется из области повышенного давления в середину прессовки, где давление меньше. Таким образом, в середине прессовки возрастает объем порового воздуха. При дальнейшем движении пуансонов поры закрываются, а воздух, собранный в средней части, начинает сжиматься; давление воздуха в этой части прессовки становится соразмерным давлению прессования. После снятия давления прессования этот воздух, расширяясь,

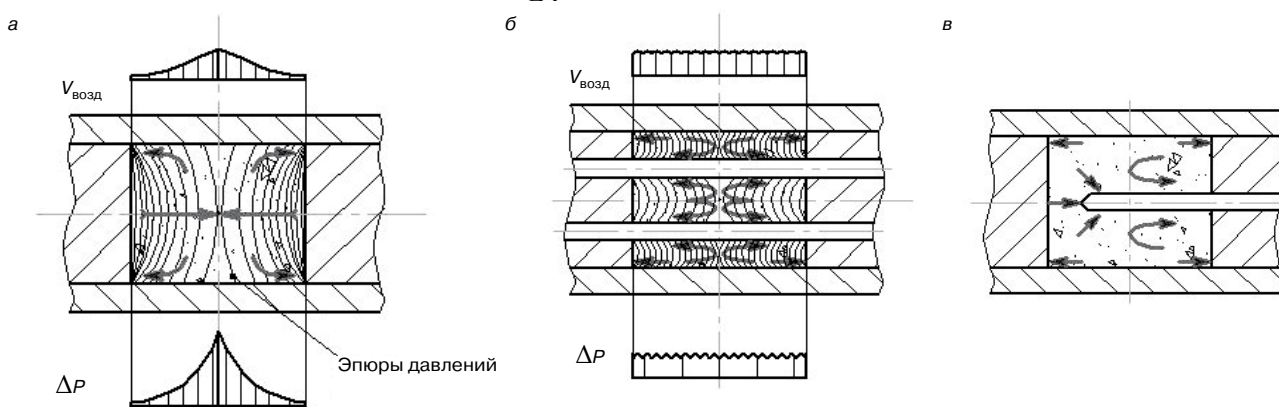


Рис. 7. Происхождение срединных трещин (а) и способы устранения: б – введение сквозных пустотообразователей; в – введение тупиковых пустотообразователей. Стрелками обозначено направление движения воздуха

рвет сырец именно в средней части. При неравномерном истечении воздуха через зазоры возможен сдвиг срединной трещины в ту или другую сторону, однако характер процесса от этого не меняется.

Введение сквозных пустотообразователей (рис. 7, б) решает эту проблему. В конструкциях наших прессов используются тупиковые пустотообразователи (рис. 7, в), которые также устраняют срединные трещины.

В ходе работы также было апробировано вакуумирование пресс-порошка, однако это решает проблему лишь частично и в дальнейшем мы от этого процесса отказались.

Особо рассмотрим проблему сушки сырца полусухого прессования. Ранее многие авторы учебников считали, что такой сырец не требует сушки и может сразу подаваться в обжиговую печь. Нельзя не согласиться с мнением В.А. Кондратенко [5], что существующая традиционная схема производства кирпича полусухим способом прессования, исключаящая подсушку свежесформованного сырца перед укладкой его на обжиговую вагонетку, изначально ошибочна.

ВНИИСТРОМ во главе с Г.Д. Ашмариним в последнее время провел значительные исследовательские работы по сушке кирпича-сырца перед обжигом [7], причем, по данным [8], режим сушки должен быть мягким.

В институте «ИНТА-Строй» также проводятся исследования процесса сушки кирпича-сырца полусухого прессования, как в лабораторных условиях, так и на действующем экспериментальном заводе ШЛ 400 [3]. Полный спектр данных пока не собран, однако уже сейчас можно сделать следующие выводы:

1. Несмотря на более короткий срок сушки кирпича полусухого прессования, к этому процессу следует относиться так же скрупулезно, как и к сушке при пластическом формовании.
2. Влажность поступающего в печь сырца должна быть не более 3%.
3. Технология сушки требует обеспечения более мягкого режима в начале сушки и более жесткого в конце.
4. Сушка сырца в штабеле или на обжиговой вагонетке значительно увеличивает срок сушки.
5. Для оптимизации процесса сушки при полусухом прессовании применимы те же способы, что и при пластическом формовании: введение отошителей в сырьевую массу, правильная организация потоков теплоносителя, нанесение влагозадерживающих составов [9] на ложковые и тычковые грани и т. д.
6. Разработанный институтом «ИНТА-Строй» способ вертикальной кассетной сушки с переменными режимами прекрасно вписывается в технологию обжигово-сушильного комплекса заводов полусухого прессования [3]. Качество сушки обеспечивает выпуск кирпича с марочностью свыше М 300.

7. Вертикальные кассетные сушилки могут быть использованы и для реконструкции действующих заводов полусухого прессования в комплексе с туннельными или кольцевыми печами.

Таким образом, практика последних лет показала, что при полусухом прессовании и правильной организации технологического процесса возможно получение облицовочного кирпича высокого качества с прочностью свыше 30 МПа, морозостойкостью не ниже F 50 и отличным эстетичным видом. И что самое главное, выпуск такого кирпича обходится дешевле, то есть себестоимость его ниже на 20–50%.

Ключевые слова: полусухое прессование, давление, керамический кирпич, сушилки.

Список литературы

1. Котляр В.Д., Терехина Ю.В., Небежко Ю.И. Перспективы развития производства керамического кирпича полусухого прессования // Строительные материалы. 2011. № 2. С. 6–7.
2. Шлегель И.Ф. Проблемы полусухого прессования кирпича // Строительные материалы. 2005. № 2. С. 18–19.
3. Шлегель И.Ф., Шаевич Г.Я., Михайлец С.Н. и др. Новый комплекс ШЛ 400 для производства церковного кирпича // Строительные материалы. 2009. № 4. С. 32–36.
4. Инновационные технологии для кирпичных заводов средней и малой мощности // Строительные материалы. 2011. № 4. С. 50–53.
5. Кондратенко В.А. Керамические стеновые материалы: оптимизация их физико-технических свойств и технологических параметров производства. М.: Композит, 2005. 512 с.
6. Кремер Р., Луцк Р. Повышение качества фасонных огнеупорных изделий за счет современной технологии прессования // Огнеупоры и техническая керамика. 2007. № 4. С. 31–35.
7. Ашмарин Г.Д., Курносов В.В., Беляев С.В., Ласточкин В.Г. Обоснование эффективности компрессионного формования керамических строительных материалов // Строительные материалы. 2011. № 2. С. 8–9.
8. Стороженко Г.И., Болдырев Г.В. Опыт работы кирпичных заводов полусухого прессования с эффективной массоподготовкой глинистого сырья // Строительные материалы. 2011. № 2. С. 3–5.
9. Шлегель И.Ф., Шаевич Г.Я., Гришин П.Г. и др. Эффективный способ повышения качества кирпича – нанесение влагозадерживающих составов // Строительные материалы. 2004. № 2. С. 22–23.

А.М. САЛАХОВ, канд. техн. наук, заместитель генерального директора по науке, В.Н. ГЕРАЩЕНКО, инженер, Р.А. САЛАХОВА, канд. техн. наук, Ассоциация производителей керамических стеновых материалов (Москва); В.П. МОРОЗОВ, д-р геол.-мин. наук, Казанский (Приволжский) федеральный университет; Р.Р. КАБИРОВ, инженер, генеральный директор ОАО «Алексеевская керамика» (Республика Татарстан).

Энергоэффективные керамические стеновые материалы из нетрадиционного сырья

Изучение образцов средневековой керамики [1], найденных на территории ряда регионов Республики Татарстан, – сосудов (XI в.), водопроводных труб (XIV в.), керамического кирпича (XVII в.) показало, что в минеральном составе изделий значительную долю занимают силикаты кальция. Несмотря на многолетнюю эксплуатацию, материалы прекрасно сохранились до наших дней, при этом твердость по шкале Мооса некоторых сосудов составляет 7. Кристаллических новообразований в виде муллита в исследуемых образцах не установлено. Эти обстоятельства послужили основанием для исследования возможности и целесообразности получения керамики с высоким содержанием силикатов кальция.

В качестве исходных материалов были использованы глина Салмановского месторождения Республики Татарстан, глина Атратьевского и трепел Ново-Айбесинового месторождений Республики Чувашия, диатомит Инзенского месторождения Ульяновской области. Отметим, что ввиду высокого содержания карбонатов ранее такое сырье практически не использовалось. Химический и минеральный составы сырья этих месторождений приведены в табл. 1 и 2.

Отличительной особенностью этого сырья является высокая дисперсность карбонатов, размеры которых не превышают 3 мкм. После обжига при температуре 1150°C формируется керамический камень плотностью 1,5 г/см³ с прочностью при сжатии до 35 МПа.

Высокие прочностные характеристики при малой плотности можно объяснить слоистой микроструктурой с порами нанометрового диапазона.

Интересной характеристикой глины Салмановского месторождения является ее высокая чувствительность к воздействию ультразвука.

Частицы глины Салмановского месторождения имеют средний размер 15 мкм. В распределении частиц по размерам (рис. 1, а) присутствуют два «горба» с максимумами 10 и 50 мкм. После 2 мин ультразвуковой обработки (рис. 1, б) их средний размер 6,1 мкм.

Высокая чувствительность глин к механоактивации и особенности их минерального состава в сочетании с кремнистыми породами создают ценные композиции для производства стеновой керамики с развитой пористой структурой и высокими физико-механическими характеристиками.

Исследование термических характеристик прибором синхронного термического анализа STA 449 F3 JUPITER композиции глин с синтетическим аморфным кремнеземом и кремнистыми породами показало, что они проявляют схожее поведение. Естественно, что потеря массы растет соответственно увеличению содержания карбонатов в композиции. Примечательно, что экзотермические пики, связанные с формированием кристаллических новообразований, во всех случаях отмечаются при температуре 907°C. Рентгенографические исследования показали, что эти новообразования – силикаты кальция, более того, в интервале температуры 900–1200°C фазовый состав не меняется.

Последнее обстоятельство отличает керамические материалы с высоким содержанием силикатов кальция от традиционных керамических материалов, где в ука-

Химический состав сырья

Таблица 1

Наименование месторождения	Массовая доля компонентов сухого вещества, %											
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃ общ.	ППП
Ново-Айбесиновское (трепел)	43,71	0,23	3,72	2,2	0,01	25,49	0,37	0,19	0,93	0,12	следы	23,05
Атратьевское (глина)	67,01	0,71	13,59	5,52	0,07	1,48	1,17	0,85	2,15	0,09	0,25	7,01
Салмановское (глина)	37,14	0,62	13,42	4,46	0,05	19,86	1,6	0,29	2,1	0,11	–	20,11
Инзинское (диатомит)	81,48	0,31	2,98	3,84	–	4,45	0,67	0,97	2,63	–	–	3,24

Минеральный состав сырья

Таблица 2

Наименование месторождения	Массовая доля минералов, % мас.							
	Монтмориллонит	Гидрослюда	Полевой шпат	Кварц	Кальцит	Цеолит	ОКТ	
Ново-Айбесиновское (трепел)	12	10	1	7	42	13	15	
Атратьевское (глина)	41±3	7±1	7	45	1	–	–	
Салмановское (глина)	33	10	2	10	28	–	–	
Инзинское (диатомит)	25	5	Хлорит – 1%, РАФ – 64%					

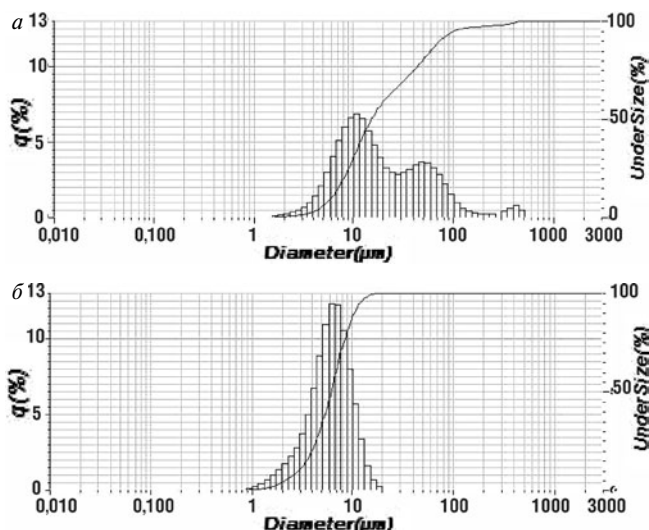


Рис. 1. Распределение частиц глины Салмановского месторождения по размерам: а – до ультразвуковой обработки; б – после ультразвуковой обработки

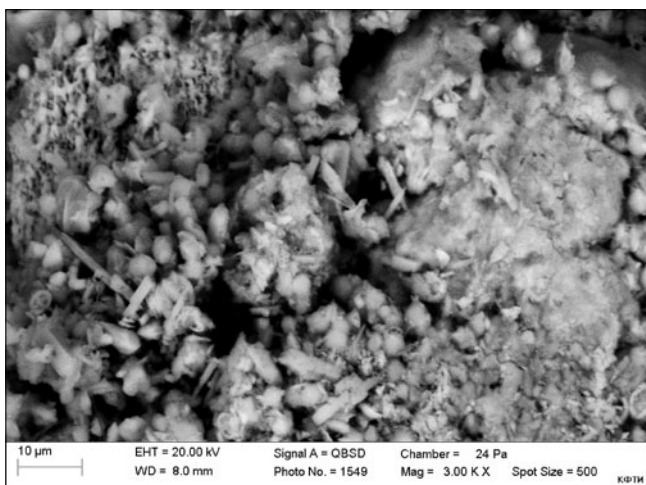


Рис. 2. РЭМ изображение трепела Ново-Айбесиновского месторождения

данном температурном интервале отмечается существенное изменение фазового состава. Например, в композиции суглинка Алексеевского месторождения и диатомита с повышением температуры обжига фазовый состав меняется весьма существенно.

Стабильность фазового состава в достаточно широком интервале температуры в сочетании с высокими прочностными свойствами послужила основанием для разработки энергосберегающей технологии лицевого кирпича с высоким содержанием в составе силикатов кальция. Практическая реализация этой технологии

была осуществлена на заводах ОАО «Алексеевская керамика» и «Ключищенская керамика» (Республика Татарстан).

Исследование трепела Ново-Айбесиновского месторождения выявило весьма примечательную особенность: сочетание аморфного кремнезема, цеолита и карбонатов, которая позволила использовать его в производстве энергоэффективной керамики [2–8].

Электронно-микроскопические исследования (рис. 2) позволили установить, что трепел состоит из весьма разнородных образований.

Исследование энергодисперсионных спектров (рис. 3) показывает, что карбонаты в трепеле представлены высокодисперсными структурами.

В еще большей степени, чем глины, трепел Ново-Айбесиновского месторождения чувствителен к ультразвуковой обработке.

Распределение частиц по размерам трепела Ново-Айбесиновского месторождения (рис. 4, а) весьма специфично, оно имеет три максимума: 500 нм, 60 и 500 мкм, средний размер частиц 51 мкм. Доля частиц размером менее 1 мкм составляет лишь 5%.

После трех минут ультразвуковой обработки (рис. 4, б) доля частиц размером менее 1 мкм составляет уже 25%, средний размер частиц – 7,5 мкм.

Термические характеристики трепела Ново-Айбесиновского месторождения практически идентичны характеристикам глины Салмановского месторождения. Экзотермический пик, соответствующий температуре формирования силикатов кальция, отмечен при температуре 910°C.

На основании проведенных ЗАО «ВНИИстром им. Петра Петровича Будникова» исследований был разработан типовой технологический регламент производства стеновых керамических материалов из композиции трепела с легкоплавкими глинами. На Шеланговском кирпичном заводе при температуре обжига 1020–1050°C была выпущена опытно-промышленная партия изделий 2НФ с высокими теплоизоляционными характеристиками, плотностью 800 кг/м³ и прочностью 13 МПа. Электронно-микроскопические исследования фрагментов кирпича (рис. 5) демонстрируют его структуру с равномерно распределенными порами размером до 5 мкм.

Многие предприятия России уже в течение ряда лет успешно производят продукцию из сырья с высоким содержанием силикатов кальция, в том числе кремнеземистого сырья. Используемая ими технология позволяет не только значительно расширить сырьевую базу строительной керамики, но и существенно увеличить номенклатуру производимых изделий, повысить их качество. Такие технологии позволяют одновременно снизить температуру обжига изделий, а значит, и снизить энергоемкость керамического производства.

Член-корреспондент РАН А.Б. Ярославцев отмечает [9], что одним из перспективных направлений поиска новых путей воздействия на процессы формирования



Рис. 3. РЭМ изображение трепела Ново-Айбесиновского месторождения. Элементные составы из рентгеновских спектров участков, %: «Спектр 1»: С – 12,5; О – 65; Al – 0,6; Si – 3,4; Ca – 18,1; Fe – 0,4 «Спектр 2» С – 25; О – 46,7; Al – 1,7; Si – 15,6; Ca – 9,7; Fe – 1,3; «Спектр 3»: О – 68; Al – 3,5; Si – 22,8; Ca – 5,7; «Спектр 4»: С – 20,9; О – 54; Al – 1, Si – 19,2; Ca – 4,9

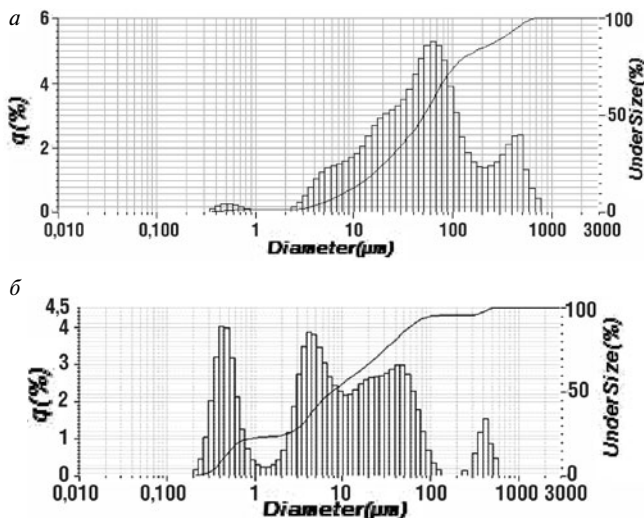


Рис. 4. Распределение частиц по размерам трепела Ново-Айбесиновского месторождения: а – без ультразвуковой обработки; б – после 3 мин ультразвуковой обработки

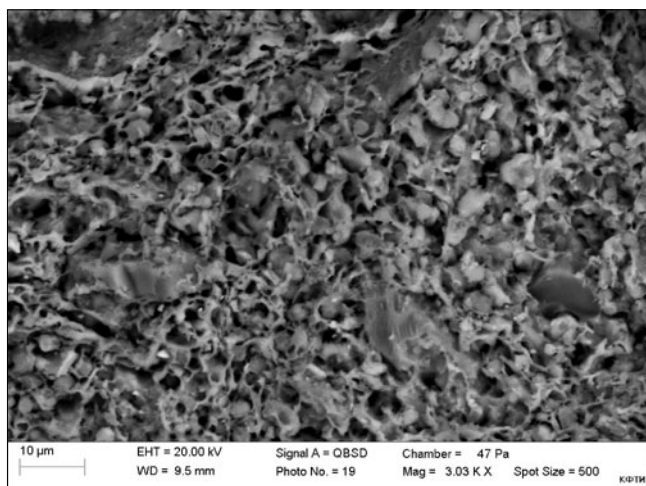


Рис. 5. РЭМ изображение фрагмента кирпича из композиции глины Атрафьевского и трепела Ново-Айбесиновского месторождений

твердофазных материалов, связанных с активизацией реагентов в ходе твердофазных процессов, является использование ультразвуковых колебаний высокой мощности. На примере исследования ряда оксидных систем было показано, что генерация дефектов структуры, вызываемая прохождением акустических колебаний через реакционные смеси, способна оказывать существенное влияние на кинетику твердофазных реакций, лимитируемых диффузией. Применение ультразвуковой обработки позволяет во многих случаях снизить температурный порог начала твердофазной реакции.

Авторы полагают, что разработка новых нетрадиционных технологий, включая использование нетрадиционного сырья, новых методов активации и синтеза керамических материалов является весьма актуальной задачей.

Ключевые слова: керамика, силикаты кальция, энергосберегающие технологии, нетрадиционные технологии.

Список литературы

1. Салахов А.М., Туктарова Г.Р., Морозов В.П. Загадки керамических сфероконусов // Стекло и керамика. 2006. № 7. С. 25–28.

2. Ашмарин Г.Д., Ласточкин В.Г., Курносов В.В. Теоретические основы и пути совершенствования технологии компрессионного формования керамических стеновых материалов // Строительные материалы. 2009. № 4. С. 26–29.

3. Ашмарин Г.Д., Курносов В.В., Ласточкин В.Г. Энерго- и ресурсосберегающая технология керамических стеновых материалов // Строительные материалы. 2010. № 4. С. 24–27.

4. Ашмарин Г.Д., Наумкина Н.И., Губайдулина А.М., Ласточкин В.Г., Салахова Р.А. Керамические стеновые материалы на основе цеолитосодержащего сырья // Строительные материалы. 2010. № 4. С. 44–46.

5. Ашмарин Г.Д., Курносов В.В., Беляев С.Е., Ласточкин В.Г. Обоснование эффективности компрессионного формования керамических строительных материалов // Строительные материалы. 2011. № 2. С. 8–9.

6. Ашмарин Г.Д., Ласточкин В.Г., Илюхин В.В., Минаков А.Г., Татьяначиков А.В. Инновационные технологии высокоэффективных керамических строительных изделий на основе кремнистых пород // Строительные материалы. 2011. № 7. С. 28–30.

7. Ашмарин Г.Д., Кондратенко В.А., Ласточкин В.Г., Павленко А.П. Керамические экологически чистые теплоэффективные стены – реальность современного строительства // Строительные материалы. 2011. № 12. С. 10–11.

8. Ашмарин Г.Д., Илюхин В.В., Илюхина Л.Г., Ашмарин Д.Г. Сырьевая смесь для изготовления керамических теплоэффективных стеновых изделий. Патент № 2440946. Оpubл. 27.01.2012. Б.И. № 3.

9. Ярославцев А.Б. Химия твердого тела. М.: Научный мир, 2009. 328 с.

СТРОЙУРАЛ 2013 13-15 марта

ХVII СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

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

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

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



В международном проекте КЕРАМТЭКС журнала «Строительные материалы»® Tecnargilla является одним из важнейших мероприятий. В деловых поездках, организуемых журналом, органично сочетаются работа на выставке и участие в деловой программе, знакомство с машиностроительной компанией и посещение завода по производству керамических стеновых материалов.



Прошедшие два года показали, что хотя экономическая ситуация стабилизировалась, но об оживлении инвестиционной активности говорить пока преждевременно. Поэтому внимание производителей оборудования для керамической промышленности приковано, прежде всего, к странам с развивающейся экономикой, оправляющихся от кризиса быстрее.

Действительно, Tecnargilla-2012 при некотором снижении общего числа посетителей (30,5 тыс. человек, что на 3,6% меньше, чем в 2010 г.) продемонстрировала увеличение на 1,5% доли зарубежных посетителей (14,8 тыс. человек, что составляет 48,6% от общего числа посетителей), которые приехали из 110 стран мира. Кроме того, изменилась структура посетителей в сторону повышения их управленческого статуса. Если в прошлые годы среди посетителей выставки было большое количество технических специалистов и менеджеров среднего уровня, то в этом году отмечено существенное увеличение первых лиц компаний и топ-менеджеров, наделенных полномочиями принятия решений.

Общая экспозиционная площадь составила порядка 70 тыс. м², на которой разместились более 450 экспонатов, 30% (на 12% больше, чем в 2010 г.) из них – иностранные компании. Наряду с традиционно большим представительством из Германии, Испании и Китая, увеличилось количество участников из Аргентины, Австралии, Австрии, Англии, Бельгии, Бразилии, Болгарии, Колумбии, Египта, Греции, Индонезии, Ирана, Израиля, Мексики, Голландии, Пакистана, Польши, Португалии, Чехии, России, США, Турции, Швейцарии, Украины, Франции. Традиционно экспозиция была разделена на четыре самостоятельных тематических раздела. Собственно выставка Tecnargilla (технология и оборудование для тонкой и санитарно-технической керамики), Claytech (технология и оборудование для строительной керамики или для кирпичной промышленности), Kromatech (производство пигментов, деколей, глазурей, смальт, технология окрасивания и декорирования керамических изделий), Keramat – инновационные разработки в области керамики, техническая керамика.



С докладом о перспективах развития кирпичной индустрии Европы выступает генеральный секретарь Европейской ассоциации производителей кирпича и черепицы (ТБЕ) А. Аелло (A. Aiello)

В рамках деловой программы выставки состоялась конференция «Индустрия керамических строительных материалов: текущее состояние и перспективы развития рынка», организованная итальянскими национальными ассоциациями ACIMAC (производители оборудования) ANDIL (производители керамической продукции).

Участники конференции обсудили два взаимосвязанных пленарных доклада: о состоянии строительного комплекса европейских стран и возможных перспективах его развития на ближайшее будущее (Д. Скироне, маркетинговая компания Prometeia); о состоянии кирпичной промышленности и возможных перспективах ее развития в условиях некоторой рецессии после кризиса (А. Аелло).

Локомотивом продвижения продукции итальянских производителей оборудования для керамической промышленности уже много лет является национальная отраслевая ассоциация ACIMAC. Во многом благодаря ее усилиям Tecnaigilla продолжает удерживать позицию выставочного лидера в области тонкой, санитарно-технической и технической керамики, стабильно продвигает направление грубой строительной керамики, а также наращивает число иностранных посетителей – потенциальных клиентов итальянских машиностроителей.

Несмотря на неполную загрузку выставочного комплекса (экспозиция заняла 12 павильонов из 16), был представлен весь спектр керамической технологии от добычи и исследования сырья до комплектного оборудования, а также запасных частей и сопутствующей продукции. Традиционно целый павильон занимали гиганты керамической индустрии Италии – фирмы SYSTEM, группа компаний SACMI, SITI B&T Group.

С 2006 г. стенд журнала «Строительные материалы»[®], единственного российского издания, представленного на выставке, является местом встреч, переговоров и отдыха для

руководителей и специалистов керамических предприятий из России и стран СНГ. Зарубежные коллеги не упускают возможность заранее подать заявку на участие в Международной научно-практической конференции КЕРАМТЭКС, организуемой редакцией, а также обсудить условия рекламной кампании в журнале на будущий год.

В рамках тематики журнала наибольший интерес всегда представляет экспозиция Claytech. Хотя он традиционно занимает небольшую долю общей экспозиционной площади, но всегда отражает тенденции развития отраслевого машиностроения, а также дает возможность детально познакомиться с предложениями итальянских машиностроителей кирпичным предприятиям. Как и в 2010 г. в данном разделе было представлено около 50 участников, среди которых преобладали итальянские производители оборудования для кирпичной промышленности.

Компания SACMI, усиливающая свои позиции в направлении машиностроения для кирпичной промышленности, в этом году организовала для коллег специальную выездную программу на целый рабочий день на базе своего головного офиса.



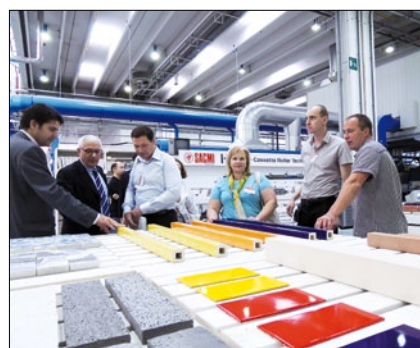
Официальное знакомство участников «Дня открытых дверей SACMI» из разных стран с штаб-квартирой фирмы SACMI в г. Имола начинается с посещения музея, в котором бережно хранятся экспонаты, рассказывающие о более чем 90-летней истории кооператива, которым компания формально остается до настоящего времени, в 1919 г. призванного обеспечить работой нескольких рабочих-кузнецов, ставшего к концу XX в. мировым лидером в производстве оборудования для тонкой керамики.

В послевоенный период активно развивалось направление по разработке и производству оборудования для выпуска черепицы, производства посуды. Именно работа в области тонкой керамики принесла фирме всемирное признание и коммерческий успех. Затем появились альтернативные направления - оборудование по переработке пластмасс, сельскохозяйственной продукции, продуктов питания и др.

В настоящее время подразделение SACMI HeavyClayDivision активно развивает направление грубой строительной керамики. В частности, запроектирован и построен самый мощный (1300 т/сут) завод в Италии по производству кирпича и блоков «Граль».



В настоящее время SACMI представляет собой большой исследовательско-производственный комплекс, «лабораторией» сотрудники называют огромный цех, где имеется кроме испытательного и все производственное оборудование.



В рамках «Дня открытых дверей SACMI» состоялся симпозиум «Новые тенденции в области строительной керамики», на котором выступили Х. Шойх, президент ТВЕ, главный исполнительный директор группы «Винербергер АГ»; А.В. Гаврилов, управляющий ОАО «Победа ЛСР»; У. Кламштайнер, технический директор «Каза Клима»; Луис Карлос Барбосса Лима, президент национального объединения керамической промышленности Бразилии (ANICER).

Итальянская компания «Бедески» (BEDESCHI Spa) является давним партнером журнала «Строительные материалы»® и проекта КЕРАМТЭКС. По приглашению наших коллег российские специалисты неоднократно посещали кирпичные заводы, построенные с применением оборудования «Бедески». Залогом длительных деловых и товарищеских отношений между журналом и машиностроительной компанией является схожесть принципов ведения бизнеса. «Бедески» является одной из старейших компаний, созданных ГуглиемоБедески, дедом нынешнего президента компании, также ГуглиемоБедески, в 1908 г. С того времени по настоящее время компания «Бедески» управляется членами семьи. Два года назад оперативное управление компанией принял Рино Бедески. Взвешенность бизнес-решений, финансовая устойчивость, преемственность поколений и сохранение традиций, в том числе деловых взаимоотношений, являются существенными конкурентными преимуществами на посткризисном высоко конкурентном рынке.

Важным преимуществом компании является ее многопрофильность. Более 35 лет компания «Бедески» выпускает дробильное оборудование для цементных заводов, поставленное, например, на Щуровский, Сингилевский, Ферзиковский, Мордовский цементные заводы в России. Большой опыт у компании в производстве оборудования и автоматизации складского хозяйства. Самый молодой сектор, в котором работа начата всего несколько лет назад – морская логистика.

Годовой оборот компании 80 млн евро, из которых 90% составляют внешнеэкономические сделки. В ней трудятся более 160 сотрудников, производственные площади составляют 41 тыс. м². Компания имеет сертификат ISO 9001:2008, что свидетельствует о высоком техническом и организационном уровне и гарантирует высокое качество продукции.

В том, что оборудование компании «Бедески» может быть только самого высокого качества, мы убедились, побывав в производственных цехах. Кстати, в это время в цехе работала в режиме отладки линия резки бруса, которую отправят на один из российских заводов. Коллеги познакомились с конструкторским бюро, цехом высокоточных механических станков, отделением сборки оборудования, складом готовой продукции.



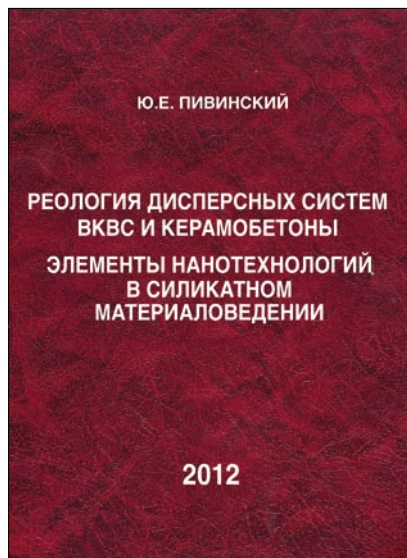
Господин Гуглиемо Бедески вручил группе КЕРАМТЭКС памятный знак о дружбе и сотрудничестве между фирмой «Бедески» и проектом КЕРАМТЭКС. Он также подтвердил приглашение провести выездную сессию КЕРАМТЭКС-2013 на Гжельском кирпичном заводе, который компания построила в Подмоскowie менее, чем за один год.



Во время деловых поездок мы всегда стараемся выкроить время для полезного отдыха. В этом году группа КЕРАМТЭКС провела выходной день в старинном городе Урбино (провинция Марке), упоминаемом еще с 3 в. до н. э. Он расположился на холмах Метауро и Фолья, поэтому восхитительная панорама открывается путнику задолго до въезда в город. Фактически Урбино представляет собой огромный дворец, такое обличье он принял в XV в. во времена правления герцога Федерико де Монтефельтро. Не смотря на то, что город, история которого берет начало во времена Римской империи, центральная часть которого в настоящее время входит в перечень всемирного наследия ЮНЕСКО, в нем находится один из старейших университетов Европы, большинству наших современников он известен как родина великого архитектора Донато Браманте, автора главного храма западного христианства — базилики Святого Петра в Ватикане, солнца искусства эпохи Возрождения Рафаэля Санти и бога поклонников мотоспорта Валентино Росси. И весь этот удивительный город от коньков крыш до мощения улиц построен из керамического кирпича.



Мир обойденных величин



Рецензия на третий том
избранных трудов Ю.Е. Пивинского

«Реология дисперсных систем, ВКВС и керамобетоны: элементы нанотехнологий в силикатном материаловедении»

СПб: Политехника, 2012. 682 с.

Заголовок рецензии заимствован из книги Вольфганга Освальда, который писал в 1914 г.: *Только теперь мы знаем, что каждое тело приобретает особые свойства и показывает своеобразные явления, когда частички его больше размеров молекул, но все же еще так малы, что их нельзя различить в микроскоп. Только теперь для нас стало ясным особое значение коллоидных размеров. Мир обойденных величин — так могли бы мы назвать это промежуточное царство коллоидов.*

В настоящее время трудно найти человека, который не слышал бы терминов «нанотехнология», «нанонаука» и производные от них. Специальная комиссия ООН включила проблему изучения наномира в список наиболее перспективных проблем и технологий XXI в.

Между тем еще за несколько десятилетий до современного нанобума в работах Ю.Е. Пивинского реализованы эффекты влияния ультрадисперсных частиц, называемых теперь наночастицами. Достижение высокой прочности керамических отливок объяснялось «наработкой» при мокром помоле в системе кремнекислоты и ультрадисперсных частиц SiO_2 , то есть частиц коллоидной дисперсности или уровня современных наночастиц. Тогда еще не существовало системы СИ и поэтому не было ни нанометров, ни нанотехнологий.

Работами Ю.Е. Пивинского 1970-х гг. была предопределена мировая тенденция развития технологии огнеупорных бетонов, а полученные керамобетоны на два десятилетия определили создание зарубежных аналогов бесцементных бетонов. В настоящее время это главный вектор развития огнеупоров.

Уравнение концентрационной зависимости вязкости суспензий, известное в литературе как уравнение Пивинского, давно стало общепринятым. И хотя история не терпит сослагательных наклонений типа «что было бы, если...», хочется выразить сожаление, что работы Ю.Е. Пивинского тех лет не вызвали широкой заинтересованности специалистов, а сам автор оказался в некотором роде «обойденной величиной». Возможно, если бы в это время была оказана соответствующая поддержка, Россия считалась бы во всем мире родоначальником нанотехнологий.

Ю.Е. Пивинский, автор рецензируемой книги «Реология дисперсных систем, ВКВС и керамобетоны: элементы нанотехнологий в силикатном материаловедении», не только теоретик-исследователь, но и новатор, отдавший много сил внедрению своих разработок. В книге приведен поучительный пример, как процветающий некогда Подольский завод огнеупорных изделий отказался внедрять новые технологии, в результате не выдержал напора изменившихся экономических обстоятельств и вынужден был свернуть производство. В то же время Первоуральский динасовый завод (ОАО «Динур») благодаря активному взаимодействию с наукой добился не только высокого качества выпускаемой продукции, но и конкурентной себестоимости и в результате в несколько раз увеличил производство.

В юбилейной книге, выпущенной к 80-летию ОАО «Динур», записано: «Одним из наиболее эффективных стратегических решений для завода стало привлечение к сотрудничеству известного современного огнеупорщика, признанного знатока в области технологии огнеупоров и технической керамики, академика АИН РФ Юрия Ефимовича Пивинского. Именно в сотрудничестве с ним завод совершил один из самых заметных своих прорывов в освоении современных новейших технологий, что позволило заводу стать лидером в производстве некоторых видов огнеупоров на отечественном рынке».

Извилист и тернист путь российского изобретателя, много неожиданных сюрпризов ждет его на этом пути.

Зимой 1991 г. по Центральному телевидению в программе «Новости» был продемонстрирован пятиминутный фильм о революционном событии в области стройматериалов, связанном с созданием кирпича на основе песка. Позже всесоюзная газета писала: «Возможно, в скором времени Курск будет считаться родиной вещества, способного совершить переворот в стройиндустрии». Далее сообщалось, что «...песок, связываемый керамической вязущей суспензией, названной «кварцолем», образует материал, который в 1,5–2 раза превосходит по прочности нынешние кирпичи...»

«Специалисты» из Курского коммерческого центра собирались также «серьезно потеснить цемент».

С новоявленными «изобретателями» автор данной рецензии встречался на всесоюзной выставке в Москве и пытался выяснить, откуда взялась эта технология. Однако на прямые вопросы об авторстве «разработчики» отвечали путано, ссылаясь на космические секреты. Вскоре в стране начался настоящий ажиотаж: появились сотни желающих производить «кирпич из песка» неведомые Ю.Е. Пивинскому «ближайшие ученики Пивинского».

Финал этой истории печален и закономерен: полученный на устаревшем оборудовании материал оказался намного дороже традиционного кирпича, и его выпуск был прекращен. Этот пример очередной раз показывает, что невозможно создать конкурентоспособную технологию «на коленке». Ведь для реализации технологии еще не было создано ни одного удовлетворительно-го агрегата.

Как говорил Гегель, «история учит человека тому, что человек ничему не учится из истории». Прошло 20 лет после упомянутых событий, и уже другими персонажами из того же университета сделаны еще более амбициозные, но столь же нереальные заявления о якобы своих разработках, позволяющих совершить революцию в области строительства — заменить традиционный цемент на дешевое и более прочное «наноструктурированное вяжущее», то есть вместо ВКВС предложили наноугодный термин. Очень напоминает курские «кварцолиты».

И все же применение ВКВС-технологий в промышленности строительных материалов возможно, и они обязательно будут реализованы. Но подходы здесь должны быть иными, считает автор книги.

С этой целью необходимо уделить особое внимание разработке и освоению высокопроизводительных и энергоэффективных технологических агрегатов, без

создания которых невозможно осуществить очередной технологический прорыв в производстве материалов на основе ВКВС.

Подобно тому как осуществлялся технологический прорыв от кварцевой керамики военно-технического назначения в область огнеупоров и керамобетонов, так следует подготовить и совершить следующий прорыв в область традиционного строительного материаловедения, то есть в ту сферу, где объемы производства материалов в десятки раз больше, чем в области огнеупоров, а их цена в 10–20 раз ниже.

Одной из важнейших проблем в деле освоения технологий ВКВС является подготовка квалифицированных кадров и повышение квалификации технологов, занятых в промышленности стройматериалов.

Этому послужит путевой звездой рецензируемая книга Ю.Е. Пивинского. Уникальность и масштабность нового технологического направления, рожденного в процессе создания кварцевой керамики, состоит в том, что хотя мы находимся на начальной стадии реализации рассматриваемых новых технологий во многих сферах силикатного материаловедения, оно постепенно становится актуальным и востребованным применительно ко всем группам строительных материалов.

Показательны слова известного специалиста в области цемента Н.Ф. Федорова: «Все мы, ученые, явно или неявно с кем-то соревнуемся: или с предшественниками, или с современниками. Ю.Е. Пивинский в соперники выбрал не коллег, а саму природу — и победил, ускорив природный процесс в миллионы раз».

*И.Ф. Шлегель, канд. техн. наук,
генеральный директор*

*Института новых технологий и автоматизации
промышленности строительных материалов*

ЧЕТЫРНАДЦАТАЯ МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА

ЭКСПОКАМЕНЬ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ВЫСТАВОЧНЫЙ ЦЕНТР
«КРОКУС ЭКСПО», ПАВИЛЬОН 2, ЗАЛЫ 5, 6
РОССИЯ, МОСКВА

2013

ОРГАНИЗАТОРЫ:

- ТОРГОВО-ВЫСТАВОЧНЫЙ КОМПЛЕКС «ЭКСПОСТРОЙ НА НАХИМОВСКОЙ»
- ИНВЕСТИЦИОННАЯ ГРУППА АБСОЛЮТ
- КОМИТЕТ ТОРГОВО-ПРОМЫШЛЕННОЙ ПАЛАТЫ РФ ПО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВУ В СФЕРЕ СТРОИТЕЛЬСТВА И ЖКХ

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ:

- АССОЦИАЦИИ СТРОИТЕЛЕЙ РОССИИ
- РОССИЙСКОГО СОЮЗА СТРОИТЕЛЕЙ
- РОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВА ИНЖЕНЕРОВ СТРОИТЕЛЬСТВА

ПРИ УЧАСТИИ:

- АССОЦИАЦИИ «ЦЕНТР КАМНЯ» (РОССИЯ)
- «HUMMEL GMBH» (ГЕРМАНИЯ)
- «CONFINDUSTRIA MARMOMACCHINE — Assomarmomacchine» (ИТАЛИЯ)

ДОБЫЧА, ОБРАБОТКА, ПРИМЕНЕНИЕ ПРИРОДНОГО КАМНЯ

25

28

ИЮНЯ

www.expostone-russia.ru

КОНТАКТЫ:
Тел: +7 (499) 127 3881, 120 6211, 123 0109
E-mail: expo@expostroy.ru, expostroy@expostroy.ru

УДК 666.189.3

В.Е. МАНЕВИЧ, д-р техн. наук, зам. директора по науке, ЗАО «Стромизмеритель» (Нижний Новгород); Е.А. НИКИФОРОВ, канд. экон. наук, председатель совета директоров, А.Л. ВИНИЦКИЙ, канд. техн. наук, заместитель председателя совета директоров, ПИК «Диатомит-Инвест» (Ульяновск); А.В. МЕШКОВ, Н.А. СЕНИК, инженеры (meshkov88@gmail.com; tomsk.nina@sibmail.com), Национальный исследовательский Томский политехнический университет; Р.К. СУББОТИН, инженер (sur_ruy@mail.ru), Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (Москва)

Высокоэффективный теплоизоляционный материал на основе диатомового сырья

Согласно исследованиям маркетингового агентства DISCOVERY Research Group общий объем рынка теплоизоляции в России в данный момент составляет порядка 20–25 млн м³ в натуральном выражении. По доле продукции на рынке теплоизоляционных материалов ТИМ можно выделить три сегмента: теплоизоляции на основе минеральной ваты, на основе стекловолна (стекловата) и на основе пенополистиролов (вспененного и экструдированного). Все вышеупомянутые теплоизоляционные материалы обладают рядом недостатков, а в некоторых областях строительства имеют ограничения по применению. Одним из наиболее перспективных новых теплоизоляционных материалов является пеностекло, обладающее высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами, негорючестью, влагонепроницаемостью, огне- и биостойкостью, высокой механической прочностью.

Несмотря на все неоспоримые достоинства пеностекла, в России нет ни одного крупного завода, выпускающего этот материал. Причиной является отсутствие надежной технологии, обеспечивающей получение пеностекла с заданными и стабильными свойствами. К тому же отсутствует дешевое и недефицитное сырье. Поэтому вопросы создания сырьевой базы для производства такого высокоэффективного теплоизоляционного строительного материала, как пеностекло, являются актуальными.

Известно, что в исследовательских лабораториях были достигнуты положительные результаты по получению качественного пеностекла на основе стекла состава Фурко. С переходом производства листового стекла на флот-метод источник качественного сырья исчез. В связи с этим для получения качественного пеностекла, обладающего равномерной мелкопористой структурой и низкими значениями водопоглощения, коэффициента теплопроводности и объемного веса, необходимо соблюдать последовательность технологических стадий: варка стекла → резкое охлаждение стекла и получение

стеклокрошки → помол стекла и приготовление пено-стекольной шихты → вспенивание шихты → отжиг блоков пеностекла [1].

Основным сырьем для варки стекла являются стекольные кварцевые пески, дефицит которых для нужд стекольной промышленности составляет 3,6 млн т, поэтому использование их в качестве получения стеклогранулята – сырья для производства пеностекла является нецелесообразным. В связи с этим остро встает вопрос о вовлечении новых недефицитных видов сырья, в качестве которых следует рассматривать распространенные опал-кристобалитовые горные породы.

Основным достоинством опал-кристобалитового сырья является содержание большого количества аморфной фазы диоксида кремния (до 70% аморфного SiO₂), а также наличие в составе других стеклообразующих и модифицирующих оксидов, что позволяет сократить использование дорогостоящих компонентов стекольной шихты. Биогенная структура кремнезема опал-кристобалитовых пород обуславливает различия в свойствах по сравнению с искусственно полученным аморфным диоксидом кремния и мелкокристаллическим кварцем. Так, например, температура плавления кремнезема опал-кристобалитовых пород ниже (1500–1550°C), чем температура плавления кварца (1713–1728°C), что позволяет снижать температуру варки стекла [2].

Из всех представителей опал-кристобалитовой группы диатомиты являются наиболее перспективным сырьем для стекольной промышленности, поскольку имеют более стабильный химический состав (табл. 1).

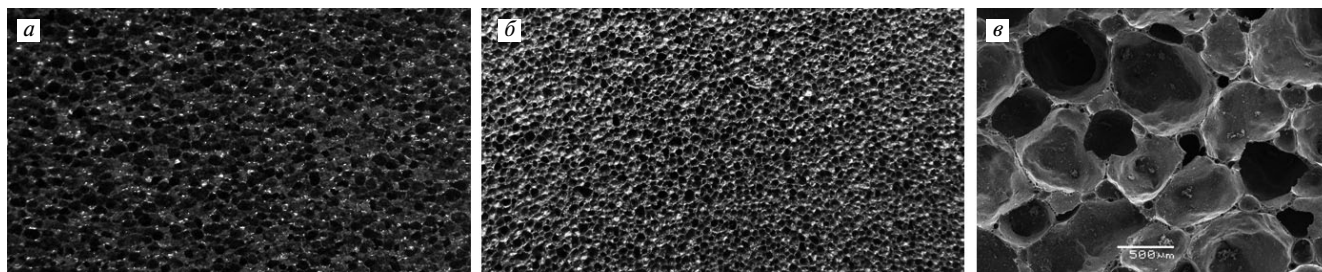
Для проведения исследований применялся диатомит Инзенского месторождения, имеющий многокомпонентный состав, представленный главным образом стеклообразующим оксидом SiO₂ (до 83%), промежуточным оксидом Al₂O₃ (до 6%) и модификаторами (Fe₂O₃, R₂O, RO). Относительно низкое содержание SiO₂ (менее 95%) по сравнению со стекольным песком компенсируется

Таблица 1

Название	Содержание оксидов, мас. %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	Δm _{пр}
Колебания состава опок	52,1–91,4	2,5–15,4	1–5	0,43–17,1	0,08–2,48	0,6–4	1,5–16,8
Колебания состава трепелов	35,3–86,7	2,5–11,6	0,3–3,4	0,4–31,2	0,2–1,6	0,85–2,1	4,5–11,6
Колебания состава диатомитов	77,3–83,1	3,3–6	1,8–3,5	0,3–0,6	0,6–1,1	0,8–1,5	3,7–8,8
Средняя проба, используемая в работе	81,98	5,37	2,67	0,36	0,8	1,47	7,9

Таблица 2

Марка стекла	Содержание оксидов, мас. %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	TiO ₂
ММС1В	69–72	3,5–5	1,5–2,5	4–6	3–4,5	11–14	0,18–0,22



Характер пористой структуры пеностекла: а – Foamglas; б – на основе стекла из диатомита; в – электронный микроскопический снимок пеностекла на основе диатомита

тем, что преобладающей фазой является аморфный опал, более реакционноспособный, чем кристаллический SiO₂.

Химический состав стекла для получения высокоэффективного теплоизоляционного материала был разработан в ООО Научно-технологическом центре «Силикатные материалы и технологии» (СМиТ), г. Инза. Стекло, сваренному на основе диатомита, доломита, соды кальцинированной, сульфата натрия, присвоено название ММС1В, химический состав приведен в табл. 2.

Смесь компонентов тщательно перемешивали и загружали в корундовые тигли объемом 500 см³, нагревали в муфельной печи до температуры 1350°C и выдерживали при этой температуре в течение 15 мин. Стекло сливали в воду с целью обеспечения постоянной твердости частиц стекла. Полученное стекло по визуальной оценке было полностью проварено и осветлено, колер стекла интенсивно зеленый с переходом в оливковый.

Стоит отметить, что стекло на основе диатомита по традиционной технологии сварено впервые. Ранее в литературных источниках упоминалось лишь о варке стекла из стекольной шихты с использованием диатомового сырья, полученной гидротермальным синтезом [3].

Далее полученный стеклогранулят измельчали и смешивали с 0,3% газообразователя до удельной поверхности 850 м²/кг. В качестве газообразователя применялся углерод технический (сажа). Выбор газообразователя обусловлен высокой удельной поверхностью сажи – 10000 м²/кг и малым размером частиц (30–40 нм) что оказывает положительное влияние на получение пенообразующей смеси и конечного продукта пеностекла, а также улучшает помол [4]. В качестве измельчительного оборудования была применена планетарная мономельница. Данный вид помольных агрегатов использует высокие ускорения и характеризуется высокой энергонапряженностью, позволяет за 10–30 мин. осуществить измельчение, на которое уходят десятки часов при использовании традиционного измельчительного оборудования, а также происходит дополнительная механоактивация пенообразующей смеси.

Полученную пеностекольную шихту загружали в необходимое количество в жаропрочные металлические формы 160×160×110, предварительно смазанные каолином, и уплотняли до одинаковой высоты. Формы накрывали плотно подогнанными крышками и помещали в печь с подогревом пода с температурой 600°C, повышали температуру до 840°C со скоростью 17,5°C/мин и выдерживали в течение 20–30 мин. Далее остывание с выключенной печью до комнатной температуры. После чего образцы пеностекла извлекали из форм, обрабатывали и проводили определение основных физико-механических характеристик (табл. 3).

Все образцы обладали закрытой равномерной мелкопористой структурой и ничем не уступали структуре материалов Foamglas ведущего мирового производителя Pittsburgh Corning. На рисунке представлена структура пеностекла Foamglas (а), пеностекла, полученного на основе стекла из диатомита (б), и его электронный микроскопический снимок (в), полученный в лаборатории

Таблица 3

Характеристика	Пеностекло Diamix
Плотность, кг/м ³	125–135
Прочность при сжатии, МПа	0,7–1,1
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,05–0,055
Водопоглощение, об. %	3–5

локальных методов исследования вещества геологического факультета МГУ при помощи сканирующего электронного микроскопа Jeol JSM-6480LV.

Отметим что температура вспенивания пенообразующей смеси на основе листового стекла состава Фурко на 10–20°C выше, а продолжительность вспенивания на 10–15% больше, чем у пенообразующей смеси на основе стекла из диатомового сырья.

Таким образом, исследования, проведенные в ООО Научно-технологическом центре «СМиТ», подтверждают целесообразность использования диатомитов в качестве сырья для варки стекла, на основе которого можно получать качественное пеностекло, обладающее малым объемным весом и водопоглощением, при высоких прочностных показателях. Кроме того, экспериментальные данные по варке стекла, позволяют предположить, что промышленная варка стекла на основе диатомита будет протекать при более низкой температуре, чем варка стекла с использованием традиционного кремнеземсодержащего сырья – кварцевого песка, что позволит продлить срок службы не только огнеупоров, но и всего теплового агрегата в целом, а также снизить себестоимость как промежуточного сырья – стекольной фритты, так и конечного продукта – пеностекла. Наличие стабильного, недефицитного источника сырья позволит создавать и тиражировать заводы по производству высокоэффективного теплоизоляционного материала по всей России.

Работа выполнена в рамках договора от 22.10.2012 г. № 13.G25.31.0092 «Создание высокотехнологичного производства по выпуску пеностеклокерамики на основе опал-кристобалитовых пород» шифр 2010-218-02-246.

Ключевые слова: диспергирование, пенообразующая смесь, пеностекло, стекло на основе диатомита, механоактивация.

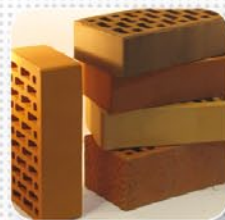
Список литературы:

1. Лотов В.А. Получение пеностекла на основе природных и техногенных алюмосиликатов // Стекло и керамика. 2011. № 9. С. 34–37.
2. Дистанов У.Г. Кремнистые породы СССР. Казань: Татарское книжное издательство, 1976. 412 с.
3. Мелкоян Р.Г. Аморфные горные породы – новое сырье для стекловарения и строительных материалов. Москва: НИИ Природа, 2002. 388 с.
4. Демидович Б.К. Пеностекло. Минск: Наука и техника, 1975. 247 с.

14-я специализированная выставка

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ОСМ 2013



30 января – 2 февраля

Москва, ЦВК «Экспоцентр»

www.osmexpo.ru

ОРГАНИЗАТОР:



ЕВРОЭКСПО

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ СПОНСОР:



ОФИЦИАЛЬНЫЙ СПОНСОР:



СТРАТЕГИЧЕСКИЙ ПАРТНЕР:



ПАРТНЕРЫ ВЫСТАВКИ:



Тел.: +7 (495) 925 65 61/62

E-mail: osm@osmexpo.ru

ИНФОРМАЦИОННАЯ
ПОДДЕРЖКА:



КОМПЛЕКС
Коттеджей



СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ



Building Materials & Equipment

Строительные материалы и оборудование

10 – 13 апреля

2012

Неделя архитектуры
и строительства



496 компаний
из 29 стран мира

28 267 посетителей –
специалистов*

Только в
Экспоцентре!

Крупнейшая в России специализированная выставка строительных материалов и оборудования.

Ежегодно проходит в рамках **MosBuild**.

Тематические разделы:

строительная химия, сухие смеси, кровельные материалы, световые конструкции для крыш, водосливы, антиобледенение, мансардные окна, тепло-, звуко-, гидроизоляция, кирпич, строительные блоки, строительные леса, опалубка, инструменты, крепеж.

* По данным официальной статистики выставки MosBuild 2011

П.А. КЕТОВ, инженер (347911@mail.ru),
Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Получение строительных материалов из гидратированных полисиликатов

Увеличение объемов производства бетона и железобетона невозможно без роста выпуска заполнителей. Так, по данным авторов [1], при среднегодовом объеме производства бетона и железобетона более 60 млн м³, в том числе более 20 млн м³ сборного и более 40 млн м³ товарного, и строительных растворов 20–25 млн м³, потребность в нерудных заполнителях составляет более 50 млн м³, или более 65 млн т, в мелком заполнителе – 50–55 млн м³, или более 70 млн т.

В качестве одного из наиболее перспективных заполнителей рассматриваются породы на основе аморфного оксида кремния, преимущественно диатомита и трепела, который не только является структурообразователем и снижает массу конструкций, но и может предотвращать щелочно-силикатное разрушение бетонов и существенно повышать прочность изделий, участвуя в пуццолановом процессе. Например, в США – мировом лидере в производстве диатомитовых материалов количество диатомита, применяемого в качестве добавки при производстве цемента, достигает трети от его производства [2]. Однако возможности использования горных пород на основе аморфного оксида кремния не ограничиваются производством заполнителей. Материал может быть технологически эффективно переработан в более ценные продукты вследствие высокой относительно кристаллического оксида кремния реакционной способностью. Например, использование аморфного оксида кремния при варке стекла снижает температуру силикатообразования и стеклообразования на несколько сотен градусов [3].

В данной работе была исследована возможность получения на основе трепела Потанинского месторождения (Челябинская обл.) вяжущей композиции и образование ячеистых материалов типа пеностекла при термической обработке полученных композиций.

Из трепела и сухого гидроксида натрия готовили смесь, добавляя воду до получения пасты, варьируя соотношение трепела и гидроксида натрия. Для подавления процесса пенообразования в процессе термообработки в пасты добавляли кварцевый песок фракции 0,2–0,5 мм в количестве, равном количеству трепела в пересчете на сухое вещество. Содержание твердого вещества в исходном трепеле предварительно определяли прокалыванием образца при 1000°C, а наличие воды в техническом гидроксида натрия определяли титрованием навески соляной кислотой.

Полученные пасты укладывали в формы и выдерживали в гидротермальных условиях при 90°C в течение суток. Далее образцы извлекали из форм и термообработывали в печи при температуре от 200 до 860°C. После такой обработки у образцов определяли предел прочности при сжатии.

Полученные зависимости прочности образцов от соотношения трепела к гидроксиду натрия после обработки при различной температуре представлены на рис. 1.

Очевидно, что наиболее прочные композиции на основе полисиликатов образуются при массовом отношении трепела к гидроксиду натрия в пределах 5–7.

Кроме того, представляет интерес с практической точки зрения, что температурная обработка полученных композиций приводит к образованию двух областей с высокой прочностью. Так, если построить зависимость прочности образцов от температуры термообработки при постоянном соотношении трепела к гидроксиду натрия, равном пяти (рис. 2), то становится очевидным вышеуказанная особенность.

Если низкотемпературная область может быть отнесена к образованию гидратированных полисиликатов, то высокотемпературная прочность может быть объяснена стеклообразованием при температуре 650–800°C.

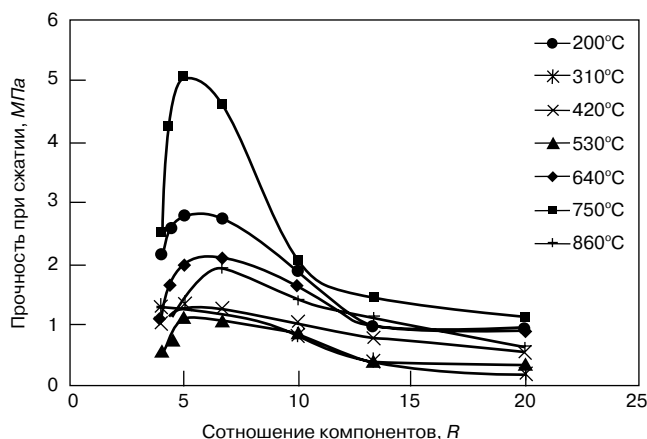


Рис. 1. Зависимость предела прочности образцов при сжатии (МПа) от соотношения трепела к гидроксиду натрия (R) при различной температуре обработки

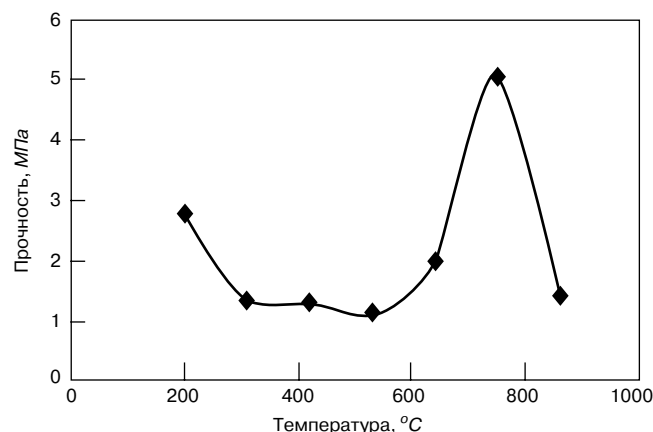


Рис. 2. Зависимость прочности образцов от температуры обработки при постоянном соотношении исходных компонентов

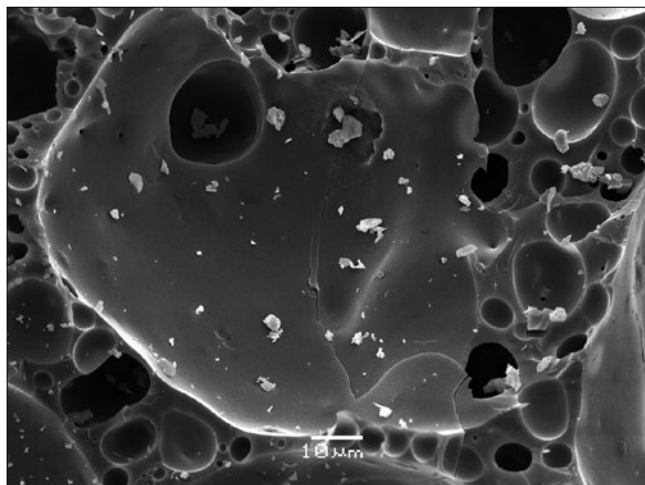


Рис. 3. Скол полученного продукта

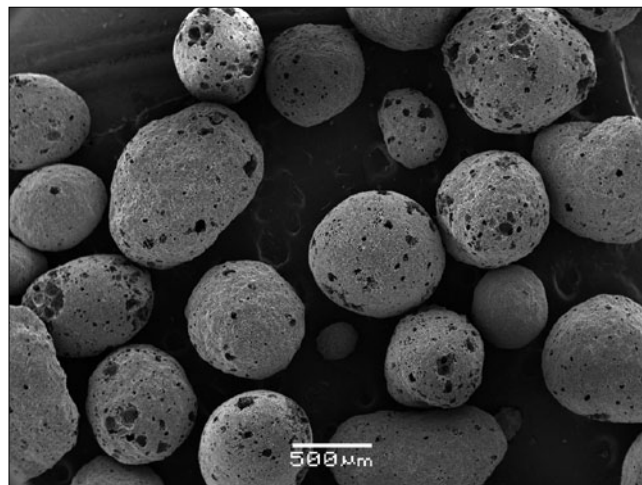


Рис. 4. Материал с размером гранул около 500 мк, полученный полупромышленным способом

Важной особенностью полученной зависимости является снижение прочности в области температуры выше 800°C , обусловленное началом реакционной способности кристаллического оксида кремния, находящегося в композиции.

Таким образом, аморфный оксид кремния в виде трепела может быть использован для создания композиционных материалов за счет образования вязущих композиций со щелочами, причем при температуре $650\text{--}800^{\circ}\text{C}$ происходит стеклообразование и получение материалов, близких по свойствам к керамике. Однако образование стекла при такой относительно невысокой температуре может быть использовано и для получения ячеистых стекол, то есть совмещение процессов стеклообразования и газовой выделительной может быть использовано для одностадийного синтеза пеностекла [4].

Такие принципиальные изменения в технологии пеностекла, учитывающие физико-химические процессы, происходящие в силикатной системе, позволяют не только снизить производственные затраты и сделать производство высокорентабельным, но и разработать ряд новых материалов на основе ячеистого стекла [5], востребованность которых строительной отраслью не вызывает сомнений. К одному из таких видов продукции следует отнести мелкогранулированное пеностекло, которое в настоящее время производится единственной зарубежной фирмой Rogaver. В Западной Европе этот материал успешно используется уже несколько десятилетий, причем особенно заметный взлет спроса на него отмечается в последние годы, когда проблеме энергосбережения стали уделять самое пристальное внимание. В России применение материала незначительно и ограничено практически только изготовлением сухих строительных смесей премиум-класса, вследствие высокой отпускной цены и затрат на доставку.

К аналогичной группе минеральных теплоизоляционных материалов насыпного типа следует отнести помимо упомянутого Rogaver керамзитовый гравий (керамзит), вспученный перлит, вспученный вермикулит, микросферы золы уноса ТЭС и гранулированное пеностекло.

Использование керамзита и гранулированного пеностекла в качестве заполнителей бетонов осложнено крупным размером гранул, а керамзита дополнительно — относительно высокой плотностью. Вспученные перлит и вермикулит не могут использоваться в строительных растворах вследствие крайне низкой прочности и низкой влагостойкости. Зола-унос ТЭС (микросферы) отличается нестабильностью состава (зависят от вида

углей и режимов горения на ТЭС) и высокой ценой, что также препятствует их использованию в строительных растворах. Импортный мелкогранулированный материал Rogaver не имеет отечественных аналогов, использование его технически в строительных растворах не имеет ограничений, но материал имеет высокую стоимость.

Производство гранулированного пеностекла в настоящее время в промышленных масштабах освоено в России на нескольких предприятиях. Существующая технология предполагает гранулирование методом окатывания. При насыпной плотности $170\text{--}300\text{ кг/м}^3$ материал имеет низкое водопоглощение и высокую прочность. Особенностью процесса гранулирования порошковых материалов окатыванием является принципиальная невозможность стабильного получения мелких гранул (менее $2\text{--}5\text{ мм}$), что приводит к отсутствию на рынке гранулированного пеностекла с размерами зерен менее 5 мм . Эту особенность признают все производители российского гранулированного пеностекла. Поэтому гранулированное пеностекло, производимое в России в настоящее время, не может быть использовано как заполнитель штукатурок и сухих смесей вследствие размера гранул.

Композиции из аморфного оксида кремния в виде трепела и гидроксида натрия, как это было показано выше, могут образовывать стеклообразные продукты уже при температуре $600\text{--}750^{\circ}\text{C}$, что должно сопровождаться газообразованием. В данном случае возможно только выделение паров воды. Для подтверждения этого были проведены термогравиметрические исследования различных форм аморфного оксида кремния с гидроксидом натрия. Последний вносился в систему в виде растворов. Был взят аморфный оксид кремния различного происхождения — молотое кварцевое стекло, силикагель, минеральный продукт в виде трепела и диатомита, а также поверхностный оксид кремния, образующийся на частицах дисперсного натрий-кальциевого стекла в результате ионного обмена. Все исследованные материалы в процессе термообработки характеризуются двумя температурными областями потери массы. При температуре, начиная с комнатной и до $450\text{--}600^{\circ}\text{C}$, наблюдается первая стадия удаления воды, связанная со свободной и кристаллизационной формами. Характерной особенностью всех термограмм является явное отсутствие инвариантности, наблюдаемой у большинства кристаллогидратов обычных солей.

Аналогично ведут себя все исследованные силикаты и на второй стадии термообработки, когда при $600\text{--}750^{\circ}\text{C}$ наблюдается значительно более слабый эффект

потери массы, который может быть обусловлен потерей гидроксо-групп при синтезе силикатов. Характерно, что процесс стеклообразования лежит в температурном интервале высокой вязкости силикатных стекол и таким образом может быть использован для создания силикатных пен. Иными словами, существует возможность использовать газообразование при синтезе стекла для вспенивания образующегося материала.

Результаты термогравиметрии позволяют сделать вывод, что количества выделяющихся паров воды может быть достаточно для образования пеностекляных материалов в случае использования сырья с высокой пористостью. Действительно, объем пор, присутствующий в силикагеле, трепеле и диатомите, оказывается достаточным для введения в систему количества Na^+ , достаточном для синтеза стекла, а высокоразвитая пористость этих материалов позволяет синтезировать гидратированные полисиликаты по всему объему материала.

Это предположение доказывают данные сканирующей электронной микроскопии. На рис. 3 представлен скан полученного продукта. Очевидно, что газовыделение идет по всему объему материала, включая межпоровые перегородки, что приводит к получению легкого и прочного материала. Вследствие газовыделения в любом, сколь угодно малом объеме появляется возможность производства мелкогранулированного материала по простой технологии. В этом случае размер готовых гранул ограничивается только дисперсностью используемой разделительной среды (опудривателя) при термообработке. Так, на рис. 4 представлена фотография материала с размером гранул около 500 мк, полученных полупромышленным способом.

УДК 666.189.3

Н.Э. СТАХОВСКАЯ, канд. техн. наук, А.И. ЧЕРВОНЫЙ, ст. науч. сотрудник,
Государственное предприятие «Институт НИИСМ» (Минск, Республика Беларусь)

Пеностекло из несортированных отходов стекла

Научно-технический прогресс открывает новые возможности в применении известных материалов, в том числе в других областях науки и техники, расширяет ассортимент и диапазон свойств самих материалов. На стыке отраслей науки и техники возникают новые направления, такие как нанотехнологии, вакуумная техника, технологии в области сверхнизких температур, которые требуют применения материалов, способных выдерживать специфические, часто весьма жесткие условия эксплуатации. В таких условиях большое значение имеет применение эффективных теплоизоляционных материалов, способных выдерживать достаточно высокие нагрузки, воздействие агрессивных химических сред и экстремальную температуру.

Очевидно, что оптимальным не является ни один из существующих теплоизоляционных материалов. Органическая теплоизоляция на основе пенопластов пожароопасна, недолговечна и химически нестабильна. Минераловатные изделия обладают высоким влагопоглощением, а использование органического связующего резко снижает максимальную температуру их применения. К серьезному недостатку таких материалов относится саморазрушение волокон, что небезопасно для здоровья человека и ведет к потере теплоизолирующей способности. Легкие бетоны обладают низкой прочностью при достаточно большой плотности.

Насыпная плотность полученного материала зависит от фракции, изменяется в пределах от 180 кг/м³ для фракции крупнее 2 мм до 450 кг/м³ для фракции менее 200 мк.

Таким образом, процесс получения гидратированных полисиликатов из пород на основе аморфного оксида кремния может быть положен в основу производства вяжущих композиций и пеностекляных материалов.

Ключевые слова: полисиликаты, вяжущие свойства, ячеистые материалы, стекла.

Список литературы

1. Бруссер М.И., Сорокин Ю.В., Фаликман В.Р. Заполнители для бетона: современные требования к качеству // Строительные материалы. 2004. № 10. С. 62–63.
2. Мельниченко В. Первое российское производство наполнителей из диатомита будет запущено в 2012 году // The Chemical Journal. 2011. № 11. С. 38–39.
3. Мелконян Р.Г. Аморфные горные породы и стекловарение. М.: НИИ-Природа, 2002. 264 с.
4. Патент РФ на полезную модель № 100073, МПК С 04 В 38/00. Технологическая линия производства гранулированного пенокерамического материала / О.А. Бубенков, А.А. Кетов, П.А. Кетов, С.В. Лобастов. Заявл. 09.08.2010. Опубл. 10.12.2010. Бюл. № 34.
5. Кетов А.А., Пузанов И.С., Саулин Д.В. Тенденции развития технологии пеностекла // Строительные материалы. 2007. № 9. С. 28–31.

Материалом, в наибольшей степени способным удовлетворить требованиям безопасности, долговечности и эффективности, является пеностекло. В отличие от органических и волокнистых теплоизоляционных материалов пеностекло – пожаростойкий материал с неограниченным сроком службы, из него возможно изготавливать изделия различной конфигурации. Плиты из пеностекла применяются в строительстве для тепловой изоляции наружных и внутренних стен, фасадов и цоколей зданий, полов с повышенными нагрузками, чердаков и чердачных перекрытий, террас «зеленая крыша», паркингов на крышах, скатных крыш. Кроме изоляции стен, кровли, пола зданий и сооружений пеностекло используется для изоляции промышленных холодильников, кораблей и морских нефтяных терминалов, в качестве фундамента в условиях вечной мерзлоты, в атомной энергетике, где требования к пожаробезопасности особенно жесткие, и т. д. [1].

Однако, несмотря на широкие возможности использования пеностекла как строительного и теплозвукоизоляционного материала и очевидные его преимущества по сравнению с другими теплоизоляционными материалами, производство пеностекла не получило широкого развития, что связано с его сравнительно высокой стоимостью. Высокая цена изделий из пеностекла связана с особенностями его производства, где расход энергии никак нельзя назвать рациональным.

Так, технология получения качественного пеностекла предусматривает варку стекла специального состава, его грануляцию путем резкого охлаждения до температуры около 20°C, в результате чего куски затвердевшей стек-ломассы саморазрушаются. Это облегчает дальнейший помол, но, в то же время приводит к совершенно бесполезному расходованию тепловой энергии: для последующего вспенивания то же самое стекло в смеси с газо-образователем приходится нагревать еще раз до температуры 780–930°C [2]. Таким образом, вопросы экономики производства пеностекла затрагивают в том числе и технологию его производства, дешевое сырье, минимальные температуру и время пенообразования, максимальный выход изделий, возможности механизации и автоматизации и т. д.

В конце XX в. собственное производство пеностекла утратили Германия, Чехия и Польша. Собственную промышленную технологию пеностекла потеряла Россия и, даже несмотря на существование более полутора десятков инвестиционных проектов, так и не имеет восстановленной или запущенной вновь серьезной промышленной линии по производству пеностекла. Причиной остановки производства пеностекла в России, считают авторы [3], является несовершенство существующей технологии и, как следствие, высокие издержки производства, так как порошковая технология получения пеностекла предполагает жесткую привязку к сырью — стеклу строго определенного химического состава.

В настоящее время крупнейшим производителем пеностекла в мире является американская корпорация «Питтсбург Корнинг», разместившая свои производства пеностекла также в Германии, Бельгии, Чехии.

Несмотря на все существующие сложности, в Беларуси на ОАО «Гомельстекло» сумели сохранить собственное производство пеностекла, которое в свое время было создано здесь при участии сотрудников Минского НИИСМ под руководством Б.К. Демидовича, внесшего значительный вклад в исследования по оптимизации химических и физических процессов производства пеностекла.

Казалось бы, пеностекло можно получить из стекла любого химического состава при использовании соответствующим образом подобранного пенообразователя и при работе в соответствующем диапазоне температур. Однако попытки обеспечить производство пеностекла отходами стекла неопределенного состава не увенчались успехом. Практика работы отдельных производств показала, что отходы стекла могут использоваться лишь в том случае, когда они поступают с одного предприятия, то есть обладают постоянным химическим составом. К тому же количество боя стекла даже на больших стеклозаводах недостаточно для ритмичного обеспечения работы цеха пеностекла средней мощности [4].

Отметим, что получение углеродистого пеностекла из несортированных отходов стекла является трудно-разрешимой задачей по причине того, что отходы стекла весьма не однородны по своему химическому составу. Это затрудняет получение пеностекла со стабильными свойствами. В настоящее время получение пеностекла с высокими эксплуатационными характеристиками и замкнуто-пористой структурой основывается на применении углеродистых газообразователей и использовании специально навариваемого стекла определенного химического состава, приближенного к составу листового оконного стекла, полученного методом вертикального вытягивания (ВВС). Только при этих условиях обеспечивается возможность получения пеностекла с низким объемным весом и замкнутыми ячейками. Стекло состава, близкого к составу оконного стекла ВВС, наиболее соответствует характеру вспенивания углеродистых газообразователей для получения качест-

венного пеностекла благодаря отсутствию кристаллизации, оптимальным значениям вязкости, величине поверхностного натяжения в температурном интервале вспенивания. Ранее предпринимались попытки получения высококачественного пеностекла из тарного стекла и флоат-стекла, однако они также не увенчались успехом по тем или иным причинам [2, 4].

На конечные свойства пеностекла оказывают влияние технологические параметры подготовки пенообразующих смесей, их состав и физико-химические свойства, определяемые условиями синтеза, теплообмен в дисперсной среде, пиропластическом спекле и пеностекле на различных стадиях его формирования, динамика фазовых превращений, реакции взаимодействия между газообразователями и компонентами стекла, условия стабилизации структуры и отжига пеностекла.

В результате проведенных в ГП «Институт НИИСМ» исследований разработана технология получения качественного пеностекла, в которой сырьем является несортированный бой стекла, накапливающийся в сфере бытового потребления населения. Исключение операций варки и выработки специального стеклогранулята позволяет существенно снизить себестоимость получения пеностекла за счет экономии топлива на варочные процессы при получении стеклогранулята, а также дефицитного и дорогого сырья, в первую очередь соды. За счет использования несортированного стеклобоя в производстве пеностекла решается также проблема его утилизации, тем самым улучшается экология окружающей среды.

Возможность получения пеностекла плотностью 140–200 кг/м³ с замкнуто-ячеистой структурой из несортированного стеклобоя достигается применением в качестве газообразователя карбида кремния и введения добавки хлорида щелочного металла. Мелкодисперсная шихтовая смесь из несортированных отходов стекла с газообразователем и добавкой подвергается вспениванию в формах, закалке с последующим отжигом (заявка ВУ № а20111100. Способ изготовления блоков из пеностекла).

При вспенивании шихт с использованием карбида кремния образуется такая же, как и при применении углеродистых газообразователей, замкнуто-пористая равномерная структура изделия, непроницаемая для влаги. По-видимому, это связано с тем, что карбид кремния работает так же, как и углеродистые газообразователи (антрацит, кокс, газовая сажа и пр.), т. е. вспенивание вязкой стекломассы обеспечивается за счет окисления углерода соединениями серы, содержащимися в стекломассе. Об этом свидетельствует то обстоятельство, что для пеностекла с карбидом кремния, так же как и для углеродистого, при его распиловке ощуща-



Образцы пеностекла с карбидом кремния и антрацитом

Наименование показателя	Единица измерения	Значение	Нормативные требования, установленные СТБ 1322–2002
Плотность	кг/м ³	144–169	Не более 175
Предел прочности при сжатии	МПа	0,98–1,21	Не менее 0,7
Водопоглощение	% по объему	1,98–2,25	Не более 5
Теплопроводность при температуре 298 К	Вт/(м·К)	0,0686–0,0697	Не более 0,07

ется характерный запах сероводорода H₂S. Таким образом, получение развитой структуры пеностекла с карбидом кремния в качестве газообразователя при обычно практикуемой в технологии температуре вспенивания достигается в первую очередь реакцией карбида со стекломассой. Предположили, что карбид кремния, применяемый в качестве газообразователя при получении пеностекла, по механизму взаимодействия с порошком стекла при вспенивании является более переменным к химическому составу порошка стекла и менее чувствителен даже к смеси стекольных порошков, отличающихся по химсоставу.

В процессе вспенивания, как правило, полного химического разложения газообразователя не наступает: при его разложении остаются твердые остатки. Поэтому в процессе образования пеностекла наряду с жидкой (стеклообразной) и газообразной фазами согласно Шиллу Ф. [5] всегда присутствует также определенное количество твердой фазы. Неразложившийся твердый остаток пенообразователя диффузно переносится в сторону вновь образовавшейся поверхности стекловидной фазы.

Неокислившиеся частицы углеродистых газообразователей, по своей химической природе имеющие малое сродство к стеклофазе и не растворяющиеся в последней, накапливаются на поверхности раздела фаз, тем самым способствуя стабилизации пены и закреплению ячеистой структуры пеностекла. Однако в то же время, как инородные включения на поверхности стекломассы, они являются затравкой-стимулятором для образования и роста кристаллов новой фазы с поверхности стекла. Рекристаллизация стекла приводит, во-первых, к увеличению вязкости стекла при температуре вспенивания и, как следствие, к замедлению скорости роста пузырьков газовой фазы; во-вторых, образование кристаллов в стенке пузырька при пенообразовании, сохраняющей способность к растяжению, вызывает локальное изменение в ней вязкости и соответственно деформацию или разрушение ее при последующем растяжении [2].

Меньшая чувствительность к химическому составу стекломассы при вспенивании шихтовых смесей с карбидом кремния объясняется, по-видимому, более плавным и постепенным высвобождением углерода при разложении карбида кремния в расплавленной стекломассе. Тогда процесс окисления углерода менее чувствителен к химическому составу стекла. Соответственно выделяющиеся при окислении углерода и восстановлении сернистых соединений стекла газы равномернее вспенивают массив при оптимально подобранной температуре и времени выдержки при вспенивании, независимо от состава стекла.

Введение в состав пенообразующей смеси добавки хлорида щелочного металла позволило повысить структурную однородность пеностекла и снизить температуру вспенивания с 850–860 до 780–820°C, что позволило увеличить срок службы технологической оснастки в печи вспенивания.

Пеностекло с использованием в качестве газообразователя карбида кремния отличается равномерной замкнуто-пористой структурой, имеет приятный светло-

зеленый цвет (см. рисунок). Рядом для сравнения представлено пеностекло черного цвета с антрацитом.

На ОАО «Гомельстекло» проведен выпуск опытной партии блоков пеностекла из шихтовой смеси на основе несортированного боя стекла, карбида кремния в качестве газообразователя и добавки. В работе применяли карбид кремния производства компании Saint-Gobain (Франция), а также карбид кремния производства ОАО «Запорожабразив» (Украина). В качестве несортированного боя стекла использовалось зеленое бутылочное стекло, главным образом из-под плодовых крепленых вин, а также из-под виноградного вина и тонизирующих напитков. Для получения шихты стекло совместно с газообразующей добавкой измельчается путем помола в агрегате типа шаровой мельницы до тонкодисперсного состояния с удельной поверхностью частиц S_{уд}=6000–8000 см²/г. Режим вспенивания шихтовой смеси с карбидом кремния в качестве газообразователя соответствовал принятому на заводе режиму вспенивания пеностекла с антрацитом.

Пеностекло отличается низким объемным весом и замкнутой ячеистой структурой, определяющей малое водопоглощение материала, и по своим техническим характеристикам во многом соответствует углеродистому пеностеклу, выпускаемому в настоящее время на ОАО «Гомельстекло» по СТБ 1322–2002 «Блоки тепло-изоляционные из пеностекла. Технические условия».

Физико-механические показатели полученного пеностекла приведены в таблице.

Таким образом, предложенные составы шихтовых смесей на основе возвратного боя стеклотары с карбидом кремния в качестве газообразователя позволяют получать качественное пеностекло строительного назначения, удовлетворяющее требованиям СТБ 1322–2002. Внедрение предложенной технологии позволит получить существенный экономический эффект за счет исключения технологических переделов наваривания специального состава стеклогранулята и использования дефицитной соды, а также увеличения срока службы технологической оснастки.

Ключевые слова: пеностекло, несортированный бой стекла, газообразователь, карбид кремния, состав, физико-механические свойства.

Список литературы

1. Маневич В.Е., Субботин К.Ю. Пеностекло и проблемы энергосбережения // Стекло и керамика. 2008. № 4. С. 3–6.
2. Демидович Б.К. Пеностекло. Минск: Наука и техника, 1975. 248 с.
3. Кетов А.А., Пузанов И.С., Саулин Д.В. Опыт производства пеностеклянных материалов из стеклобоя // Строительные материалы. 2007. № 3. С. 70–72.
4. Демидович Б.К. Производство и применение пеностекла. Минск: Наука и техника, 1972. 304 с.
5. Шилл Ф. Пеностекло. М.: Стройиздат, 1965. 308 с.

СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО СКБ СТРОЙПРИБОР

ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



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

Реклама

ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

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

автоматическая обработка
измерений



диапазон 3...100 МПа

УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С
ультразвуковой

поверхностное и сквозное
прозвучивание



частота 60...70 кГц
диапазон 10...2000 мкс

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

отрыв со скалыванием
и скалывание ребра

предельное
усилие 60 кН
диапазон 5...100 МПа



ПОС-2МГ4 П

испытание прочности
ячеистых бетонов



предельное
усилие вырыва 2,5 кН

**ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ
ДИНАМИЧЕСКИЕ**

ПДУ-МГ4 "Удар"

и **ПДУ-МГ4 "Импульс"**

определение динамического
модуля упругости грунтов
и оснований дорог
методом штампа,
диапазон: 5...370 МН/м² ("Удар")
5...300 МН/м² ("Импульс")



**ИЗМЕРИТЕЛИ
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**

ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"

стационарный
и зондовый режимы



диапазон 0,02...1,5 Вт/м·К

ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ

ВЛАГОМЕР-МГ4

для измерения влажности
бетона,
сыпучих,
древесины
диапазон 1...45 %



**ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ
ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА**

ИПА-МГ4

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



**Прессы испытательные
малогабаритные**

**ПГМ-100МГ4 / ПГМ-500МГ4
/ ПГМ-1000МГ4**

с гидравлическим приводом
для испытания бетона,
асфальтобетона, кирпича
■ предельная нагрузка
100 / 500 / 1000 кН
■ масса 70 / 120 / 180 кг



**ПМ-1МГ4 / ПМ-2МГ4 / ПМ-3МГ4
/ ПМ-5МГ4 / ПМ-10МГ4**

с ручным / электрическим приводом
для испытания утеплителей на изгиб
и сжатие при 10% линейной деформации
■ предельная нагрузка 1 / 2 / 3 / 5 / 10 кН
■ масса 20 / 25 кг

ПСО-10МГ4 КЛ

испытание прочности
сцепления в каменной
кладке

предельное усилие
отрыва 15 кН



АДГЕЗИМЕТРЫ

ПСО-МГ4

испытание прочности
сцепления покрытия
с основанием

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



**ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ
ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ**

АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ

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

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



ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01
термогигрометр

диапазон 0...99,9 % / -30...+85 °С



ИТП-МГ4.03 "Поток"

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

диапазон 10...999 Вт/м²
-40...+70 °С



ТЕРМОМЕТРЫ

ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01

модульные регистрирующие
для зимнего бетонирования
и пропарочных камер
(до 20 модулей в комплекте)
зондовые / контактные
1...2-канальные
диапазон -40...+100 / 250 °С



**ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ
АРМАТУРЫ**

ДО-40 / 60 / 80МГ4

метод поперечной оттяжки

диапазон контролируемых
усилий 2...120 кН

диаметр
арматуры 3...12 мм



**ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ
В АРМАТУРЕ**

ЭИН-МГ4

частотный метод

диаметр
арматуры 3...32 мм

диапазон 100...1800 МПа



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

А.Н. ФИЛАТОВ, канд. техн. наук, Т.Н. ВУДВУД, инженер,
В.А ИВАНЕНКО, канд. техн. наук, Научно-исследовательский институт
строительного производства (Киев, Украина)

Поризация сырьевой смеси в технологии ячеистого бетона

Пористая структура в ячеистом бетоне создается путем поризации газом или пеной литой многокомпонентной сырьевой смеси. Пенный и газовый способы поризации применялись еще в 1940–1950-е гг. при разработке научно-технических основ технологии ячеистого бетона автоклавного и неавтоклавного твердения [1–3].

Пенобетон и газобетон очень близки по функциональному назначению в зданиях, технологическим приемам при производстве и совокупности нормируемых технических показателей, однако имеются некоторые отличия в значениях этих показателей. Эти отличия обусловлены преимущественно различным составом сырьевых смесей, особенностями их поризации, а также условиями твердения.

На начальном этапе (1930–1940-е гг.) производство изделий из ячеистого бетона развивалось с применением пенной технологии. Применялись пенообразователи растительного и животного происхождения, которые, имея невысокую пенообразующую способность, недостаточную стойкость пены, замедляли процесс гидратации и твердения цемента, имели короткие сроки хранения, что являлось одной из причин получения бетона с невысокими эксплуатационными показателями.

В 1950–1960 гг. интенсивное развитие в СССР получило производство газобетона автоклавного твердения. Как отмечалось в обзорной информации, в Советском Союзе производство изделий из ячеистых бетонов до 1950 г. базировалось в основном на использовании пенообразователей. После 1950 г. все новые заводы строились, как правило, для производства газобетонных изделий на алюминиевой пудре [4].

Приоритетное развитие технологии газобетона привело к созданию в последующие десятилетия высокопроизводительных конвейерных формовочно-резательных линий, обеспечивающих изготовление изделий с машиностроительной точностью по форме и размерам, их технические показатели обеспечивают долговечность строительных конструкций не менее 50 лет.

Энергосберегающие свойства ячеистого бетона обуславливают постоянное увеличение его производства примерно на 5 млн м³/г [5], ежегодный мировой выпуск ячеистого бетона приближается к 50 млн. м³.

При этом актуальными остаются вопросы оптимизации процесса формирования пористой структуры ячеистого бетона.

Газовая поризация сырьевой смеси заключается во введении в усредненную многокомпонентную сырьевую смесь тонкодисперсной газообразующей добавки (пудра алюминиевая), в результате химической реакции происходит образование мелких пузырьков газа – водорода. В процессе газообразования, вспучивания и схватывания смеси формируется пористая макроструктура бетона.

Основным преимуществом газовой поризации является отсутствие отрицательного влияния газообразова-

теля на процесс гидратации и твердения вяжущего, технологическая совместимость со всеми видами вяжущих, применяемых при производстве ячеистого бетона, – цементным, известково-песчаным, золошлаковым, щелочным и смешанным. Газовая поризация применима в технологии холодных (начальная температура 20–30°C) и горячих (начальная температура 35–60°C) сырьевых смесей. Преимущество горячих смесей заключается в значительной интенсификации процессов вспучивания и схватывания, а также роста пластической прочности сырца, что позволяет существенно сократить продолжительность выдержки массивов до резки на изделия и соответственно, производственного цикла в целом. Процессом газовой поризации смеси в определенной мере можно управлять путем изменения начальной температуры и щелочности смеси, содержания воды (В/Т), а также применением вибрационных или ударных воздействий на смесь. Кроме того, газовая поризация позволяет вводить в сырьевую смесь некоторые добавки, регулирующие скорость газообразования и гидратации вяжущих, а также рост пластической прочности сырца и конечной прочности бетона. В процессе взаимодействия алюминия со щелочным компонентом Са(ОН)₂ в смеси образуются гидроалюминаты, которые при автоклавной обработке переходят в гидроалюмосиликаты кальция, аналогичные тем, что образуются при твердении цемента.

Следует отметить, что газовой поризации свойственно образование в сырце, а затем и в бетоне открытых микропор и капилляров, которые в условиях эксплуатации могут заполняться водой и ее парами. Они образуются в результате выделения из твердеющего массива сырца водорода и паров воды в период выдержки до резки. В процессе автоклавной обработки некоторая часть капилляров «залечивается», а часть остается открытой, что в определенной мере понижает эксплуатационные показатели бетона.

Пенная поризация сырьевой смеси заключается во введении в усредненную смесь воздушных пузырьков пены, которую получают из водного раствора пенообразователя заданной концентрации или при интенсивном перемешивании смеси с раствором пенообразователя [6]. Пенная технология реализуется в производстве применением двух основных схем – раздельной и совместной.

При раздельной схеме сырьевая смесь усредняется в смесителе с последующей подачей в смеситель заданного объема пены, приготовленной в пеногенераторе, затем смесь и пена перемешиваются до получения однородной пеносмеси. Во время перемешивания цельный пространственный каркас пены разделяется на отдельные пузырьки или небольшие агрегаты из нескольких пузырьков, которые равномерно распределяются в объеме смеси. Образованные пенные поры заполнены воздухом и парами воды, внутренняя поверх-

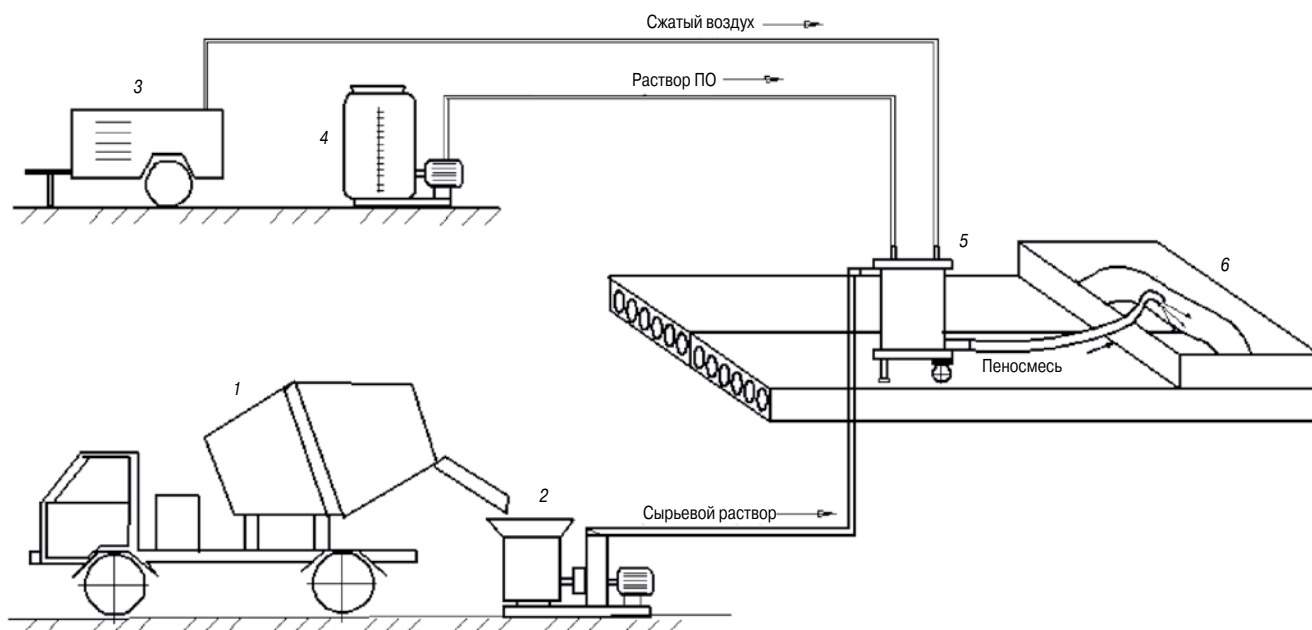


Рис. 1. Технологическая схема совместного приготовления пеносмеси: 1 – бетономеситель; 2 – растворонасос; 3 – компрессор; 4 – емкость рабочего раствора пенообразователя; 5 – поризатор; 6 – участок заливки

ность пор покрыта воздухопроницаемой пленочной оболочкой, что обеспечивает их устойчивость в поризованной смеси на более длительный период, чем газовых. Разрушение пенных пузырьков, уменьшение объема пены во время перемешивания и схватывания смеси должно быть минимальным. При нарушении целостности пенных пузырьков химическим или механическим путем содержащиеся в них воздух и пары воды выходят в атмосферу, образованная пространственная структура смеси частично повреждается или полностью разрушается.

Совместный способ пенной поризации смеси заключается в приготовлении сырьевой смеси заданного состава и последующей ее подаче в аэромеханический поризатор. Одновременно со смесью в поризатор подается рабочий раствор пенообразователя и сжатый воздух. Образованная в результате интенсивного перемешивания и воздухововлечения пеносмесь непрерывным потоком по гибкому шлангу подается в форму (изготовление мелкоштучных изделий) или на участок заливки (устройство монолитных элементов зданий). Реализация такой схемы показана на рис. 1 [7]. Приготовление смеси и формование выполняется в непрерывном или циклическом режиме с учетом объема и специфики производства. Высота заливки пеносмеси в форме или монолитном слое соответствует проектным размерам изделия (слоя), поэтому смесь в период схватывания и начального твердения не должна давать осадку. Это требование выполняется при условии устойчивости пенных пузырьков в период заливки смеси и начального схватывания цемента. При замедленном схватывании цемента и нарушении устойчивости пены смесь может давать осадку.

Совместный способ приготовления пеносмеси реализуется с применением различных смесеприготовительных установок, одни из которых работают при атмосферном давлении [8, 9] (воздухововлечение), другие – при избыточном давлении воздуха [10–13] (баротехнология). Особенность баротехнологии заключается в том, что на первой стадии сырьевая смесь перемешивается при атмосферном давлении, а затем при избыточном давлении воздуха. Воздух, защемленный в пен-

ных пузырьках, находится в сжатом состоянии. При последующем снижении давления до атмосферного в период выгрузки и заливки смеси воздушные пузырьки, увеличиваясь в объеме, дополнительно обжимают и уплотняют смесь в межпоровых перегородках, что обуславливает повышение прочности и других эксплуатационных показателей бетона.

Макроструктура пенобетона, полученного как раздельным, так и совместным способом, имеет некоторые особенности в сравнении с газобетоном. В пенобетоне больший объем закрытых пор, преобладают поры меньших размеров, выше плотность межпорового материала, что создает технологические предпосылки для снижения плотности, капиллярного подсоса, водопоглощения бетона и повышения его прочности и морозостойкости.

Пенная поризация смеси на данном этапе развития более ограничена в применении, чем газовая. Это связано с тем, что пенообразователи и получаемая из них пена недостаточно устойчивы в щелочных сырьевых смесях при повышенной температуре смеси, а как поверхностно-активные вещества (ПАВ) они существенно замедляют процесс гидратации и твердения цемента. При недостаточной технологической совместности пенообразователя с цементом происходит частичное разрушение пены во время ее перемешивания со смесью, при этом снижение выхода пеносмеси может составлять от 5 до 20% в зависимости от вида цемента и пенообразователя. На производстве такое уменьшение объема пеносмеси при перемешивании компенсируется введением большего объема пены, что приводит к увеличению расхода пенообразователя. Повышение же содержания пенообразователя в пеносмеси сопровождается усилением его отрицательного влияния на процессы схватывания и твердения цемента, что ведет к снижению прочности пенобетона. При полной технологической несовместимости пенообразователя и цемента введенная в смесь пена интенсивно разрушается, а освобожденный воздух уходит в атмосферу (наблюдается эффект «кипения»). К этому следует добавить, что некоторые пенообразователи, положительно зарекомендовавшие себя в других технологиях (флотация, по-

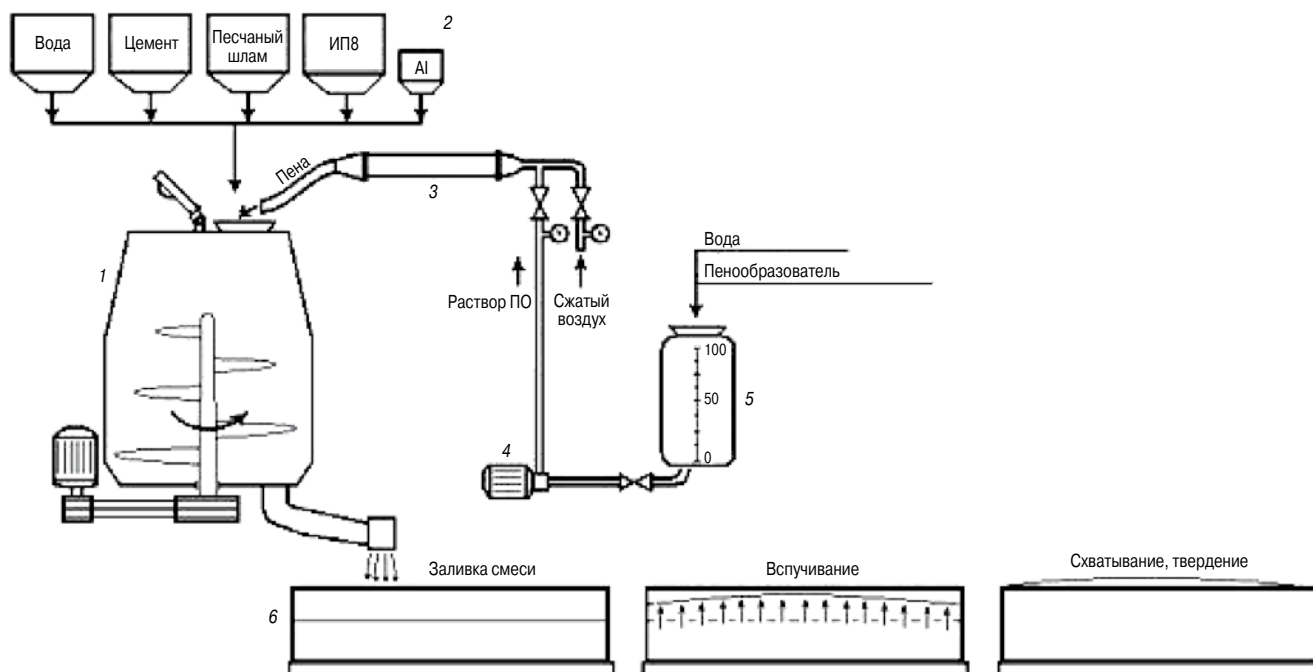


Рис. 2. Приготовление ячеисто-бетонной смеси с использованием газопенной поризации: 1 – смеситель; 2 – дозаторы сырьевых компонентов; 3 – пеногенератор; 4 – центробежный насос; 5 – емкость рабочего раствора пенообразователя; 6 – формы

жаротушение, пылеподавление, стирка и др.), малопригодны для изготовления пенобетона. Это необходимо учитывать разработчикам технологии, изготовителям пенобетонных изделий и поставщикам пенообразователей, чтобы не допускать ненужной компрометации пенобетонной технологии.

Учитывая положительные и отрицательные стороны пенной и газовой поризации смеси, актуальной и перспективной задачей является совмещение двух способов поризации в один технологический процесс с целью использования положительных эффектов каждого способа. Целесообразно газовую поризацию в производстве автоклавного газобетона дополнить пенной (газопенобетон), а в производстве неавтоклавного бетона пенную поризацию дополнить газовой (пеногазобетон).

Научно-технические предпосылки применения воздухововлекающих и пенообразующих добавок в технологии ячеистого бетона автоклавного твердения созданы еще в 1960–1970 гг., но широкого применения в производстве по ряду технических и экономических причин они не получили.

Так, в работах [14, 15] исследован процесс поризации сырьевой смеси за счет воздухововлечения при интенсивном перемешивании компонентов. В работе [16] исследовано влияние добавок поверхностно-активных веществ (ПАВ) на процесс мокрого помола песка в шаровых мельницах.

В последующих работах А.П. Меркина [17, 18] теоретически обосновано формирование структуры ячеистого бетона микро- и макропорами разных размеров при их заданном объемном соотношении. Установлены закономерности перехода форм укладки пор при последовательном повышении степени поризации смеси от произвольной к кубической, потом к гексагональной с простыми или двойными пространственными решетками.

Указанные теоретические разработки были опробованы в лабораторных условиях (МИСИ им. Куйбышева, НИИСМИ, Киев), а потом реализованы в производственных условиях Белгород-Днестровского ЭЗЯБИИ.

На основании полученных результатов разработана технология трехстадийной поризации сырьевой смеси, включающей две пенные и одну газовую [19]. Первая стадия происходит путем поризации песчаного шлама в мельнице мокрого помола за счет воздухововлечения. С технологической водой в мельницу вводится разбавленный раствор сульфанола (концентрация 0,02–0,03%); расход сульфанола составляет 100–150 г/т песка. На второй стадии сырьевая смесь поризуется за счет воздухововлечения при интенсивном перемешивании сырьевых компонентов в смесителе СМС-40Б с добавкой раствора сульфанола, вводимого с водой затворения. На последней, третьей стадии смесь поризуется в форме в результате газообразования. В смеси последовательно образуются пенные и газовые пузырьки разных размеров. Под действием увеличивающихся газовых пузырьков пенные пузырьки постепенно занимают упорядоченное положение в формирующихся перегородках и между газовыми пузырьками. В последующий период схватывания и начального твердения смеси происходит фиксация сформированного пространственного каркаса и образование ячеистой структуры с закономерным повторяющимся расположением элементов – микро-, макропор и межпоровых перегородок. В образованной структуре более крупные газовые поры окружены оболочкой из более стойких мелких пенных пор двух порядков, что обеспечивает повышенную устойчивость поризованной системы после вспучивания.

С применением трехстадийной поризации сырьевой смеси в 1980-е гг. на Белгород-Днестровском заводе впервые были изготовлены партии теплоизоляционных изделий из автоклавного ячеистого бетона плотностью 200–250 кг/м³ [20, 21]. Ячеисто-бетонные массивы объемом 5,2 м³ и высотой 0,6 м формовались в оснастке со съемными бортами; транспортировка, разрезка массива на изделия выполнялись на поддоне.

В последующие годы разработанная технология использовалась при изготовлении звукопоглощающих плит «Силапор» из бетона плотностью 300–350 кг/м³ [22], а также крупных и мелких блоков, плит покрытий и пере-

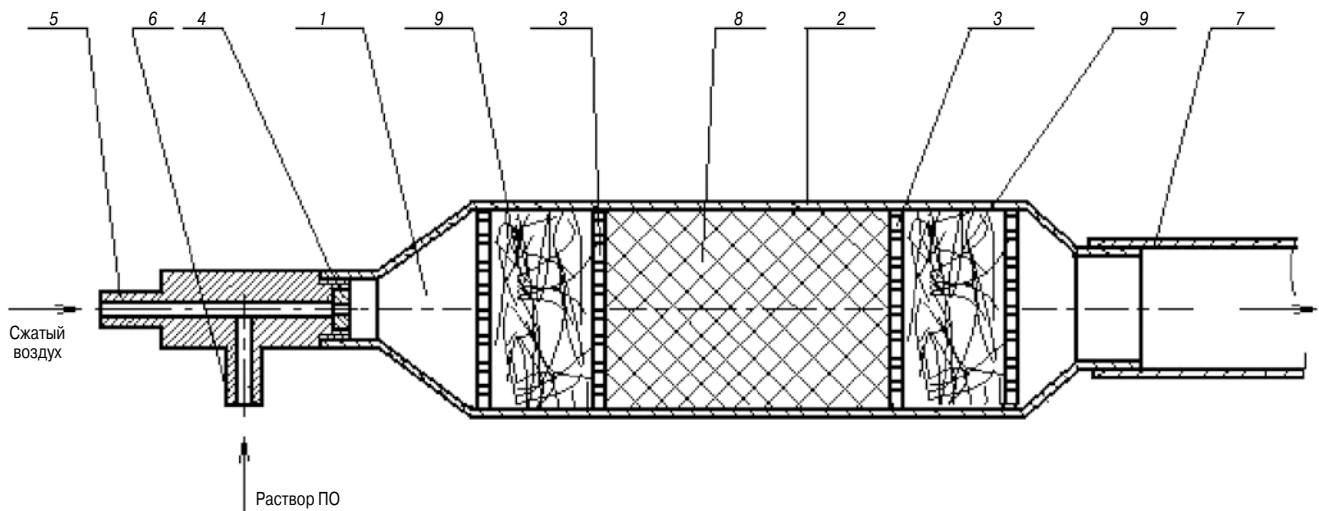


Рис. 3. Пеногенератор аэродинамического действия: 1 – камера смешивания; 2 – камера диспергирования; 3 – сеточная перегородка; 4 – форсунка; 5 – патрубок сжатого воздуха; 6 – патрубок раствора ПО; 7 – пеновод; 8 – мелкозернистый наполнитель; 9 – упруговолокнистый материал

крытий для строительства усадебных и 5-этажных жилых домов серий 126 и 144 [23]. При этом средний расход алюминиевой пудры составлял $380\text{--}420\text{ г/м}^3$, а по показателям плотности и прочности бетона завод в тот период занимал лидирующее положение в отрасли.

В настоящий период в связи с развитием производства неавтоклавного пенобетона созданы технические предпосылки совмещения газовой и пенной поризации сырьевой смеси в одном технологическом процессе.

Наличие новых синтетических пенообразователей, которые достаточно устойчивы в щелочных смесях, и компактных, высокопроизводительных пеногенераторов позволяет дополнить процесс приготовления газобетонной смеси пенной поризацией, а процесс приготовления пеносмеси неавтоклавного бетона – газовой поризацией. Такое взаимодополнение традиционных процессов позволяет усилить положительные эффекты каждого способа поризации, повысить технологические свойства смеси и эксплуатационные показатели бетона при одновременном снижении общего расхода пенообразователей.

Применение пенной поризации на предприятиях автоклавного газобетона требует внесения некоторых изменений в процесс приготовления ячеисто-бетонной смеси. Они заключаются в установке пеногенератора, емкости для приготовления рабочего раствора пенообразователя, насоса для его подачи в пеногенератор, трубопровода для подачи сжатого воздуха. Технологическая схема приготовления ячеисто-бетонной смеси с использованием пенообразователя и газообразователя показана на рис. 2. В смеситель последовательно дозируются вода, шлам, цемент, известково-песчаное вяжущее, суспензия алюминиевой пудры; компоненты непрерывно перемешиваются. Затем в пеногенератор одновременно подается сжатый воздух (давление $0,35\text{--}0,4\text{ МПа}$) и доза рабочего раствора пенообразователя. Образующаяся в пеногенераторе пена по гибкому шлангу поступает в смеситель, где перемешивается со смесью $90\text{--}150\text{ с}$. Затем поризованная пеной смесь выливается в форму, где происходит ее последующее вспучивание на заданную высоту.

Для получения пены используются пенообразователи, устойчивые в известково-цементной смеси с температурой $40\text{--}60^\circ\text{C}$. При выполнении лабораторных исследований и производственных испытаний применены пенообразователи «Пеностром», «АРЕКОМ», «ТЭАС». Пену готовили из рабочего раствора пенообразователя концентрацией $3\text{--}4,5\%$, в пеногенератор раствор подается центробежным насосом при давлении $0,15\text{--}0,2\text{ МПа}$. Производительность пеногенератора, кратность образующейся пены, расход рабочего раствора пенообразователя регулируются с помощью запорной арматуры и контрольных приборов, путем изменения давления и расхода сжатого воздуха.

Расход пены, ее кратность и продолжительность перемешивания принимаются с учетом плотности бетона,

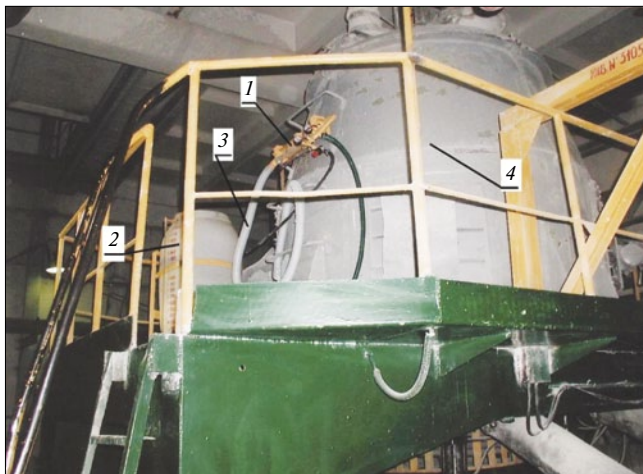


Рис. 4. Испытания газопенной технологии в заводских условиях: 1 – пеногенератор; 2 – емкость раствора пенообразователя; 3 – шланг подачи пены; 4 – смеситель СМС-40Б

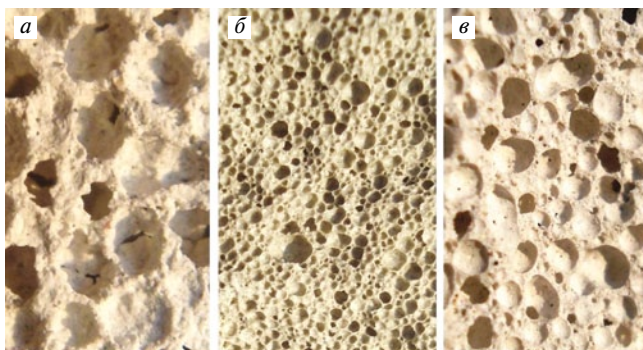


Рис. 5. Структура ячеистого бетона, полученного с использованием разных способов поризации: а – газобетон; б – пенобетон; в – газопенобетон

свойств цемента и извести, влияния пены на технологические показатели смеси и массива. На начальной стадии производственных испытаний технологичность процесса оценивается по сохранению объема пены при перемешивании и формовании, по отсутствию выхлопов газа и осадки смеси, изменению продолжительности выдержки массивов до резки на изделия. Устойчивость пены в сырьевой смеси при перемешивании определяется по увеличению объема смеси, вылитой в форму (начальная высота смеси в форме). Объем вводимой в смесь пены может составлять от 20–25 до 35–40% от общей поризации и зависит от свойств пенообразователя, вяжущих материалов и конкретных условий производства.

Производственная проверка разработанной технологии приготовления сырьевой смеси выполнена на Обуховском заводе пористых изделий (Киевская обл.). Пену кратностью 30–35 единиц готовили в пеногенераторе аэродинамического действия (рис. 3), установленном непосредственно на корпусе смесителя СМС-40Б (рис. 4). Выпущена партия ячеистого бетона плотностью 550–620 кг/м³ в объеме 25 м³. Технические показатели полученного бетона на 15–20% выше, чем по традиционной технологии. Структура ячеистого бетона, полученного с помощью разных способов поризации, показана на рис. 5.

Выполненные промышленные испытания подтвердили возможность совмещения двух способов поризации в один технологический процесс приготовления ячеисто-бетонной смеси, улучшения технологических показателей сырьевой смеси и повышения эксплуатационных показателей бетона.

Разработанные режимы приготовления сырьевой смеси с применением газопенной и пеногазовой поризации в технологии ячеистого бетона автоклавного и неавтоклавного твердения защищены патентами Украины: «Способ приготовления ячеистобетонной смеси № 59552А», «Способ приготовления пенобетонной смеси № 12608», «Способ получения ячеистобетонной смеси № 16821», «Способ приготовления ячеисто-бетонной смеси для получения газопенобетона автоклавного твердения № 85758».

По результатам лабораторных исследований и производственных испытаний подготовлены рекомендации по применению газопенной поризации смеси в производстве изделий из ячеистого бетона автоклавного и неавтоклавного твердения.

Ключевые слова: ячеистый бетон, пенообразователь, газопенобетон.

Список литературы

1. *Кривицкий М.Я., Волосов Н.С.* Заводское изготовление изделий из пенобетона и пеносиликата. М.: Стройиздат, 1958. 159 с.
2. *Горайнов К.Э.* Газозолобетон и газозолосиликат. М.: МДНТП им. Ф.Э. Дзержинского, 1959, 32 с.
3. *Горайнов К.Э. и др.* Крупные газобетонные стеновые блоки. Л.: Госстройиздат, Ленингр.отделение, 1959. 104 с.
4. *Земцов Д.Г., Меркин А.П. и др.* Технология производства изделий из ячеистых бетонов в СССР и за рубежом. Обзор. ЦНИИТЭСТРОМ МПСМ СССР, 1966.
5. Autoclaved aerated concrete (AAC)– the story of a low-weight material / Bo G. Hellers, Bo R. Schmidt // 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete «Securing a sustainable future» to be held at

- Bydgoszcz to celebrate 60 years of AAC experience in Poland. Pp. 63–68.
6. *Шахова Л.Д., Балясников В.В.* Пенообразователи для ячеистых бетонов. Белгород, 2002. 147 с.
7. *Мариуц С.* О теплой и надежной крыше // Будмайстер. 2005. № 17. С. 28–29.
8. *Мартыненко В.А.* Основные требования к свойствам пенообразователей для производства пенобетона раздельным способом // Строительные материалы и изделия. 2001. № 3. С. 32–34.
9. *Большаков В.И., Мартыненко В.А.* Технологические аспекты развития производства мелкоштучных блоков из ячеистого бетона неавтоклавного твердения // Вісник ПДАБА. 2001. № 11. С. 6–12.
10. *Удачкин И.Б. и др.* Новый способ получения ячеистого бетона. // Промышленность автоклавных материалов и местных вяжущих. 1983. Сер. 8. Вып. 6. С. 36–37.
11. *Ковальчук Ю.Г., Купченко О.О.* Баротехнология: Развитие и перспективы // Строительные материалы и изделия. 2005. № 3. С. 15–18.
12. *Удачкин И.Б.* Новая технология безавтоклавного пенобетона для жилищного строительства // Строительные материалы и изделия. 2001. № 1. С. 6–8.
13. *Удачкин И.Б. и др.* Турбулентная технология пенобетона. // Строительные материалы и изделия. 2005. № 2. С. 12–15.
14. *Мирецкий Ю.И.* Предварительная поризация растворной массы при изготовлении газобетона. В кн.: Материалы 4-й конференции по ячеистым бетонам. Пенза, 1969. С. 459–464.
15. *Меркин А.П. и др.* Предварительная поризация массы в технологии теплоизоляционных материалов. В кн.: Ячеистые бетоны. Вып. 1. Л.: ЛЕНЗНИИЭП, 1968. С. 74–85.
16. *Таубе П.Р.* Некоторые особенности технологии ячеистых бетонов в связи с применением поверхностно-активных веществ. В кн.: Материалы третьей конференции по ячеистым бетонам. Саратов – Пенза: Приволжское книжное издательство, 1969. С. 5–9.
17. *Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А.* Технология теплоизоляционных материалов. М.: Стройиздат, 1980. 399 с.
18. *Меркин А.П., Кобидзе Г.Е.* Особенности структуры и основы технологии получения эффективных пенобетонных материалов // Строительные материалы. 1988. № 2. С. 16–18.
19. *Меркин А.П., Зейфман М.И., Филатов А.Н.* Трехстадийная поризация ячеисто-бетонной смеси в производстве теплоизоляционного ячеистого бетона // Реферативная информация ВНИИЭСМ МПСМ СССР. Сер. Промышленность автоклавных материалов и местных вяжущих. Вып. 4. С. 15–17.
20. *Меркин А.П. и др.* Теплоизоляционный ячеистый бетон для облегченных строительных конструкций // Строительные материалы. 1979. № 11. С. 14–16.
21. *Меркин А.П., Филатов А.Н.* Принципы формирования ячеистой структуры суперлегких строительных материалов // Бетон и железобетон. 1985. № 5. С. 20–21.
22. *Филатов А.Н., Филатова Р.П.* Опыт производства плит «Силакпор» на Белгород-Днестровском экспериментальном заводе ячеистых бетонов и изделий // Сборник трудов ВНИИтеплоизоляция. Вильнюс: 1977. С. 37–40.
23. *Троцко Т.Т., Филатов А.Н., Новацкая Л.А.* Оработка технологии производства несущих конструкций из ячеистого бетона для жилых домов серии 126 на Белгород-Днестровском ЭЗЯБиИ. – Реф. инф. ВНИИЭСМ. Пром. автоклавных и местных вяжущих, 1980. Вып. 7. С. 11–13.

Е.В. ЛУКАШ, канд. техн. наук, М.И. КУЗЬМЕНКОВ, д-р техн. наук,
Белорусский государственный технологический университет (Минск)

Неавтоклавный пенобетон на основе магнезиального цемента

Постоянный рост стоимости энергоносителей обуславливает необходимость расширения производства менее энергоемких строительных материалов, в том числе теплоизоляционных. Наибольшее распространение в строительном комплексе республики в качестве последних получили газосиликатные блоки. Однако в ряде стран объемы производства неавтоклавных пенобетонов ежегодно увеличиваются. Это объясняется их сравнительно простой технологией, меньшими затратами энергии по сравнению с процессами получения других ячеистых бетонов и бетонов на пористых заполнителях. Кроме того, усовершенствованная технология получения неавтоклавных пенобетонов позволяет получать материалы со свойствами, не уступающими газобетону. Таким материалом является пенобетон плотностью 150–200 кг/м³ с прочностью на сжатие около 2 МПа, теплопроводностью 0,055–0,065 Вт/(м·°С), который производит ОДО «ОршаСтройБетон» (РБ, г. Орша).

Оценивая высокие показатели блоков из газосиликатного бетона (небольшая объемная масса 200–500 кг/м³, высокая прочность на сжатие 0,5–2,5 МПа, низкая теплопроводность 0,08–0,11 Вт/(м·°С), малая усадка при высыхании – не более 0,5 мм/м), следует отметить их существенный недостаток – высокую энергоемкость производства за счет автоклавной обработки, энергозатраты на которую составляют 18–22 кВт/ч, в то время как для получения неавтоклавного пенобетона – 6–7 кВт/ч [1].

Дальнейшее снижение энергозатрат может быть достигнуто за счет применения менее энергоемкого магнезиального цемента, производство которого планируется осуществлять из доломита месторождения Руба (РБ, г. п. Руба, Витебская обл.) на ЗАО «Инома». Предварительные расчеты тепловых затрат показали, что на получение магнезиального цемента из доломита расход условного топлива на 1 т каустического доломита составит не более 100 кг усл. топлива, что значительно ниже по сравнению с затратами на получение цементного клинкера (190–210 кг усл. топлива) и извести (290–310 кг усл. топлива).

В настоящее время неавтоклавные пенобетоны в основном получают на основе портландцемента, поэтому нами решались прежде всего две задачи:

- снижение энергозатрат за счет применения менее энергоемкой технологии получения магнезиального цемента;
- повышение основных физико-механических свойств неавтоклавного пенобетона, максимально приближенных к свойствам автоклавного газобетона.

Известно, что выбор пенообразователя, играющего важную роль на начальном этапе формирования бетона, обуславливает как технологию производства пенобетона, так и технические и эксплуатационные характеристики получаемой продукции [2, 3]. До настоящего времени нет универсального подхода к оценке эффективности того или иного пенообразователя, отсутствуют научно обоснованные методы определения оптимального количества пенообразователя и жидкотвердого отношения (Ж/Т отношение) исходной пенобетонной

смеси, поэтому исследование различных пенообразователей является одним из важнейших этапов создания качественных теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных материалов [4].

Для подбора оптимального состава пенобетона выходными параметрами служили средняя плотность и прочность на сжатие возрасте в 14 сут.

Для исследований использовали каустический доломит, который получали по режиму [5]. В качестве пенообразователей использовали наиболее распространенные в технологии получения пенобетона на основе портландцемента синтетические ПБ-2000, Унипор, Пионер, Пеностром. Рабочий раствор пены получали смешиванием концентрата пенообразователя с водой. Затворителем каустического доломита служил раствор сульфата магния плотностью 1290±10 кг/м³ и температурой 20±2°С. Количество пенообразователей варьировали от 0,1 до 4% от массы каустического доломита при постоянном жидкотвердом отношении 0,45. Частота вращения вала мешалки составляла 800±10 (Re_м~92000) об/мин, время перемешивания пенобетонной смеси 60±5 с.

Пенобетон получали по следующей методике. Сухую смесь каустического доломита и наполнителя смешивали в лабораторной планетарной мельнице Reatsch PM 100 в течение 50±10 с. Суспензию магнезиального вяжущего с песчаной добавкой получали введением в сухую смесь раствора затворителя. Перемешивание суспензии проводили до получения однородной смеси. Пенобетонную смесь заливали в разъемные металлические формы размером (70×70×70) мм, внутренние поверхности которых смазывали трансформаторным маслом. Лабораторные образцы выдерживали в формах в течение 24–48 ч, после чего проводили распалубку. Окончательное твердение изделий проходило на воздухе при комнатной температуре.

На рис. 1 представлено влияние количества пенообразователя на объемную массу пенобетона.

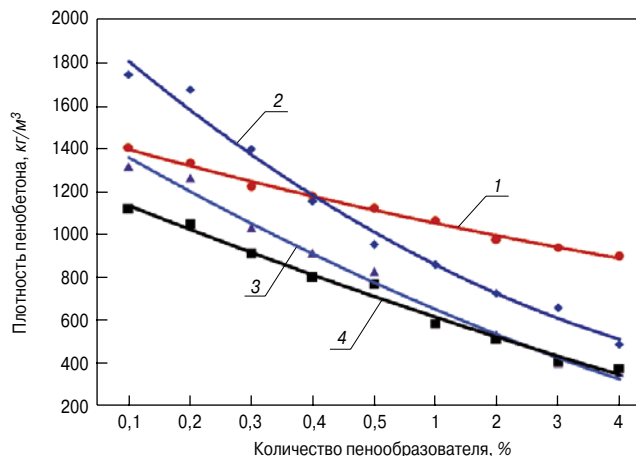


Рис. 1. Влияние количества пенообразователя на плотность пенобетона: 1 – Унипор; 2 – Пионер; 3 – Пеностром; 4 – ПБ-2000

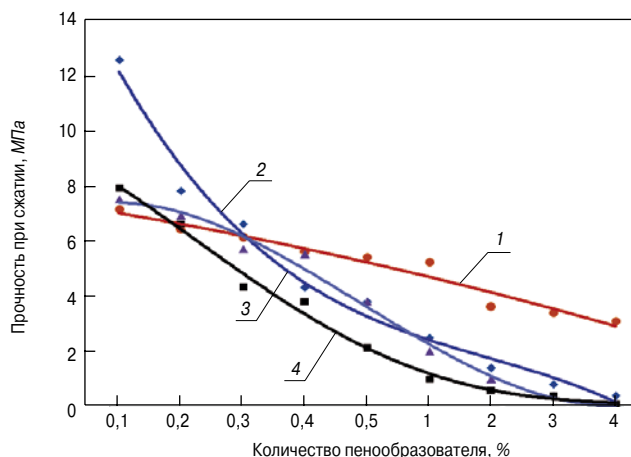


Рис. 2. Зависимость прочности пенобетона от количества вводимого пенообразователя: 1 – Унипор; 2 – Пионер; 3 – Пеностром; 4 – ПБ-2000

Из рис. 1 следует, что объемная масса пенобетона зависит прежде всего от количества вводимого пенообразователя и в меньшей степени от его вида. При добавлении пенообразователей в количестве 2–4% можно получить пенобетон плотностью 500 кг/м³ и менее, причем при использовании пенообразователя Унипор данных значений не удается достичь даже при его содержании 4%. При этом получены образцы пенобетона с достаточно низкими прочностными показателями и трещиноватой поверхностью.

Как известно, кроме объемной массы важным показателем качества пенобетона являются его прочностные свойства (рис. 2).

При плотности пенобетона 500–600 кг/м³ наиболее высокой прочностью (0,5–2 МПа) обладают образцы, полученные с использованием пенообразователей ПБ-2000 и Пеностром. Однако даже лучшие образцы пенобетона не показывают прочность, сопоставимую с прочностью автоклавных газобетонов (по ГОСТ 25485–89 для газобетона марки D500 – не менее 1 МПа, для марки D600 – не менее 2 МПа).

Пенобетон на основе пенообразователей Пионер и Унипор характеризуется неоднородностью порового пространства, укрупнением пор (более 3 мм), образованием сообщающихся каналов, что приводит к деградации цементной системы и уменьшению прочности конечного продукта.

Наилучшие результаты получены с использованием пенообразователя Пеностром.

Известно, что пенообразующие вещества отрицательно влияют на процессы схватывания и твердения вяжущего вследствие образования плотной пленки ПАВ на поверхности зерен гидратирующегося цемента, препятствующей твердению.

Одним из направлений улучшения прочностных показателей бетона является применение пластифицирующих добавок. Так, в технологии пенобетонов на основе портландцемента широко применяют пластифицирующие добавки, в частности гиперпластификаторы, которые дают хороший пластифицирующий эффект, но в то же время негативно влияют на темп набора прочности.

В работе [6] высказано предположение относительно характера адсорбции ПАВ на поверхности цементных частиц. Хотя слой ПАВ носит не регулярный характер, а сетчатый, тем не менее он представляет собой препятствие на пути нуклеофильной атаки раствора затворителя на твердую цементную частицу. Исходя из этого эффективным способом устранения указанного негативного явления может служить ликвидация данного препятствия, т. е. полное или частичное уда-

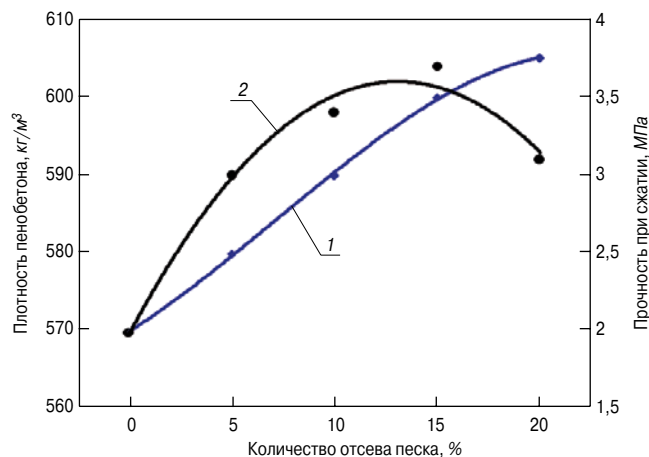


Рис. 3. Влияние количества отсева песка на свойства пенобетона: 1 – плотность; 2 – прочность

ление с поверхности твердых частиц адсорбированного слоя ПАВ.

Эта задача может быть решена за счет введения в состав магнезиального цемента различных тонкодисперсных добавок.

В качестве добавок для неавтоклавного пенобетона на основе портландцемента наибольшее распространение получили микрокремнезем и зола-уноса. Сведения относительно их использования в составе пенобетона на основе магнезиального цемента немногочисленны.

Для проведения эксперимента был использован отсев строительного песка (остаток на сите с сеткой № 008 менее 10%), образующийся при производстве сухих строительных смесей на ЗАО «Ирмаст» (РБ, г. Жодино), и зола-уноса Дорогобужской ТЭЦ (остаток на сите с сеткой № 008 менее 30%), содержание которых варьировали в пределах 5–20% от массы вяжущего. Результаты исследований представлены на рис. 3–4.

Выбор в качестве добавки отсева песка был продиктован не только тем, что он будет обеспечивать абразивную роль, но и стабилизацию пенобетонной смеси за счет присутствия в его составе глинистых минералов, подобно тому как бентонит стабилизирует суспензированные минеральные удобрения, а также буровые растворы.

Из рис. 3 видно, что увеличение содержания отсева песка с 5 до 15% приводит к незначительному повышению плотности пенобетона (с 570 до 600 кг/м³), однако при этом прочность при сжатии возрастает на 40% по сравнению с контрольным образцом (пенобетон без добавок). Вероятно, тонкодисперсные частицы песка, выполняя роль абразива, будут частично устранять адсорбированный на поверхности частиц цемента слой ПАВ и тем самым способствовать ускорению сроков схватывания и твердения пенобетона. Кроме того, известно [7, 8], что тонкодисперсные наполнители могут выступать в качестве стабилизаторов пены, адсорбируясь на ее поверхности и создавая плотный припленочный слой, что препятствует ее разрушению.

Добавление отсева песка в количестве 20% и более приводит к некоторому снижению прочностных показателей пенобетона. Это может быть связано с налипанием дисперсного отсева песка на частицы MgO и CaCO₃, что, в свою очередь, приведет к замедлению процесса твердения вяжущего.

Из рис. 4 видно, что использование золы-уноса в качестве кремнеземистого компонента в количестве 15–20% позволяет получить пенобетон плотностью 510–530 кг/м³, однако его прочностные показатели снижаются с 2 до 1,1–1,6 МПа, при этом оставаясь на уровне нормируемых показателей прочности на сжатие

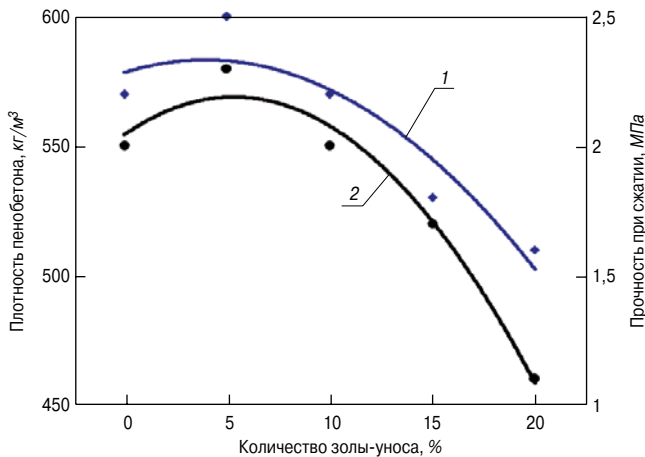


Рис. 4. Зависимость свойств пенобетона от количества золы-уноса: 1 – плотность; 2 – прочность

автоклавного газобетона марки D500 по ГОСТ 25485–89 (класс по прочности В1–В1,5). Введение золы-уноса в количестве более 25% приводит к растрескиванию и разрушению образцов.

Добавление отсева песка и золы-уноса в количестве 10–15% способствует образованию сферических пор размером 100–250 мкм, что, очевидно, положительно сказывается на его прочности. Кроме того, авторами [9] отмечается, что сферическая форма пор снижает концентрацию напряжений вокруг них от внешней нагрузки, что приводит к росту прочности пенобетона.

Оптимальным следует считать использование отсева песка в количестве 10–15% от массы вяжущего, поскольку это обеспечивает получение пенобетона плотностью 590–600 кг/м³ и прочностью на сжатие 3,4–3,7 МПа, что на 40% выше по сравнению с контрольным образцом и на 30% превышает нормируемые показатели физико-технических свойств автоклавных газобетонов по ГОСТ 25485–89 (автоклавный газобетон марки D600 должен соответствовать классу по прочности на сжатие В1–В2,5, неавтоклавный бетон марки D600 – В1–В1,5). Использование золы-уноса в количестве 15–20% позволяет получить пенобетон марки D500 с прочностными показателями, не уступающими автоклавному ячеистому бетону.

Медленный темп набора прочности пенобетона, как отмечалось ранее, связан с негативным влиянием пенообразователя, который блокирует процесс гидратации цемента и замедляет твердение. Использование в качестве добавки отсева песка приводит к увеличению прочностных показателей пенобетона в ранние сроки твердения (1–2 сут) в два раза, причем прирост прочности практически прекращается в возрасте 28 сут и составляет 3,5–4 МПа (рис. 5).

При введении в состав пенобетона отсева песка время достижения распалубочной прочности сокращается почти в два раза и через сутки твердения прочность достигает 0,2–0,3 МПа, что позволяет ускорить оборачиваемость форм, а вместе с этим и производительность технологической линии.

Таким образом, установлена возможность получения неавтоклавного пенобетона на основе магнезиального цемента, не уступающего по своим основным физико-механическим свойствам газосиликатным блокам.

Выявлена эффективность введения в состав пенобетона отсева песка, которая проявляется в улучшении стабильности пенобетонной смеси и повышении прочности пенобетона. Показано, что пенообразователь, адсорбируясь на поверхности частиц каустического доломита, препятствует нуклеофильной атаке затворителя, что приводит к замедлению процессов схватывания

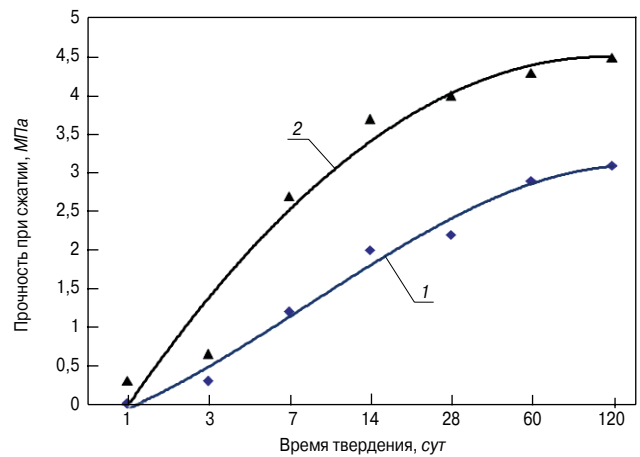


Рис. 5. Темп набора прочности пенобетона: 1 – контрольный образец; 2 – образец с добавкой отсева песка

и твердения вяжущего. Предложен способ предотвращения негативного влияния пленки пенообразователя, сорбированной на поверхности цементной частицы, препятствующей нуклеофильной атаке затворителя, суть которого состоит во введении в состав пенобетона тонкодисперсной фракции строительного песка, обеспечивающего устранение диффузионных торможений на пути проникновения раствора затворителя за счет частичного удаления пленки пенообразователя с поверхности цементной частицы.

Ключевые слова: неавтоклавный пенобетон, магнезиальный цемент, газобетон, пенообразователи.

Список литературы

1. Сажнев Н.П. и др. Производство ячеисто-бетонных изделий: теория и практика. 3-е изд., доп. и перераб. Минск: Стринко, 2010. 464 с.
2. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их применения и разрушения. М.: Химия, 1983. 264 с.
3. Шахова Л.Д. Роль пенообразователей в технологии пенобетонов // Строительные материалы. 2007. № 4. С. 16–19.
4. Иванов И.А., Жмыхов В.М. Оценка свойств синтетических пенообразователей для пенобетона // Строительные материалы. 2007. № 7. С. 33–34.
5. Кузьменков М.И., Марчик Е.В., Стародубенко Н.Г. Магнезиальный цемент из местного сырья. Концептуальные аспекты проблемы // Труды БГТУ. Сер. III. Химия и технология неорган. 2007. Вып. XV. С. 51–53.
6. Юхневский П.И., Зеленковский В.М. Квантово-химические расчеты свойств молекул пластифицирующих добавок С-3 и ЛСТ в зависимости от степени поликонденсации // Проблемы современного бетона и железобетона: Сб. трудов II Международного симпозиума. Минск. 21–23 окт. 2009 г.: В 2 т. РУП «Институт БелНИИС». Минск, 2009. Т. II. С. 439–447.
7. Ружинский С.А. и др. Все о пенобетоне. 2-е изд. СПб: ООО «Строй-бетон», 2006. 630 с.
8. Торпищев Ш.К., Торпищев Ф.Ш. О некоторых направлениях повышения эффективности неавтоклавных пенобетонов // Бетон и железобетон – пути развития: науч. труды 2-й Всероссийской конф. по бетону и железобетону. Секция «Технология бетона». М.: Дипак, 2005: В 5 т. Т. 5. С. 155–164.
9. Моргунов В.Н. Влияние формы компонентов на интенсивность межчастичных взаимодействий в пенобетонных смесях // Строительные материалы. 2007. № 4. С. 29–31.

В.И. МЕЛЕХОВ, д-р техн. наук, Архангельский государственный технический университет;
В.Е. БЫЗОВ, канд. техн. наук, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет

Макроструктура сердцевинных конструкционных пиломатериалов больших сечений

Конструкционные пиломатериалы находят широкое применение при изготовлении элементов несущих строительных конструкций. В строительстве применяют в основном конструкционные пиломатериалы больших сечений, макроструктура которых максимально повторяет структуру ствола растущего дерева.

Строение древесины в стволе растущего дерева благодаря кольцевому сечению его годовичных слоев способствует повышению ее стойкости к действию ветровой нагрузки. Кроме того, прочность повышается из-за слоистого строения древесины, то есть чередования в годовичном слое ранней и поздней древесины, создающего возможность дополнительного прогиба. Дополнительный прогиб создается за счет сдвига по слабым слоям ранней древесины при действии на ствол поперечной силы. Увеличение прогиба приводит к снижению изгибающего момента, в частности от ветровой нагрузки. Очень важно, чтобы в пиломатериалах сохранилось максимальное количество непрерывных годовичных слоев. Таким образом, макроструктура конструкционных пиломатериалов может быть представлена структурой цилиндрических оболочек. Для уточнения количественных и качественных оценок строения древесины и прочностных характеристик представляет интерес постановка задачи исследования, рассматривающей структуру древесины на макроуровне как замкнутую систему цилиндрических оболочек.

Основным напряженно-деформированным состоянием, которое испытывают элементы несущих конструкций, является поперечный изгиб. В подавляющем большинстве случаев у поперечного сечения пиломатериалов имеются широкая сторона, называемая пластью, и узкая – кромка. В целях увеличения сопротивления воздействию нагрузок элементы в конструкциях располагают таким образом, чтобы они испытывали напряженно-деформированное состояние изгиба нагружением на кромку. Требования к пиломатериалам для изготовления несущих строительных конструкций регламентируют СНиП II-25-80 «Деревянные конструкции». Прочность пиломатериалов для основных видов напряженного состояния должна быть не ниже нормативных сопротивлений, указанных в СНиПе. Так как основным материалом для изготовления элементов несущих конструкций является древесина хвойных пород, качество пиломатериалов должно соответствовать требованиям, предъявляемым к пиломатериалам 1-го, 2-го и 3-го сортов в соответствии с ГОСТ 8486 «Пиломатериалы хвойных пород. Технические условия». Показателем прочности, который определяет остальные нормативы, традиционно считается прочность при напряженно-деформированном состоянии изгиба нагружением кромки. СНиП II-25-80 устанавливает

градиацию нормативов прочности для 1-го, 2-го и 3-го сортов по ГОСТ 8486.

Круглый сортимент конструкционных пиломатериалов можно схематично представить как систему коаксиально нанизанных друг на друга тонкостенных оболочек, моделирующих годовичные слои древесины [1]. Сердцевина располагается в центральной части поперечного сечения сортимента. Конструкционные пиломатериалы больших сечений, получаемые из круглых сортиментов, в наибольшей степени сохраняют кольцевую структуру годовичных слоев древесины (рис. 1).

Оболочкой в теории упругости называют твердое тело, ограниченное двумя криволинейными плоскостями, расстояние между которыми мало по сравнению с двумя другими размерами. Поверхность, делящая пополам толщину оболочки, называется срединной. В зависимости от очертания срединной поверхности различают оболочки различных форм. Оболочка, у которой поверхность образует поверхность вращения в виде цилиндра, называется цилиндрической.

Для определения напряжений, возникающих в годовичном слое древесины конструкционных пиломатериалов, авторами рассмотрено напряженно-деформированное состояние изгиба тонкой цилиндрической оболочки – модели годовичного слоя древесины. Была

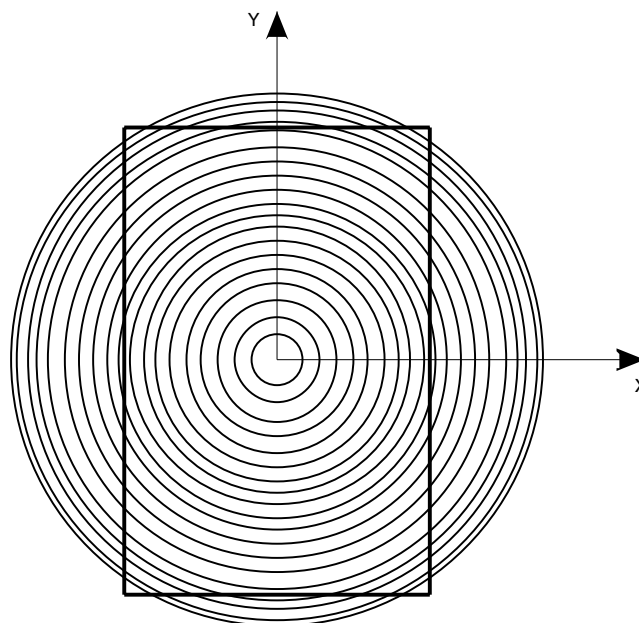


Рис. 1. Схема расположения годовичных колец в конструкционных пиломатериалах больших сечений

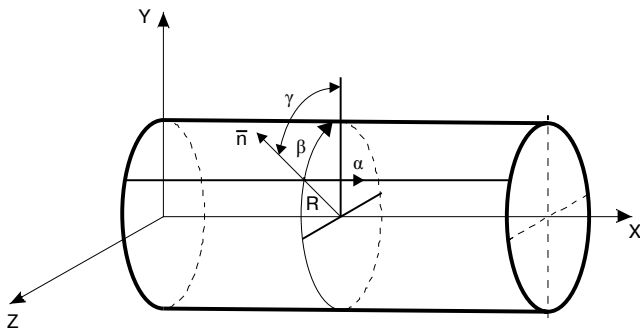


Рис. 2. Цилиндрическая система координат

применена система уравнений, описывающих напряженно-деформированное состояние тонкой цилиндрической оболочки в цилиндрической системе координат [2]. Принято, что нагрузка равномерно распределена относительно оси симметрии оболочки. Для получения системы уравнений были рассчитаны коэффициенты Ламе. Для этого воспользовались формулами перехода от цилиндрической к декартовой системе координат (рис. 2).

В этом случае $x=\alpha$; $y=R \cdot \cos \beta$; $z=R \cdot \sin \beta$. После преобразований получаем $h_1=1$; $h_2=R$. В нашем случае первый главный радиус кривизны прямой $R_1=\infty$, а второй главный радиус кривизны совпадает с радиусом цилиндра $R_2=R$. Для расчета используем системы уравнений, описывающих напряженно-деформированное состояние в тонкой нецилиндрической оболочке.

Если выделить четыре плоскостями, нормальными по отношению к срединной поверхности, бесконечно малый элемент оболочки, то по граням элемента будут действовать напряжения, характеризующие воздействие отброшенной части оболочки на выделенный элемент. Определяем координатную поверхность, для которой устанавливаем криволинейную систему координат α, β . Рассматривая положение координатной поверхности, можно заметить, что уравнения равновесия будут иметь вид:

$$\frac{dN_1}{dx} + q_1 = 0; \tag{1}$$

$$\frac{dT_{1,2}}{dx} + \frac{Q_2}{R} + q_2 = 0; \tag{2}$$

$$\frac{dQ_1}{dx} - \frac{N_2}{R} + q_n = 0; \tag{3}$$

$$\frac{dH}{dx} = Q_2; \frac{dM_1}{dx} = Q_1, \tag{4}$$

где $N_1, N_2, T_{1,2}$ – погонные внутренние усилия относительно координатной поверхности; Q_1, Q_2 – перерезывающие силы, создаваемые касательными напряжениями; q_1, q_2, q_n – поверхностные нагрузки, действующие на оболочку; R – главный радиус кривизны; $M_1, H=M_{1,2}$ – внутренние моменты, действующие относительно координатной поверхности.

$$H = G \cdot \left(\frac{\delta^3}{3} \right) \cdot k_{1,2},$$

где G – модуль сдвига; δ – толщина оболочки; $k_{1,2}$ – изменение кривизны в плоскости, касательной к линиям α, β .

После проведенных преобразований и объединения уравнений (3) и (4), учитывая, что толщина оболочки δ величина постоянная, получаем выражение:

$$\frac{d^4 w}{dx^4} + \frac{E \cdot \delta}{R^2 \cdot D} \cdot w = \left(q_n - \frac{\mu \cdot N_1}{R} \right) \cdot \frac{1}{D}, \tag{5}$$

где w – перемещение точки тела в направлении оси Z ; x – координата точки тела по оси X ; E – модуль упругости; μ – коэффициент Пуассона; D – диаметр срединного слоя оболочки.

Приняли $4\alpha^4 = \frac{E \cdot \delta}{R^2 \cdot D} = \frac{12 \cdot (1-\mu^2)}{R^2 \cdot \delta^2}$, где $\alpha = \sqrt[4]{\frac{3 \cdot (1-\mu^2)}{R^2 \cdot \delta^2}}$.

Запишем решение уравнения (5) в виде $w=w_0+w_r$, где w_0 – общее решение однородного дифференциального уравнения; w_r – частное решение неоднородного дифференциального уравнения.

Выражение для изгибающего момента M_1 можно записать:

$$M_1 = -D \cdot \frac{d^2 w}{dx^2} = -D \cdot (w_0'' + w_r'').$$

Это уравнение показывает, что внешняя нагрузка может создавать изгибающие напряжения. Обозначим правую часть уравнения (5) как $T(x)$.

Квадратичная зависимость для правой части уравнения (5), так же как и правая его часть, выглядит:

$$T(x) = A + Bx + Cx^2; w_r = a + bx + cx^2.$$

В этом случае $w_r' = b + 2cx$; $w_r'' = 2c$; $M_{1r} = -2cD$, т. е. внешняя нагрузка создает изгибающий момент, если характер изменения ее таков, что вторая производная от частного решения неоднородного дифференциального уравнения (5) не равна нулю.

Решая уравнение (5), определяем величину перемещения точки цилиндрической оболочки в направлении оси z . Если известны значения входящих в это уравнение величин, то возможно теоретически прогнозировать это перемещение. В противном случае, экспериментально определив перемещение, практически возможно определить значения некоторых входящих в это уравнение величин.

Изложенные выше положения позволяют использовать их при проведении исследований поведения образцов конструкционных пиломатериалов больших сечений под действием различных видов нагрузок, а также для выполнения расчетов выполненных из них конструкций.

Следовательно конструкционные пиломатериалы больших сечений с сердцевинными включениями в большей части своего объема могут быть представлены как система коаксиально нанизанных друг на друга тонкостенных оболочек.

Впервые для исследования прочностных характеристик конструкционных пиломатериалов применены положения теории упругости тонкостенной цилиндрической оболочки как модели годичного слоя древесины.

Ключевые слова: конструкционные пиломатериалы; тонкостенные цилиндрические оболочки; годичные слои древесины.

Список литературы

1. Мелехов В.И., Бызов В.Е. Влияние сердцевинных включений на прочностные характеристики конструкционных пиломатериалов // Строительные материалы. 2010. № 12. С. 80–81.
2. Погорелов В.И. Строительная механика тонкостенных конструкций. СПб. БХВ-Петербург, 2007. 518 с.

С.И. ВОЗНЫЙ, В.К. КРЫЛОВ, кандидаты техн. наук, ЗАО «ТЕХНОПЛАСТ» (Москва);
С.М. ЕВТЕЕВА, канд. техн. наук, А.А. АРТЕМЕНКО, д-р техн. наук,
Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.

Рецептуры термопласта для дорожной разметки

В качестве основы связующих современных термопластов для дорожной разметки используются [1]: синтетические смолы, получаемые полимеризацией непредельных C₅–C₉ углеводородов (углеводородные смолы), или эфиры канифоли. Для обеспечения морозостойкости в их состав вводят пластификаторы – минеральные масла или эфиры двухосновных органических кислот (адипиновой, себаценовой, фталевой). Однако пластификаторы снижают температуру размягчения смолы до уровня 50–70°C, тем самым создавая условия для загрязнения, поскольку пластифицированная смола образует эластичную и липкую на ощупь пленку [2–4].

В табл. 1 показано влияние добавок на характеристики связующих для термопластов.

С целью обеспечения прочности и эластичности термопласта при низкой температуре в состав связующих вводили полимерные добавки – сополимеры этилена с винилацетатом (сэвилен или EVA) и блок сополимеров стирола с изопреном (SIS).

Однако они мало влияют на температуру размягчения, а пленки с их добавками остаются эластичными и такими же липкими (табл. 2).

Для устранения липкости в качестве модифицирующих добавок наиболее эффективными являются композиции с добавлением восков, характеристики которых приведены в табл. 2.

Анализ свойств образцов термопластов, модифицированных добавками (в количестве 2%) различных восков, показал, что наилучшие результаты с точки зрения достижения наивысших прочностных характеристик дорожной разметки получают при добавлении восков марок Fa-1 и BS-100 (рис. 1).

Введение восков устраняет эффект липкости пленок связующих (рис. 2). При этом воски повышают одновременно и температуру размягчения связующих, что способствует снижению способности к загрязнению термопласта при повышенной температуре дорожного покрытия (рис. 3).

Установлено, что воски, особенно полярные, в процессе охлаждения расплава термопласта мигрируют в его поверхностные слои.

Поэтому поверхность термопласта теряет липкость, а его нижняя сторона, из которой воск мигрирует вверх, сохраняет достаточную адгезию к асфальтобетону.

Показатели адгезии определяли по усилию отрыва термопласта, нанесенного на поверхность образцов асфальтобетона с различными параметрами шероховатости и эксплуатационным состоянием (рис. 4).

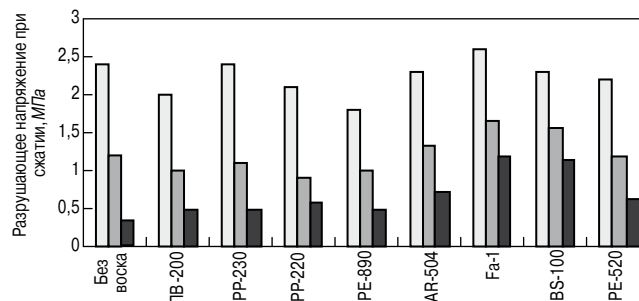


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии от марки воска, введенного в количестве 2% в термопласт, при: □ – -10°C; ■ – 0°C; ■ – +20°C

Таблица 1

Наименование добавки	Наблюдаемый эффект
Пластификаторы	Образуются прозрачные и липкие пленки, так как снижается T _{разм} смол до 50–60°C
Пластификатор+сэвилен	Пленки эластичные, липкие. T _{разм} не изменяется
Пластификатор+SIS	Пленки эластичные, липкие. T _{разм} повышается примерно на 10°C
Пластификатор+сэвилен+SIS	Характеристики пленок не изменяются
Пластификатор+сэвилен+SIS+полиэтиленовые воски	Пленки остаются эластичными, липкость исчезает. T _{разм} поднимается на 25–30°C
Пластификатор+сэвилен+SIS+полипропиленовые воски	Пленки эластичные, липкость отсутствует. T _{разм} поднимается на 30–35°C
Пластификатор+сэвилен+SIS+амидные воски	Пленки эластичные, липкость отсутствует. T _{разм} повышается на 30–40°C

Таблица 2

Марка добавки	Химическая основа	T _{пл} , °C	Кислотное число, к. ч., мг. КОН/г	Плотность, ρ, г/см ³
ПВ-200	Полиэтиленовый, неполярный	106	0	0,9
Fa-1	Амидный воск, полярный	141	6	1
BS-100	Амидный воск, полярный	141	8	1
PP-230	Полипропиленовый воск, неполярный	160	0	0,88
PE-520	Полиэтиленовый, неполярный	118	0	0,93
AR-504	Полипропиленовый воск, полярный	155	50	0,92
PE-890	Сополимер ПЭ с винилэтилацетатом	97	0	0,94

Таблица 3

Содержание воска Fa-1, %	Содержание сэвилена, %	Уровень обжатия, %
0	1	63
0,5	1	40
1	1	15-20
1,5	1	0
2	1	0
1,4	0	5-10

Таблица 4

Показатели	T=200°C	T=180°C
Скорость течения расплава, г/с	4,9	2,7-3
Белизна, %	78	79-83

Установлено, что прочность при отрыве термопласта стабильно выше в случае нанесения разметки на асфальтобетон, находящийся в эксплуатационном состоянии Б (см. рис. 4).

Это позволяет сделать вывод, что прочность соединения термопласт – асфальтобетон обеспечивается также за счет проникновения расплава термопласта в поры и микротрещины минеральных наполнителей.

Введение амидного воска Fa-1 в состав термопласта вместо традиционного полиэтиленового воска ПВ-200 помимо снижения липкости поверхности и повышения температуры размягчения позволяет также повысить скорость течения расплава (рис. 5).

С учетом высокой стоимости воска Fa-1 (135 тыс. р./т), применяемого взамен воска ПВ-200 (65 тыс. р./т), экономически допустимой концентрацией его в составе термопласта можно считать уровень 1%. Однако для повышения характеристик термопласта количество воска Fa-1 желательно увеличить сверх 1%. В этом случае нужно компенсировать заметное удорожание стоимости термопласта: каждый дополнительный процент воска в составе термопласта приводит к росту себестоимости примерно на 5%.

Сжатие, оказываемое на разметочную полосу колесами автомобиля, приводит к раздавливанию полосы или к ее раскатыванию, при этом могут изменяться геометрические размеры, например ширина, полосы до недопустимых величин. Такая деформация зависит от уровня приложенной нагрузки и от температуры. Эффект ползучести материала при этом может быть оценен как сопротивление постоянно действующей нагрузке и степени сохранения первоначальной геометрической формы образца. Опыт проводят следующим образом. Из расплава термопласта во фторопластовых раз-

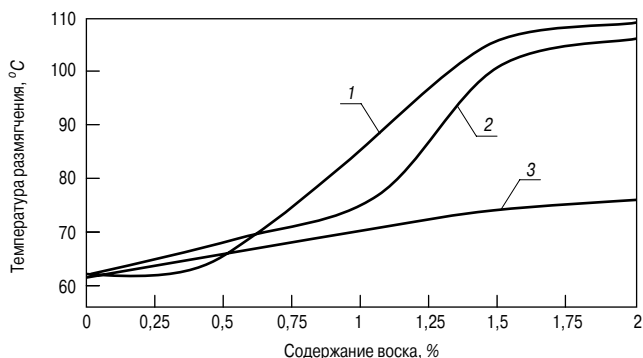


Рис. 3. Зависимость температуры размягчения термопласта от содержания введенного воска: 1 – Fa-1; 2 – BS-100; 3 – ПВ-200

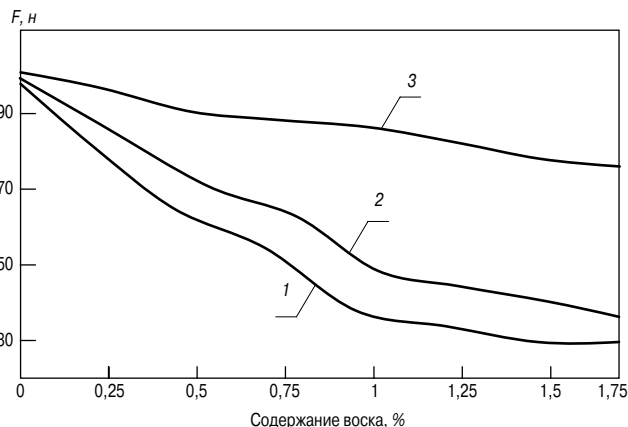


Рис. 2. Влияние содержания воска на изменение липкости F термопласта при температуре 60°C: 1 – Fa-1; 2 – BS-100; 3 – ПВ-200

борных формах создают цилиндрические столбики высотой 20–30 мм, которые подвергают обжатию постоянным давлением 0,022 МПа при 20–22°C. Изменение высоты столбика за 24 ч является мерой степени обжатия материала.

Введение воска Fa-1 до 1,5% и полный вывод при этом из состава термопласта сэвилена приводят к росту скорости течения расплава и сохранению достигнутого ранее уровня стоимости (стоимость 1 мас. % сэвилена соответствует стоимости 0,5 мас. % воска). При этом сопротивление обжатию находится на допустимом уровне, значения которого для термопласта в зависимости от содержания воска Fa-1 и сэвилена приведены в табл. 3.

Причина этого упрочнения связана с химической природой амидного воска, его структурой. Как и все амиды, отличающиеся ярко выраженными основными свойствами, такие воски могут образовывать соединения с устойчивыми связями с остатками кислых групп в канифольных смолах. Именно эти связи, нестойкие при нагревании, препятствуют обжатию материала при нормальной температуре.

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что увеличение содержания воска Fa-1 является наиболее эффективным с точки зрения обеспечения скорости течения, минимизации величины обжатия, не требует смены традиционных компонентов состава.

При использовании канифольной смолы Пентанокс увеличение концентрации воска Fa-1 приводит к росту жесткости термопласта примерно на 7–10%. Для обеспечения эластичности целесообразно большую часть смолы Пентанокс (примерно 60%) заменять на смолу ГЭК (глицериновый эфир канифоли).

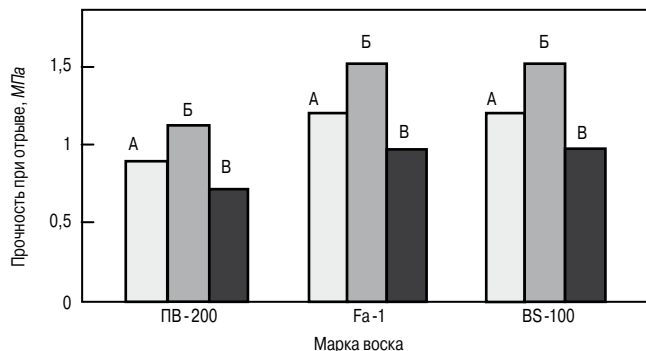


Рис. 4. Адгезия термопласта к асфальтобетону в зависимости от состояния поверхности (А, Б, В) и марки воска (в количестве 2%)

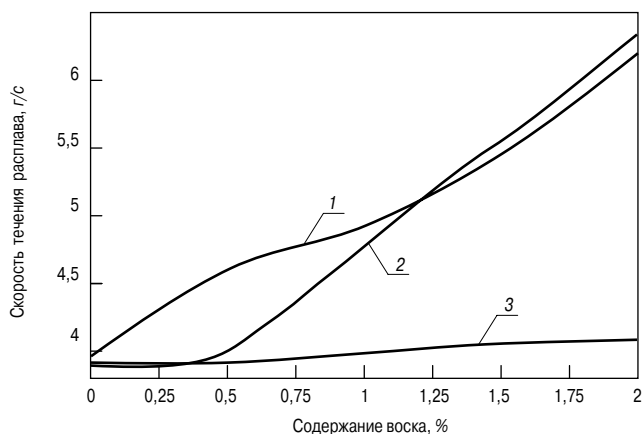


Рис. 5. Зависимость скорости течения расплава термопласта Кратер от содержания введенного воска: 1 – Fa-1; 2 – BS-100; 3 – ПВ-200

В настоящее время рабочей температурой при нанесении термопласта на дорожное покрытие является $T=200\pm 5^{\circ}\text{C}$. Между тем работа при повышенной температуре сопряжена и с увеличенной скоростью окисления компонентов термопласта, а также естественным при этом снижением степени его белизны. Особенно вопрос сохранения заданного уровня белизны возникает при уменьшении в составе термопласта Кратер содержания пигмента с 5 до 2,5%. Следует отметить, что воски Fa-1 и BS-100 при $190\text{--}200^{\circ}\text{C}$ подвержены термоокислительной деструкции и после 30-минутного термостатирования при этих значениях температуры приобретают желтую окраску.

Для уменьшения такого негативного эффекта исследована возможность повышения белизны композиции за счет замены серого кварцевого песка на белый мраморный песок с размером частиц до 0,8 мм. Для обеспечения такого уровня белизны необходимо понижение рабочей температуры с 200 до 180°C и ниже. При этом белизна сохраняется не только за счет снижения интенсивности окислительного процесса, но и за счет лучшего перетирания частиц пигмента в вязкой среде. Но переход на более низкую рабочую температуру связан с потерей технологичности расплава. Характеристики термопласта Кратер (с 2,5% TiO_2) в зависимости от рабочей температуры приведены в табл. 4.

Переход на более низкую рабочую температуру способствует уменьшению расхода газа, используемого для поддержания заданной температуры при плавлении композиции в маточном котле и при производстве разметочных работ.

С целью обеспечения необходимой технологичности расплава, прежде всего скорости течения 4,5–5 г/с, исследованы целесообразность укрупнения наполнителя, увеличения концентрации пластификатора и воска Fa-1.

Гранулометрический состав минеральной части термопласта Кратер представлен в табл. 5.

Следует учитывать, что для фракций стеклошариков и TiO_2 имеются принципиальные ограничения по показателям световозвращения и белизны – вариации по этим компонентам (размеры частиц и содержание в составе) недопустимы. Введение микродоломита МД-60 в качестве укрупненной фракции позволяет повысить скорость течения расплава.

В табл. 6 представлены результаты исследований влияния характеристик наполнителя на скорость истечения расплава термопласта Кратер при $T=180^{\circ}\text{C}$.

Увеличение в составе термопласта Кратер пластификатора диоктилфталата (ДОФ) от 3,6 (стандартная норма) до 3,9% повышает скорость течения расплава от 4,5 до 4,8 г/с, но одновременно ведет к повышению

Таблица 5

Наполнитель	Средний размер частиц, мкм	Количество, %
Песок кварцевый	250–300	19–21
Песок мраморный, фракция 0–800 мкм	250–300	19,5–21
Микромрамор УР-7	5–9	16–20
Оксид титана (TiO_2)	1–3	2,5–3
Стеклянные микрошарики	400–850	18–22

Таблица 6

Состав наполнителя	Скорость течения расплава, г/с
Стандартный состав (табл. 7)	2,7
Промежуточный состав, в котором УР-7 и кварцевый песок заменены на МД-60	3,9
Состав, в котором УР-7 и кварцевый песок заменены на МД-60, а стандартный мраморный песок (0–800) заменен на более крупный отсев	4,6

Таблица 7

Характеристики	Значение
Скорость течения расплава V (при $T=180^{\circ}\text{C}$), г/с	4,8–5,2
Белизна, %	80–83
Адгезия, σ_a при $T=20^{\circ}\text{C}$, МПа	0,12–0,15
Время формирования при 20°C , мин	15–17
Температура размягчения, $^{\circ}\text{C}$	110–112
$\sigma_{сж}$ при 20°C , МПа	0,24–0,32
$\sigma_{сж}$ при 0°C , МПа	0,75–0,95
$\sigma_{сж}$ при -10°C , МПа	0,145–0,19
Цена рецептурной части, р./т	25365*

* Для сравнения: цена ПКРМ Кратер (с 2,5% TiO_2) до корректировки химического состава составляет 26,2 тыс. р./т; цена ПКРМ Новопласт – 281,2 тыс. р./т

липкости поверхности термопласта и повышает уровень его обжаривания под нагрузкой до нежелательных значений 30–35%. Поэтому такой путь повышения технологичности неприемлем.

Вариант использования при необходимости дополнительного количества более крупных фракций наполнителя рассматривается как резервный. В этом случае появляется вполне реальная возможность снизить рабочую температуру переработки термопласта до 170°C . Основные характеристики откорректированного состава термопласта типа Кратер, перерабатываемого при 180°C , приведены в табл. 7.

По результатам проведенных исследований разработан перечень этапов создания рецептуры долговечных разметочных термопластов с учетом условий их эксплуатации.

В процессе проведения научных исследований в период с 2007 г. по настоящее время автором совместно с научными руководителем и консультантом осуществлялось научное и инженерно-техническое сопровождение разработки рецептур и выпуск материалов для дорожной разметки на ЗАО «Технопласт» (г. Дзержинск, Московская обл.), имеющего репутацию одного из ведущих производителей дорожно-разметочных материалов в России. Для расширения номенклатуры производства и более полного удовлетворения потребностей заказчиков в 2001 г. было организовано производство



Рис. 6. Применение разметочных материалов на Московской кольцевой автомобильной дороге

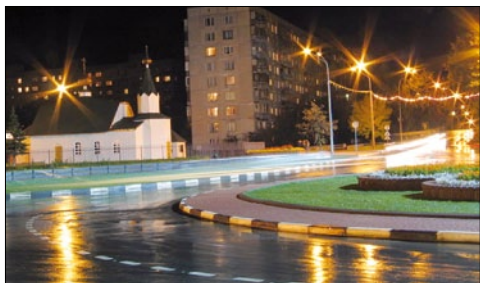


Рис. 7. Варианты использования разметочных материалов в г. Дзержинский (Московская обл.)

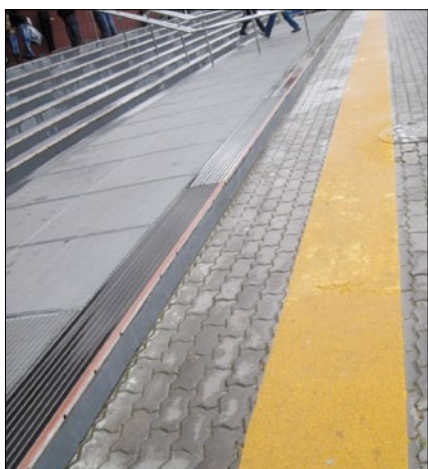


Рис. 8. Примеры использования цветных покрытий противоскольжения на внутридворовых территориях Москвы



Рис. 9. Контроль наличия дорожной разметки, произведенной из материалов ЗАО «Технопласт», на основе фотографий из космоса. Программа GOOGLE Планета Земля

краски для разметки дорог. Краска выпускается различной цветовой гаммы (белого, желтого, оранжевого, красного и черного цветов). Одной из последних разработок ЗАО «Технопласт» является выпуск готовых форм на основе термопласта. Это стрелки, пешеходные переходы и другие элементы разметки, которые очень удоб-

ны для местного ремонта. Для использования готовых форм нет необходимости в приобретении специальной техники. Готовые формы наносят на дорогу с помощью газовой горелки.

За 14 лет работы на рынке дорожно-разметочных материалов ЗАО «Технопласт» зарекомендовало себя как производитель высококачественной продукции.

В настоящее время потребителями продукции предприятия являются:

- управления городского хозяйства и управления региональных дорог Москвы, Санкт-Петербурга, республик Башкортостан, Карелия, Чувашия, а также Амурской, Астраханской, Владимирской, Вологодской, Ивановской, Костромской, Кемеровской, Ленинградской, Новгородской, Самарской, Саратовской, Тюменской и Челябинской областей;
- подрядчики, работающие на федеральных автодорогах: ФУАД «Северо-Запад», «Большая Волга», «Сибирь», «Урал», а также УПРДОР «Кола», «Волга», «Холмогоры», «Самара–Уфа–Челябинск».

ЗАО «Технопласт» обладает собственной исследовательской базой и специализированной лабораторией, в которой качество продукции закладывается уже на стадии научно-исследовательских работ. Лаборатория осуществляет разработку рецептур материалов и контроль качества продукции на всех этапах производства, начиная от входного контроля материалов и заканчивая сдачей готовой продукции на склад.

Предприятие обладает собственной производственной базой, которая состоит из нескольких производственных участков: производство термопластов, красок, двухкомпонентных пластиков химического отверждения. Производство оснащено современным высокопроизводительным оборудованием, позволяющим выпускать до 10 тыс. т термопластов, 2,5 тыс. т краски и до 1,5 тыс. т холодных двухкомпонентных пластиков и цветных противоскользящих покрытий в год.

Производственный комплекс работает круглогодично, что позволяет обеспечивать клиентов необходимой продукцией в любое время года.

Продукция предприятия массово применяется на сети федеральных, территориальных и муниципальных автомобильных дорог РФ. На

рис. 6, 7 представлено применение разметочных материалов производства ЗАО «Технопласт».

Пример использования цветных покрытий противоскольжения на внутридворовых территориях Москвы приведен на рис. 8. Широко используются цветные противоскользящие покрытия «Технопласт ТХП» для

адаптации лиц с ограниченными возможностями (Требования доступности общественных зданий и сооружения для инвалидов и других маломобильных посетителей, СНиП 35-01-2001).

Контроль наличия дорожной разметки, произведенной из материалов ЗАО «Технопласт», ведется на основе фотографий из космоса (программа GOOGLE Планета Земля) (рис. 9).

Выводы

1. Определены требования к технологии и рецептурам термопластичных разметочных материалов на основе анализа условий их эксплуатации.
2. Установлено доминирующее влияние характеристик вяжущих ингредиентов на функциональную устойчивость дорожной разметки.
3. Показано, что регулирование концентрации технического воска в композиции позволяет повысить температурный диапазон незагрязняемости на 5–15°C и обеспечить повышение срока службы дорожной разметки.
4. Реализовано научное и инженерно-техническое сопровождение разработки рецептур и выпуска материалов для дорожной разметки на ЗАО «Технопласт», получены практические результаты разработки технологии и производства полимерных разметочных материалов.

Ключевые слова: термопласт, разметочные материалы, полимерная основа, рецептуры, сухие смеси.

Список литературы

1. *Возный С.И.* Долговечные материалы для дорожной разметки. Химия и технология. Саратов: ПАТА, 2011. 182 с.
2. *Возный С.И., Крылов В.К., Рабенау В.В., Свежинский В.Н.* Применение холодных пластиков для противоскользких покрытий // Строительные материалы. 2009. № 2. С. 53–55.
3. *Возный С.И., Евтеева С.М.* Физико-химическое взаимодействие термопластичных разметочных материалов с поверхностью асфальтобетонных дорожных покрытий // Строительные материалы. 2010. № 10. С. 62–64.
4. *Возный С.И., Артеменко А.А., Евтеева С.М.* Рецептуры термопластичных разметочных материалов // Промышленное производство и использование эластомеров. 2011. № 4. С. 47–50.



Некоммерческому партнерству

НП «Производители современной минеральной изоляции «Росизол» было создано в 2002 г. компаниями, которым принадлежали известные бренды в области теплоизоляции – URSA, ROCKWOOL и Isover, и производящими продукцию в России. Основной целью создания партнерства было решение вопросов стандартизации и продвижения нового поколения минераловатных изделий.

В настоящее время в партнерство входит семь крупных мировых и российских компаний: ISOROC, ISOVER, KNAUFInsulation, PAROC, ROCKWOOL, ТехноНИКОЛЬ, URSA. Главными задачами партнерства на современном этапе являются популяризация использования современных минеральных изоляционных материалов для повышения энергетической эффективности, акустического комфорта и защиты окружающей среды, пропаганда идей энергосбережения и рационального использования природных ресурсов.

Определяющая роль в решении проблемы энергосбережения принадлежит эффективным теплоизоляционным материалам. «Росизол» стремится развивать российский рынок качественных теплоизоляционных материалов и принимает активное участие в федеральных и региональных программах энергосбережения. Для этого партнерство в лице исполнительного директора А. Фадеева вошло в рабочую группу Комитета Государственной Думы по разработке ФЗ №261 от 29.11.2009 г. «Об энергосбережении и энергетической эффективности», где представила предложения, направленные на повышение энергетической эффективности зданий и сооружений.

НП «Росизол» является аффилированным членом Европейской ассоциации производителей изоляции (EurGita), которая представляет интересы всех ведущих европейских компаний-производителей минераловатной изоляции.

Строительный рынок постоянно находится в стадии эволюции, появляются новые технологии, производители и энергоэффективные материалы. Но, к сожалению, не вся продукция соответствует заявленным характеристикам. НП «Росизол» совместно с НИИМосстрой провели исследование теплоизоляционных красок с невероятными физическими свойствами. Результаты опытов показали, что производители исследованных материалов завысили характеристики в 100 раз.

РОСИЗОЛ
АССОЦИАЦИЯ РОССИЙСКИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ КАЧЕСТВЕННОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

10 лет!

В 2007 г. партнерство проделало работу в области защиты прав потребителей и выявила наличие контрафактной продукции и провело ряд исследований материалов, после чего выступило с соответствующим заявлением.

Еще одной сферой деятельности «Росизола» является популяризация идей энергосбережения для населения и страны. Совместно с Фондом общественного мнения был проведен цикл исследований мнения населения по вопросам энергосбережения, трат и способов экономии на услугах ЖКХ. По результатам исследования проведены пресс-мероприятия, демонстрирующие реальные способы экономии на коммунальных услугах.

НП «Росизол» активно сотрудничает с другими производителями теплоизоляционной продукции, перед которыми стоят общие задачи. В 2011 г. между членами Ассоциации «Росизол», Ассоциации поставщиков и производителей пенополистирола (АППП) и Ассоциацией производителей экструдированного пенополистирола (РАПЕКС) подписан «Кодекс поведения», устанавливающий принципы взаимодействия участников теплоизоляционного рынка и определяющий общие цели и задачи.

С 2005 г. «Росизол» занимается обновлением существующей базы национальных и межгосударственных стандартов. В качестве основы для создания российских, а впоследствии и межгосударственных стандартов, была взята европейская система. «Росизол» выполнил переводы европейских стандартов, все формулировки подготовлены с учетом сложившейся российской практики и передового европейского опыта, пройдены необходимые процедуры для получения статуса национальных стандартов. В настоящее время данные документы являются проектами межгосударственных стандартов для использования в качестве доказательной базы к регламентам Таможенного союза и Евразийского экономического сообщества.

НП «Росизол» участвует в работе по обновлению СНиП, вносит свои предложения в документы, влияющие на правильное применение минераловатной изоляции, в частности на теплозащиту зданий и теплоизоляцию трубопроводов и оборудования.

За десять лет сделано немало, но еще много работы предстоит. Редакция журнала «Строительные материалы»® поздравляет НП «Росизол» с десятилетием и желает успехов в повышении энергосбережения в России!

Новая история Сочинского междуречья

До наступления «жарких, зимних» дней XXII зимних Олимпийских игр-2014 в г. Сочи остается меньше полутора лет. Прошло время споров о целесообразности проведения зимних игр в субтропиках, о системном энергодефиците и потенциальном транспортном коллапсе, о беспрецедентном объеме бюджетного финансирования, о разрушении уникальной экологии региона и о дальнейшем использовании олимпийских объектов и инфраструктуры. В настоящее время речь идет о достойном завершении строительства и успешном выступлении на играх российских спортсменов.

В конце октября 2012 г. группа КНАУФ и ГК «Олимпстрой» предоставили журналистам из России, Украины и Казахстана редкую возможность посетить строительные объекты Олимпийских игр-2014, убедиться в успешности всех аспектов строительной части олимпийского проекта, а также в эффективности применения широкой номенклатуры строительных и отделочных материалов, выпускаемых предприятиями группы КНАУФ.

Олимпийские объекты, как известно, расположены в прибрежном и горном кластерах, соединенных автомобильной и железной дорогами.

Объекты прибрежного кластера расположены в Имеретинской низменности (Адлерский район Сочи между реками Мзымта и Псоу), общая территория которой составляет 1300 га. Еще в 1911 г. Имеретинской низменности был присвоен статус особо охраняемой природной зоны, так как здесь расположены единственные на территории России участки Колхидских водно-болотных угодий с уникальной флорой и фауной, места обитания многих редких видов растений и животных. В советское время Имеретинская низменность была лишена статуса особо охраняемой природной территории, что привело к ее хозяйственному освоению и уничтожению естественных природных ландшафтов на значительной части территории.

До развертывания беспрецедентного по масштабам и темпам олимпийского строительства Имеретинская низменность являлась одной из ключевых орнитологических территорий России, имеющих международное значение, входила в перечень водно-болотных угодий Северного Кавказа, отвечающих критериям Рамсарской конвенции (The Convention on Wetlands of International Importance, especially as Waterfowl Habitat – Конвенция о водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местобитаний водоплавающих птиц, принята в феврале 1971 г. в г. Рамсар, Иран).

Многие, созданные в советский период сельскохозяйственные предприятия не выдержали перестройки и в основном обанкротились. В центре Нижне-Имеретинской низменности между поселками Мирный и Светофор расположены незастроенные поля, именно на них расположены основные объекты зимней Олимпиады-2014.

По информации ГК «Олимпстрой», в рамках программы подготовки к XXII зимним Олимпийским играм и XI зимним Паралимпийским играм строятся и реконструируются 11 спортивных объектов и 2 тренировочные арены; 367 км автомобильных дорог; более 200 км железнодорожного полотна; 22 автомобильных и 11 железнодорожных тоннелей; более 47 км мостовых сооружений и эстакад; 4 ТЭС, 1 ТЭЦ, 18 подстанций общей мощностью более 1200 МВт, а также более 40 гостиниц.

В прибрежном кластере находятся Олимпийский парк, Олимпийская деревня, медиацентр, тематический развлекательный парк и гостиничные комплексы.

Как рассказали нам в офисе ГК «Олимпстрой», расположенном в отеле «Рэдиссон», в Олимпийском парке размещены все ледовые арены: два хоккейных стадиона, арена для кёрлинга, дворец спорта для фигурного катания и соревнований по шорт-треку, конькобежный центр и тренировочные арены. Рядом со спортивными аренами возводится Олимпийский стадион, на котором состоится церемонии открытия и закрытия Олимпиады-2014. Это самый компактный Олимпийский парк в истории зимних Игр.



Строительство олимпийских объектов – это не только выгодная работа, это в первую очередь престиж, подтверждение высокого статуса фирмы на рынке, доверие крупных бизнес-партнеров, признание высокого качества работ, предлагаемых технических решений и производимых материалов. Поэтому неудивительно, что занятые на строительстве организации выбирают лучшие материалы и технические решения. Такие, как предлагает группа КНАУФ, которая работает в России без малого 20 лет.

Одним из преимуществ КНАУФ является наличие производственных предприятий во многих регионах России. Ближайшим к олимпийской стройке является предприятие «КНАУФ ГИПС Кубань», с которого производятся основные поставки сюда строительных отделочных материалов. Предприятие, расположенное в Мостовском районе Краснодарского края, считается одним из самых совершенных подобных производств в международной группе КНАУФ. Генеральный директор В.И. Боглаев рассказал журналистам, что «КНАУФ ГИПС Кубань» – это несколько современных производств, расположенных в непосредственной близости от крупнейшего месторождения гипсового камня и объединенных одной технологией. В составе предприятия действуют: гипсовый карьер, гипсовый завод, завод гипсо-

картонных листов, завод сухих строительных смесей на основе гипса, участок по производству металлических профилей. «КНАУФ ГИПС Кубань» производит 10 наименований гипсокартонных листов различной толщины, длины и формы продольной кромки, специальную добавку неалит, гипсовые вяжущие, 10 видов сухих шпаклевочных и штукатурных смесей, гипсовый камень, потолочные и направляющие металлические профили. На предприятии с 2005 г. действует система качества на основе требований международного стандарта ИСО 9001, готовится внедрение ИСО 14000.

Для улучшения обслуживания клиентов – строительных компаний, возводящих объекты зимней Олимпиады-2014, – группа КНАУФ СНГ открыла подразделение Южной сбытовой дирекции в г. Сочи. Таким образом, руководство и специалисты группы КНАУФ обеспечили максимально удобные условия работы для строителей. Как отметил директор Южной сбытовой дирекции КНАУФ С.А. Бондаренко, поставка материалов на объект занимает в среднем 2–3 дня. К концу октября 2012 г. компания поставила в г. Сочи около 7 млн м² КНАУФ-листов (ГКЛ), свыше 30 тыс. т сухих строительных смесей на основе гипса, почти 6,5 тыс. т сухих смесей на основе цемента, 320 тыс. м² плит АКВАПАНЕЛЬ, почти 6 млн п. м металлического профиля КНАУФ.



Руководитель отдела проектирования компании «Штрабаг» (Strabag) Войин Зайич представил журналистам проект основной Олимпийской деревни. Он рассказал, что под застройку отведено примерно 300 тыс. м² площади в прибрежной зоне, построенные здания должны будут выдерживать сейсмическую нагрузку в 9 баллов. Проект получил серебряный сертификат системы LEED Американского совета по зеленому строительству, в том числе благодаря широкому применению экологически чистых материалов КНАУФ. Для создания конструктива домов применяли монолитную и каркасную системы. Возведение основных строительных конструкций практически завершено. В отделке же доминируют строительные отделочные материалы КНАУФ: различные типы гипсокартонных листов, штукатурные смеси, в том числе КНАУФ-МП 75 для машинного нанесения. В итоге должно быть сооружено 85 тыс. м² перегородок из ГКЛ, примерно 80 тыс. м² подвесных потолков. Оштукатуриваемая поверхность составит около 160 тыс. м² стен и до 100 тыс. м² потолка. По данным руководителя обособленного подразделения Южной сбытовой дирекции КНАУФ в г. Сочи А. Панкратова, на стройки основной Олимпийской деревни уже поставлено около 230 тыс. м² КНАУФ-листов (ГКЛ) и до 2,5 тыс. т гипсовых штукатурных смесей.





Чрезвычайно интересный строительный объект – Большой ледовый дворец, рассчитанный на 12 тыс. зрителей. Кровля здания представляет собой огромный медиа-экран из 38 тыс. светодиодов, на котором в темное время суток могут демонстрироваться различные изображения. В настоящее время на объекте ведутся завершающие отделочные работы. Начальник участка ГК «Олимпстрой» Мурат Ахмадиев (на фото слева) рассказал, что за 11 лет работы с материалами КНАУФ хорошо изучил их достоинства и тонкости применения. Это помогает решать неординарные технические задачи. Например, изначально проектом предусматривалось применение в помещениях с повышенной влажностью влагостойких гипсокартонных листов, монтаж которых было необходимо на объекте без наружных стен, в то время как ГКЛВ требуют стабильного температурного и влажностного режима при закрытом тепловом контуре. В условиях влажного субтропического климата это решение оказалось неприемлемым, и было принято решение о применении плит АКВАПАНЕЛЬ Внутренняя. Это привело к увеличению сметной стоимости строительства, зато обеспечило высокое качество и надежность отделки, а также независимость отделочных работ от возведения теплового контура. Такое техническое решение затем стало применяться на других объектах.



Следует отметить, что именно в условиях высокой скорости строительства и отделочных работ, возникновения непредвиденных сложных технических ситуаций строители особо ценят высокую технологичность и качество материалов КНАУФ и комплектных систем на их основе.

И если гипсокартонные листы и сухие строительные смеси давно выпускаются российскими заводами КНАУФ, хорошо известны строителям, то для отделочного материала АКВАПАНЕЛЬ, поставляемого с заводов Греции и Германии, олимпийские объекты стали настоящим бенефисом.



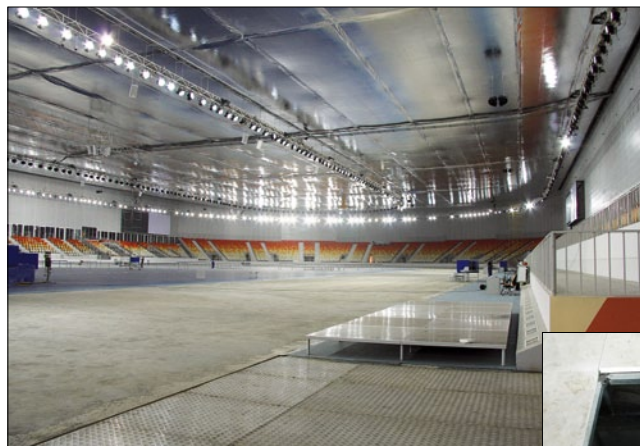
Арена Олимпийского стадиона «Фишт» станет местом проведения церемонии открытия и закрытия XXII зимних Олимпийских игр. Для его строительства будет поставлено в общей сложности более 100 тыс. м² плит АКВАПАНЕЛЬ. Впервые в России на спортивном объекте такого уровня будет применена система «КНАУФ Наружная стена» с плитами АКВАПАНЕЛЬ Наружная в качестве облицовки. Эта система представляет собой готовое решение для устройства фасада и поставляется полностью укомплектованной, включая армирующую сетку и сухие смеси КНАУФ-Северен, КНАУФ-Диамант для создания структурного штукатурного слоя.



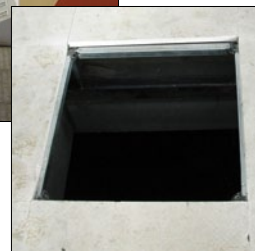
При отделке Дворца зимнего спорта «Айсберг», где во время Олимпийских игр пройдут соревнования по фигурному катанию и шорт-треку, смонтировано более 270 тыс. м² плит АКВАПАНЕЛЬ Внутренняя. Здесь максимально использованы преимущества инновационных листовых материалов КНАУФ, позволяющих создавать сложные криволинейные поверхности там, где предъявляются высокие требования к защитным свойствам материалов. Специально для Дворца зимнего спорта «Айсберг» техническими специалистами КНАУФ были разработаны решения облицовки колонн с высоким радиусом кривизны.

В Главном Олимпийском медиа-центре одновременно будет находиться огромное количество людей, смонтировано множество единиц дорогого и сложного оборудования, работающего под напряжением. Для выполнения максимальных нормативных требований к пожарной безопасности на объект было поставлено 6 тыс. м² инновационного материала КНАУФ-Файерборд, а также порядка 15 тыс. м² плит АКВАПАНЕЛЬ Внутренняя.

Кроме массовых на олимпийских объектах применяются специальные материалы КНАУФ. Например, в рентгеновских кабинетах медицинского центра будущей трассы для проведения гонок класса «Формула-1» будет смонтировано около 400 м² рентгенозащитных плит КНАУФ-Сейфборд. На диспетчерских железнодорожной станции «Адлер» применяются решения КНАУФ-Акустика для обеспечения звукового комфорта и устранения эффекта эха.



В конькобежном центре «Адлер Арена» для устройства фальшпола на пространстве внутри дорожки используется плита производства «КНАУФ Интеграл» из Германии.



Горный кластер, расположенный в окрестностях поселка Красная Поляна и связанный с городом и прибрежным кластером автомобильной и железной дорогами, примет соревнования по санному спорту, бобслею, скелетону, скоростному спуску, биатлону, лыжным гонкам, сноуборду и фристайлу. Примечательно, что одновременно со спортивными сооружениями развивается жилая инфраструктура, поэтому спортсмены будут жить на одной высоте с местом проведения соревнований. В горном кластере в основном нашли применение традиционные материалы и технологии КНАУФ.

В настоящее время многие объекты завершены и принимают международные соревнования и отдыхающих.



Первый основополагающий принцип Олимпийской хартии гласит: олимпизм, соединяющий спорт с культурой и образованием, стремится к созданию образа жизни, основывающегося на радости от усилия, на воспитательной ценности хорошего примера и на уважении к всеобщим основным этическим принципам. Этому принципу наш партнер – немецкая фирма КНАУФ неизменно следует на протяжении всех 20 лет работы в России.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

тематический раздел журнала «Строительные Материалы» №11-2012 г.



У
В
О
И
О
У
С
Е
Т



ОБОРУДОВАНИЕ Группы компаний MASA НА ОДНОМ ИЗ КРУПНЕЙШИХ ЗАВОДОВ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ – ЕГОРЬЕВСКОМ ЗАВОДЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

8 ноября 2012 г. введен в эксплуатацию Егорьевский завод строительных материалов, который вошел в тройку крупнейших производителей газобетона в Московской области. Мощность предприятия 500 тыс. м³ блоков из автоклавного газобетона в год, что позволит ежегодно возводить не менее 800 тыс. м² доступного жилья в России.



Торжественное открытие завода директором ЕЗСМ А.Ю. Смирновым, председателем совета директоров ГК Urban Group А.Б. Долгиным и главой Егорьевского муниципального района М.Т. Лавровым



На пресс-конференции по случаю открытия завода глава Представительства MASA GmbH (Германия) А.К. Иванов отметил, что использование высокотехнологичного оборудования и отлаженной технологии позволяет производить газобетонные блоки, имеющие идеальную геометрию и высокие физико-механические характеристики

Открытие в Московской области одного из крупнейших заводов по производству автоклавного газобетона имеет важнейшее значение для рынка доступного жилья. Развитие девелопером собственных производств, в том числе большого производства газобетона, позволяет

Завод построен ГК Urban Group (Москва), являющейся вертикально интегрированной компанией. В апреле 2011 г. начато строительство собственного завода по производству газобетона в Егорьевске, а уже в июне 2012 г. выпущен первый газобетонный блок. Общие инвестиции в строительство завода составили более 2 млрд р. При этом 60% – собственные средства компании Urban Group, 40% (890 млн р.) – кредитная линия, предоставленная Московским банком Сбербанка России. Предполагаемый срок окупаемости завода 7 лет. Этот срок совпадает со сроком проектного финансирования.

строить недорогие мало- и среднеэтажные жилые дома в короткие сроки при полном сохранении качественных характеристик с огромной вариацией планировочных и фасадных решений. Мощность завода рассчитана не только на потребности Urban Group. Потенциальными покупателями продукции станут строители из близлежащих районов и областей (по проведенным исследованиям рынка, потребность в продукции составляет более 2 млн м³ в год). Необходимо отметить, что месторасположение завода является несомненным преимуществом предприятия: имеется железнодорожная ветка прямо на территории завода, а также дорога в объезд г. Егорьевска. В настоящее время плотность застройки участка, отведенного заводу, 15%. Планируется в рамках предприятия развивать производство армированных перемычек и построить мини-завод сухих строительных смесей.

Егорьевский завод строительных материалов – высокотехнологичное, полностью автоматизированное предприятие по изготовлению продукции из автоклавного газобетона. Использование новейших европейских технологий и немецкого оборудования Группы компаний MASA позволяет заводу производить до 1440 м³ газобетонных блоков в сутки. При этом выпускаемые изделия полностью соответствуют европейским стандартам качества.

Использование оборудования MASA GmbH обеспечивает выпуск широкой номенклатуры газобетонных блоков: с плоскими гранями, с ручными захватами, перегородочные, паз-гребень, U-образные.



На Егорьевском заводе строительных материалов установлено современное оборудование MASA GmbH по производству автоклавного газобетона

masa

Masa GmbH

Werk Porta Westfalica Osterkamp 2
32457 Porta Westfalica Deutschland
Tel.: +49 5731 680-0
Fax: +49 5731-680-183
info@masa-group.com
www.masa-group.com

Маса-Москва

123557, РФ, г. Москва,
Средний Тишинский пер., 28, офис 220
Тел.: +7 (495) 232-51-27
Факс: +7 (495) 232-51-28
info@masa.ru
www.masa-group.com

УДК 699.82

Г.С. КАРДУМЯН, канд. техн. наук, НИИЖБ им. А.А. Гвоздева
(структурное подразделение ОАО «НИЦ «Строительство») (Москва)

Низкотермичные бетоны с компенсированной усадкой, модифицированные комплексной добавкой «ЭМБЭЛИТ», для водонепроницаемых конструкций по системе «Белая ванна»

В настоящее время практически все крупные города мира, к которым относится и Москва, испытывают дефицит свободных площадей, необходимых для образования новых районов жилищного строительства и размещения объектов инфраструктуры (школы, больницы, гаражи, автостоянки, супермаркеты, предприятия сферы обслуживания и др.).

Одним из наиболее эффективных путей решения упомянутых выше проблем, является комплексное освоение подземного пространства, в котором возможно размещение сооружений различного назначения. Одной из основных задач по обеспечению долговечности и эксплуатационной надежности подземных конструкций сооружений является их защита от разрушительного действия воды.

Многие сооружения в России, эксплуатируемые в условиях подземных вод, имеют проблемы с непроницаемостью.

Современная практика изолирования конструкций подземных частей зданий ставит вопрос о надежной гидроизоляции всего контура, в том числе и сложных узлов таких как деформационные швы и узлы сопряжения.

К гидроизоляции для защиты подземного сооружения предъявляются следующие основные требования: водонепроницаемость; восприятие постоянного и периодического гидростатического давления; сохранение изоляционных свойств: в зоне периодического намокания-высыхания, при удлинении в деформационных швах между изолируемыми конструкциями, при восприятии постоянного и временного давления от воздействия конструкций, а также устойчивость к смещающим нагрузкам и воздействиям; стойкость к воздействию агрессивной среды (грунт, вода); долговечность, ориентированная на весь срок службы сооружений.

Строительство в стесненных условиях больших городов сопряжено помимо прочего с ограничениями в размерах строительной площадки, что подчас при реализации проектов с развитой подземной инфраструктурой существенно затрудняет качественное выполнение гидроизоляции подземной части наружных железобетонных конструкций, устраиваемых практически вплотную к ограждениям котлована, и возникает необходимость поиска вариантов, позволяющих полностью исключить эту технологическую операцию.

Такие водонепроницаемые сооружения, в которых железобетонные конструкции выполняют как несущую, так и гидроизолирующую функцию без дополнительной внешней изоляции, обозначаются как «Белая ванна» в противоположность «Черной ванне» (использование

гидроизоляционных материалов на основе битума, поливинилхлорида и полиэтилена) и «Коричневой ванне» (использование гидроизоляционных материалов на основе бентонита) согласно [1, 2].

Система гидроизоляции «Белая ванна». В системе гидроизоляции по принципу «Белой ванны» водонепроницаемый бетон применяется совместно с локальными гидроизоляционными системами (гидрошпонки, контрольно-инъекционные трубки, водонабухающие ленты и др.) для герметизации рабочих и деформационных швов, вводов коммуникаций и других проблемных зон в железобетонных конструкциях.

Данная технология впервые была применена в Германии в начале 1980-х гг. и с тех пор имеет там широкое применение: около 80% всех подземных конструкций зданий возводится без применения дополнительной изоляции [2].

Требования к планированию и исполнению водонепроницаемых сооружений из бетона предъявляет директива Германского комитета по железобетону (DAfStb) «Водонепроницаемые сооружения из бетона» от 11/2003, [3], с комментариями к директиве 555 от 2006 г. [4]. Строительные работы ведутся согласно условиям стандартов DIN 1045, части 1–4 в сочетании со стандартом DIN EN 206-1 [5].

Британский стандарт BS 8102:2009 «Code of practice for protection of below ground structures against water from the ground» [6] также содержит требования к проектированию систем защиты из водонепроницаемых железобетонных конструкций (система защиты типа В).

С февраля 2012 г. в Словакии введен в действие стандарт по системе защиты «Белая ванна», регламентирующий возведение водонепроницаемых конструкций без дополнительной изоляции [7].

Российскими специалистами Института НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, в том числе автором статьи, в 2010 г. разработаны Рекомендации для проектирования и строительства несущих конструкций подземных сооружений из монолитного железобетона без дополнительной гидроизоляции. В настоящее время НИИОСП и НИИЖБ совместно разрабатывается нормативный документ – Свод правил (СП) «Защита сооружений от подземных вод», гармонизированный с указанными выше европейскими документами [3, 4, 6 и 7].

Использование такой системы гидроизоляции позволяет снизить стоимость сооружения и сократить сроки возведения объекта. Экономическая эффективность складывается из исключения затрат на обмазочную, оклеечную, металлическую и др. внешнюю изоляцию и возможности возведения надежного сооружения

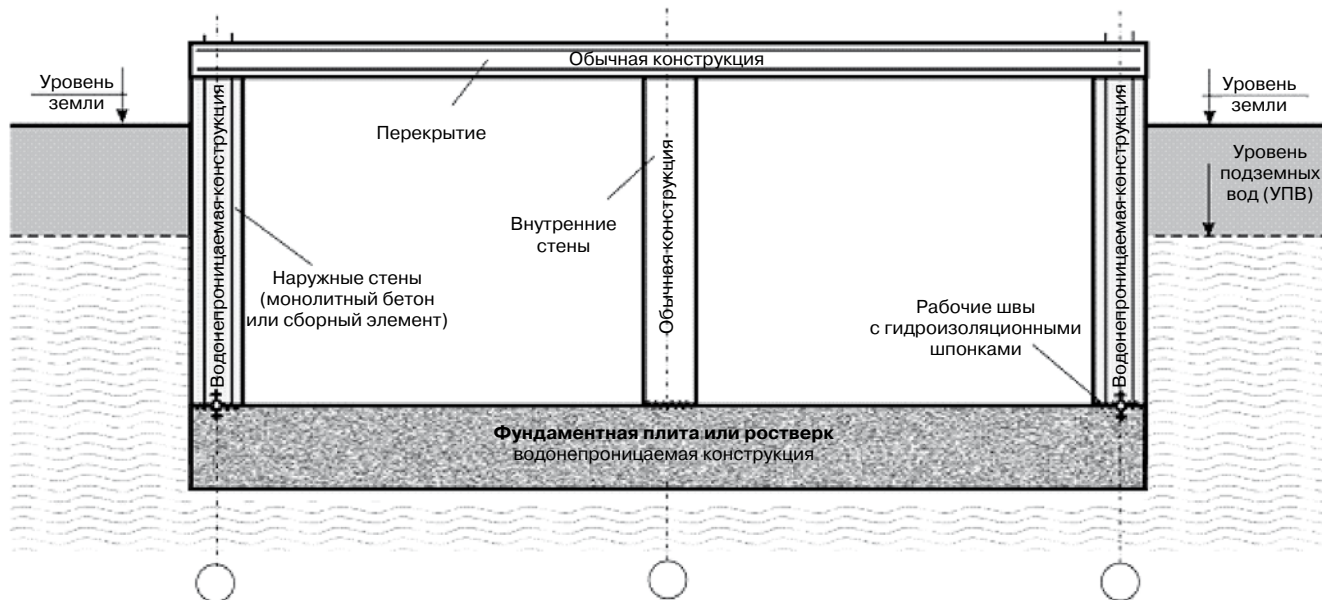


Рис. 1. Принципиальная схема устройства сооружений из водонепроницаемых конструкций

в условиях, где качественное выполнение гидроизоляции наружных железобетонных конструкций подземной части сооружений затруднено.

Из-за массивности конструкций подземных частей сооружений, необходимо для исключения нарушения сплошности железобетона, повысить их трещиностойкость при возникающих температурных напряжениях в процессе твердения бетона и его разогрева от тепловыделения при гидратации цемента. Снижение саморазогрева твердеющего бетона и, как следствие, уменьшение температурных напряжений при возведении массивных конструкций, можно достичь существенным снижением расхода цемента в бетоне.

Комплексное решение такой проблемы — обеспечение трещиностойкости массивных железобетонных конструкций и возведение подземной части сооружений без применения дополнительной гидроизоляции — возможно за счет малоцементных тяжелых и мелкозернистых бетонов на основе полифункционального модификатора типа Эмбэлит, содержащего в своем составе расширяющую композицию [8, 9].

Исследования, проведенные и опубликованные ранее [10–12] подтвердили, что применение модификатора Эмбэлит позволяет понизить экзотермию бетона за счет минимального расхода цемента для достижения соответствующего проекту класса бетона по прочности и марки по водонепроницаемости, а также обеспечить повышенную усадочную и термическую трещиностойкость конструкций.



Рис. 2. Павловская гимназия (общий вид сооружения): а — начальная школа; б — Административный корпус

Комплексный модификатор бетона Эмбэлит. Комплексный модификатор бетона Эмбэлит представляет собой порошкообразный органо-минеральный поликомпонентный продукт. Насыпная плотность 750–800 кг/м³, относительная влажность до 3%. Минеральная часть продукта состоит из расширяющей композиции сульфоалюминатного типа на основе метакаолина; органическая часть — из суперпластификатора С-3.

Модификатор бетона Эмбэлит выпускается в России с 2004 г.* согласно техническим условиям ТУ 5870-176-46854090-04 [13], разработанным в институте НИИЖБ им. А.А. Гвоздева.

Маркировка модификатора отражает его состав: первый цифровой индекс в обозначении указывает на содержание пластификатора в массе модификатора (%), второй — на содержание расширяющей композиции в массе минеральной части модификатора (%).

Оптимальная дозировка модификатора Эмбэлит в составе бетона составляет 12–15% массы цемента. Она может быть изменена в зависимости от технико-экономической целесообразности.

Физико-механические характеристики бетонных смесей и бетонов с модификатором Эмбэлит, определяющие непроницаемость и трещиностойкость конструкций, приведены в [14].

Основным преимуществом бетонов с модификатором Эмбэлит является компенсация усадки или получение остаточного расширения и самоуплотнения за счет использования компонентов расширяющего действия в минеральной части модификатора.

Применение модификатора Эмбэлит обеспечивает также длительную сохраняемость высокоподвижных смесей (марок по удобоукладываемости П4-П5 и самоуплотняющихся с распылом ≥65 см), их нерасслаиваемость и водоудерживающую способность (водоотделение ≤0,3%) и высокие эксплуатационные свойства бетонов.

С использованием модификатора Эмбэлит получены промышленные высокопрочные мелкозернистые и тяжелые бетоны из высокоподвижных (или самоуплотняющихся) смесей прочностью при сжатии 40–120 МПа (классы В30–В90), в том числе с высокой ранней прочностью при твердении в нормальных условиях до 40 МПа в возрасте 1 сут.

* Выпускает модификаторы бетона типа Эмбэлит ООО «Предприятие Мастер Бетон»

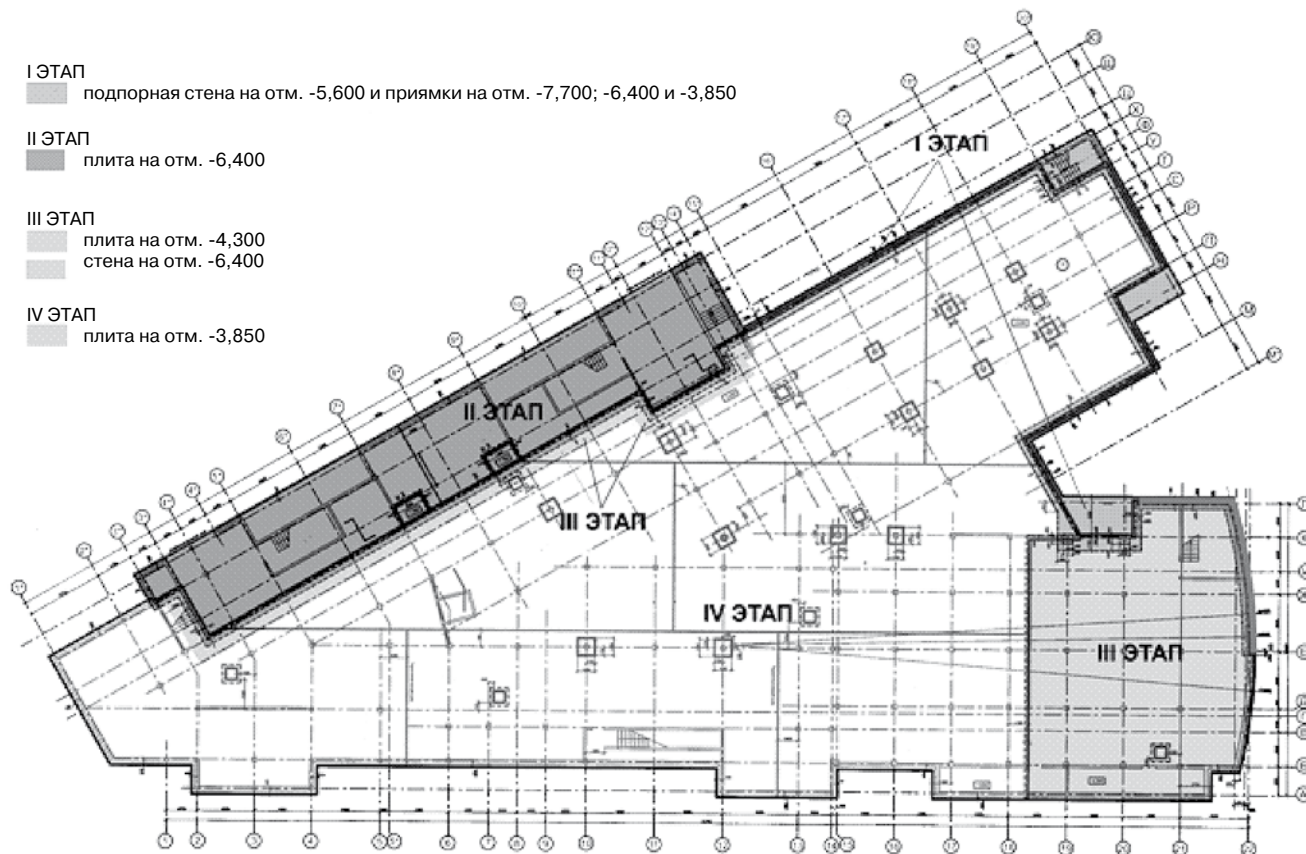


Рис. 3. Последовательность бетонирования конструкций

Основой улучшения свойств бетонов является их высокая непроницаемость (марка по водонепроницаемости W12–W20) и низкая реакционная способность модифицированного цементного камня по отношению ко многим компонентам агрессивной среды, которые определяют повышение целого ряда показателей бетона: непроницаемость для воды и газов, в том числе для растворов хлористых солей; морозостойкость; сульфатостойкость; защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре.

Принципы устройства водонепроницаемых конструкций из бетонов с модификатором Эмбэлит по системе «Белая ванна»:

- Проектирование конструкций с учетом эксплуатационных нагрузок и воздействий и временных технологических нагрузок, вызванных напряжениями от перепада температур и усадки бетона в процессе возведения конструкций.
- Разбивка конструкций сооружения на отдельные укрупненные элементы (блоки) и соблюдение требуемого режима твердения бетона с целью предотвращения усадочных и термических трещин.
- Наружные элементы и конструкции сооружения выполняются из модифицированного малощелочного бетона низкой проницаемости, отличающегося к тому же низкой экзотермией и отсутствием усадки, что способствует обеспечению трещиностойкости конструкций.
- Обеспечение герметичности сооружения устройством непроницаемых рабочих и деформационных швов.
- Обеспечение высокого качества бетонных работ за счет применения высокоподвижных (ОК=22–25 см) бетонных смесей, обеспечивающих хорошую перекачиваемость, повышенную удобоукладываемость и сегрегационную устойчивость.

Принципиальная схема устройства сооружений из водонепроницаемых бетонных конструкций приведена на рис. 1.

Для обеспечения высокой подвижности, нерасслаиваемости и стабильной консистенции бетонных смесей, повышенной усадочной и термической трещиностойкости, прочности и низкой проницаемости конструкций применяется модифицированный бетон на основе модификатора Эмбэлит.

Для герметизации деформационных и рабочих швов конструкции необходимо предусматривать комплекс мер. Выбор гидроизоляционных систем зависит от типа шва и его деформаций, наличия и величины гидростатического давления, толщины конструкции и условий эксплуатации.

Конструкции устройства непроницаемых деформационных и рабочих швов разрабатываются специализированными организациями по рабочим чертежам с учетом гидрогеологических условий конкретной строительной площадки.

Для обеспечения водонепроницаемости и трещиностойкости конструкций необходимо регулировать температурно-влажностный режим твердения бетона в конструкции и выполнять контроль заданных характеристик (прочность, водонепроницаемость, морозостойкость) бетона конструкций.

Возведение конструкций по системе защиты «Белая ванна» связано со сложными инженерными решениями, поэтому следует строго соблюдать технологию производства бетонных и гидроизоляционных работ в процессе строительства.

Практическое внедрение на объектах строительства. Бетоны с комплексным модификатором Эмбэлит для устройства водонепроницаемых подземных конструкций зданий и сооружений были применены на объектах в Москве, Московской обл., Татарстане, Белару-



Рис. 4. Блок фундаментной плиты перед бетонированием



Рис. 5. Фрагмент устройства непроницаемого рабочего шва

си [11, 14, 15]. Ниже рассмотрим применение технологии на примере двух объектов.

Подземные конструкции Административного корпуса Павловской гимназии (Московская область, объект построен) (рис. 2). Участок, на котором расположена гимназия, имел сложный рельеф с большим перепадом высот и сложной гидрогеологией грунтов. Несущая способность грунтов не превышала 7 кг/см². Кроме того, грунты сильно обводнены.

По проекту Административный корпус соединен подземными переходами с начальной и основной школами. В подземной части здания расположены помещения для внеклассных занятий.

Фундаментная плита под Административным корпусом Павловской гимназии сложная, разноуровневая конструкция треугольного профиля с ломаными контурами, опирается на упругое основание и подпорную стенку (рис. 3). Толщина фундаментной плиты составила 0,45 м. Стены подвала и технического этажа имеют толщины от 0,2 до 0,5 м и высоту от 3,47 до 6,02 м. Два подземных перехода примыкают к Административному корпусу, имеют размеры в плане 20×6 м и включают в себя фундаментные плиты толщиной 0,4 и 0,45 м, монолитные перекрытия толщиной 0,4 м и стены толщиной 0,3 и 0,5 м и высотой от 2,63 до 5,35 м.

Согласно проекту все перечисленные выше конструкции выполнялись без дополнительной гидроизоляции из модифицированного бетона класса по прочности на сжатие В25, марки по водонепроницаемости W12 и марки по морозостойкости F150.

Был разработан технологический «Регламент на производство бетонных работ*», в котором было предусмотрено бетонирование конструкций осуществлять блоками на всю высоту в следующей последовательно-

сти: в первую очередь конструкции нижнего уровня с последующим возведением конструкций вышестоящих отметок (рис. 3).

С проектным бюро были согласованы варианты разбивки фундаментной плиты на блоки бетонирования с максимальной длиной не более 30,5 м; наружных стен цокольного этажа не более 12 м.

На рис. 4 показан блок фундаментной плиты перед бетонированием, на рис. 5 – фрагмент устройства непроницаемого рабочего шва.

Состав бетонной смеси был подобран с минимальным для проектного класса расходом цемента (330 кг/м³) и количеством модификатора Эмбэлит 8-100 с учетом обеспечения компенсации усадочных напряжений и требуемой высокой плотности структуры бетона (W12).

Производственный состав и свойства бетонной смеси и бетона представлены в табл. 1.

Бетонная смесь поставлялась с бетонного завода ООО «Наш Город». Бетонирование конструкций подземной части здания осуществлялось на протяжении 2007–2008 гг. с перерывами. Объем уложенного бетона составил 2896 м³. По результатам испытаний: фактическая прочность бетона конструкций составила 49,1–56,3 МПа марка бетона по водонепроницаемости составила W18, что превышает требования проекта; марка бетона по морозостойкости соответствовала требованиям проекта – F150.

Соблюдение правил бетонирования и режима ухода за конструкциями позволило избежать трещин усадочного происхождения и поверхностных дефектов.

В результате правильно выбранной и реализованной технологии устройства конструкций без внешней изоляции подземной части Административного корпуса в сложных грунтовых условиях, было получено надежное сооружение.

Таблица 1

Класс бетона	Расход компонентов, кг/м ³					Подвижность, ОК, см	Прочность, МПа, в возрасте 28 сут	Марка по водонепроницаемости	Марка по морозостойкости
	ПЦ500 Д0	Песок М _{кр} =2,4	Щебень фр. 5–20	Вода	Эмбэлит 8–100				
В25	330	860	1000	170	40	22–25	52,7	W18	F150

* Технологический регламент был разработан ООО «Предприятие Мастер Бетон».

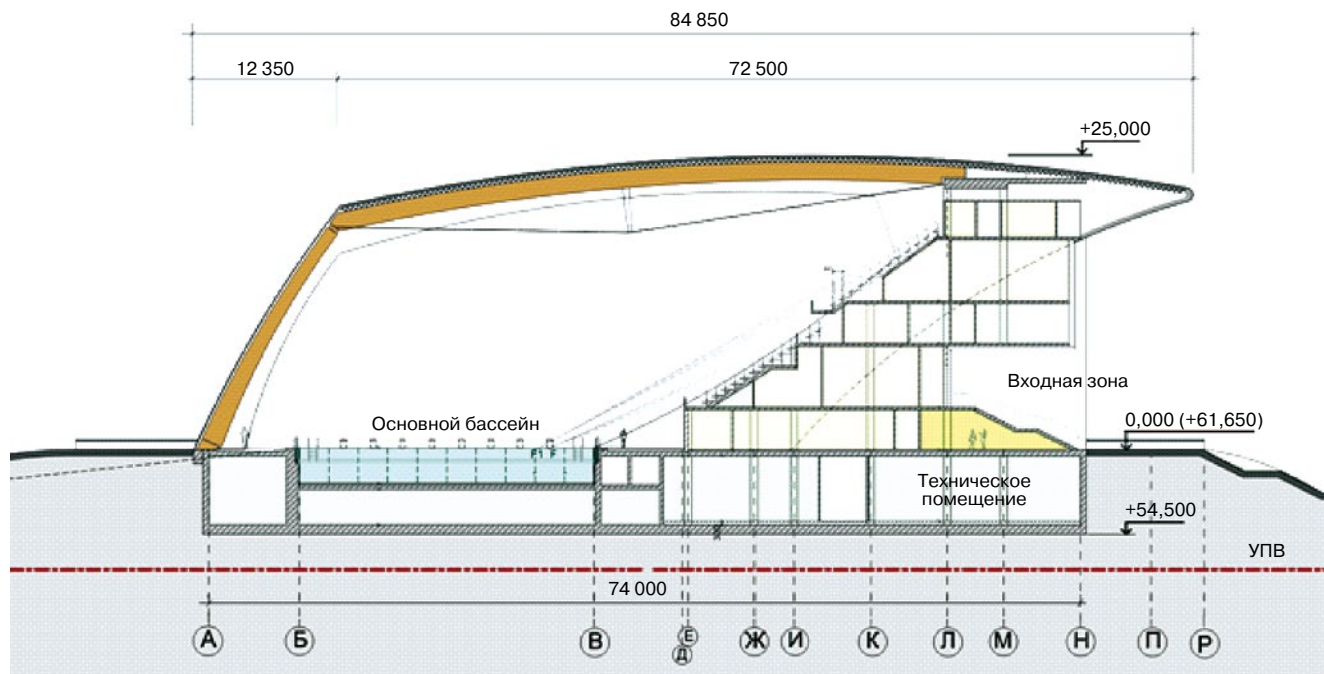


Рис. 6. Поперечный разрез Дворца водных видов спорта

Фундаментная плита Дворца водных видов спорта (ДВВС) в Казани (объект в процессе строительства). ДВВС строится к Универсиаде 2013 г.

Подземная часть ДВВС имеет размеры в плане 74×187,5 м и глубину 7,15 м. В ней будут располагаться: две чаши бассейна (размерами в плане 50×25 м и глубиной 3 м и 2,2 м) для плавания и водного поло и одна чаша (размерами в плане 33×25 м и глубиной 5,5 м) для турниров по прыжкам в воду и синхронному плаванию. Поперечный разрез Дворца водных видов спорта представлен на рис. 6.

Монолитная железобетонная фундаментная плита прямоугольной конфигурации имеет размеры в плане 90,5×94 м и переменную высоту от 0,5 до 0,9 м. В местах изменения высотных отметок и температурно-деформационных швов толщина плиты достигает 1,4 м. Фундаментная плита опирается на свайное основание из более 5 тыс. свай (забивные сваи глубиной около 9 м). Общий объем бетона в фундаментной плите около 12 тыс. м³.

Согласно проекту фундаментная плита выполнялась без дополнительной изоляции из модифицированного бетона с пониженными усадочными деформациями класса по прочности на сжатие В25, марки по водонепроницаемости W10 и марки по морозостойкости F200.

Фундаментная плита была разбита на шесть блоков бетонирования с максимальной длиной стороны не более 69 м и объемом бетона от 1600 до 2150 м³. По осям 8 и 17 запроектированы температурно-деформационные

швы, а в осях Д–Е предусмотрен временный усадочный шов, в виде замыкающего блока (рис. 7).

В технологическом «Регламенте производства бетонных работ» были заложены следующие основные принципы: бетонирование отдельных блоков должно производиться со средней скоростью не менее 90 м³/ч в течение от 17 до 24 ч; бетонные смеси, доставленные на стройплощадку, должны иметь подвижность по осадке стандартного конуса (ОК) 22–25 см; расчетный прирост температуры бетона в ядре блока бетонирования не должен превышать +45°С; в целях уменьшения экзотермии и получения бетона класса В25 с компенсированной усадкой должны соблюдаться следующие условия:

- использоваться бетонные смеси с низким энергетическим потенциалом – расходом цемента не выше 350 кг/м³;
- для производства бетонных смесей должен применяться портландцемент марок ПЦ400 или ПЦ500 с нормированным минералогическим составом ($C_3A \leq 7\%$);
- для производства бетонной смеси должны применяться добавки:
 - компенсирующий усадку комплексный органоминеральный модификатор бетона марки Эмбэлит 8–100;
 - замедлитель твердения – кремнийорганическая эмульсия КЭ 30-04 50% концентрации;
- бетонные смеси, доставленные на стройплощадку, должны иметь температуру не более +20°С.

Таблица 2

Класс бетона	Расход компонентов, кг/м ³					Подвижность, ОК, см	Прочность, МПа, в возрасте 28 сут	Марка по водонепроницаемости	Марка по морозостойкости
	ПЦ500 Д0	Песок М _{кр} =3	Щебень фр. 5–20	Вода	Эмбэлит 8–100 / КЭ 30-04				
В25	350	900	940	165	40 / 0,3	22-25	59,3	W18	F200

* Технологический регламент был разработан лаб. № 16 НИИЖБ им. А.А.Гвоздева.

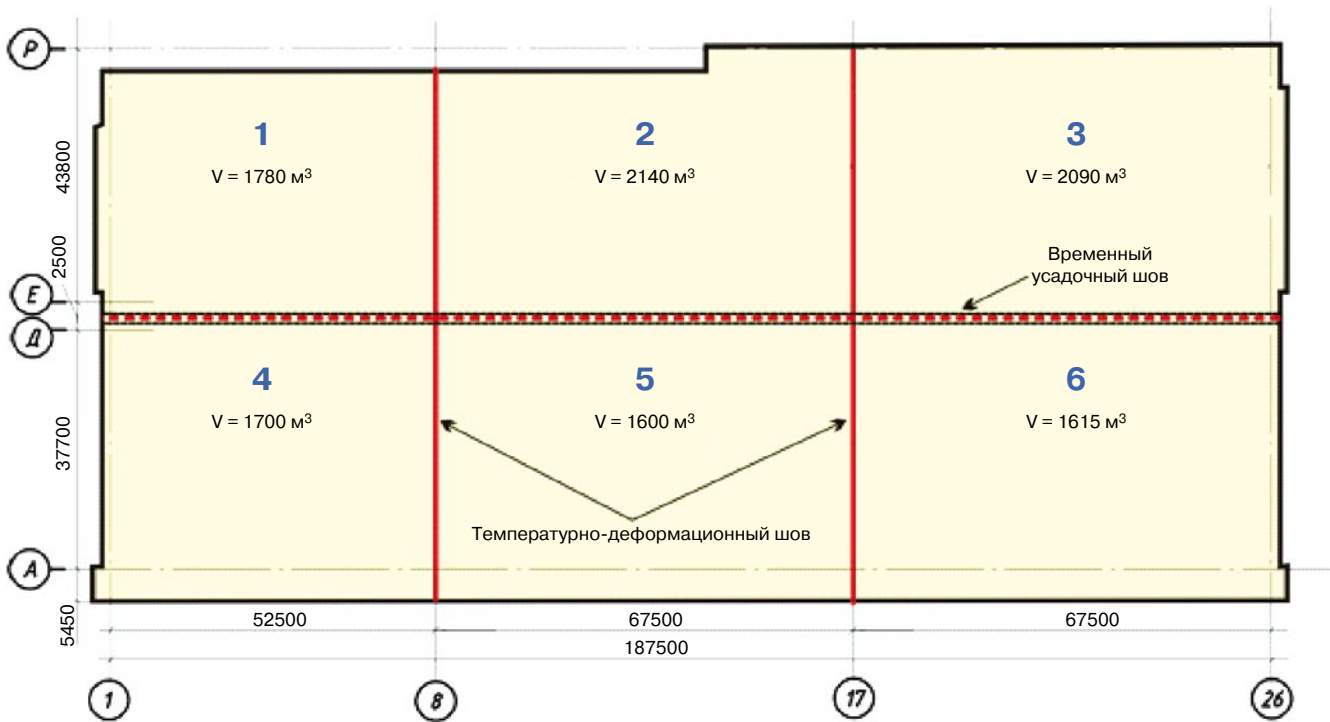


Рис. 7. Разбивка фундаментной плиты на блоки бетонирования

Бетонирование и выдерживание блоков должны осуществляться с обеспечением:

- твердения бетона при относительной влажности не менее 95% в течение 7 сут;
- скорости остывания блока не более 2°С/сут;
- перепада температур по высоте блока не более 10°С;
- перепада температур по длине блока не более 30°С;
- градиента температур по длине блока не более 1°С/м.

На рис. 8 показан блок фундаментной плиты в процессе бетонирования, а на рис. 9 фрагмент

устройства непроницаемого шва с гидроизоляционной шпонкой.

Бетонирование фундаментной плиты осуществлялось в жаркие летние месяцы 2010 г. Бетонные смеси поставлялись с трех бетонных заводов Казани – ООО «Инкомстрой Плюс», ООО «Вектор» и ООО «Булгар».

Производственный состав и свойства бетонных смесей и бетонов представлены в табл. 2 и 3.

По результатам испытаний* фактическая прочность бетона конструкций составила 57,6–61 МПа, марка по

Таблица 3

Даты испытаний	Возраст образцов, сут	Давление, МПа	Результаты испытаний, номера образцов					
			1	2	3	4	5	6
14.07.2010 – 19.07.2010; 05.08.2010– 12.08.2010; 16.08.2010– 23.08.2010	28	0,2	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет
		0,4	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет
		0,6	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет
		0,8	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет
		1	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет
		1,2	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет
		1,4	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет
		1,6	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет
		1,8	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет	пятен воды нет

* Испытания бетонов на водонепроницаемость, морозостойкость и контроль прочности бетона в конструкциях выполнены ООО «ЛИАЦ «Качество» (Казань).



Рис. 8. Блок фундаментной плиты в процессе бетонирования



Рис. 9. Фрагмент устройства непроницаемого шва

водонепроницаемости составила более W18 (табл. 3), что превышает требования проекта. Марка бетона по морозостойкости составила F200, что удовлетворяет требованиям проекта.

Кинетика тепловыделения и температурный режим выдерживания бетона в конструкции фундаментной плиты ДВВС соответствовали требованиям регламента: максимальная температура в ядре плиты составила 57°C, перепад температур в разных зонах по высоте плиты составил 10°C, а средняя скорость остывания конструкции составила 1,7–2°C/сут, что в целом обеспечило усадочную и термическую трещиностойкость конструкции.

Выводы. Внедрение новых технологий в России для устройства водонепроницаемых конструкций без дополнительной изоляции (система «Белая ванна») позволяет сокращать затраты и время на возведение объектов строительства в сложных грунтовых условиях.

Разработка в России нормативного документа — свода правил (СП) «Защита сооружений от подземных вод», гармонизированного с европейскими документами, позволит регламентировать принципы проектирования и возведения надежных сооружений в условиях подземных вод, в том числе из водонепроницаемых конструкций без дополнительной изоляции.

Применение комплексного модификатора Эмбэлит, содержащего в своем составе расширяющую композицию на основе метакаолина, позволяет обеспечить проектные требования в части прочности, непроницаемости и долговечности, усадочную и термическую трещиностойкость подземных конструкций, эксплуатируемых в условиях подземных вод без устройства дополнительной изоляции.

Ключевые слова: водонепроницаемые железобетонные конструкции, без гидроизоляции, система «Белая ванна», низкотермичный бетон, компенсация усадки, трещиностойкость, модификатор бетона «Эмбэлит».

Список литературы

1. Водонепроницаемые сооружения Frank: Технический бюллетень. 2009. 20 с.
2. Фурманов Н.Е. Благоприятный состав бетона для изготовления водонепроницаемых конструкций по системе «Белая ванна» // Инженерно-строительный журнал. 2009. № 3. С. 11–16.

3. DafStb – Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton (WU-Richtlinie), Deutscher Ausschuss für Stahlbeton; Ausgabe 11/2003. 18 p.
4. Erläuterungen zur DafStb – Richtlinie Wasserundurchlässige Bauwerke aus Beton. Heft 555, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Beuth Verlag, Berlin 2006. 52 p.
5. DIN EN 206-1: Beton – Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität, Ausgabe 2000 in Verbindung mit DIN 1045-1 bis-4: Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton, Ausgabe 2001.
6. BS 8102:2009 Code of practice for protection of below ground structures against water from the ground, BSI 2009. 38 p.
7. Smernica pre vodonepriepustné betónové konštrukcie – biele vane (SmeBV), Slovenská komora stavebných inžinierov, Bratislava, Febvuár 2012. 72 p.
8. Кардумян Г.С., Каприелов С.С., Шейнфельд А.В. Комплексный модификатор бетона // Патент РФ № 2288197 RU С1. Заявл. 15.04.2005. Опубл. 27.11.2006.
9. Кардумян Г.С., Каприелов С.С. Новый органоминеральный модификатор серии МБ – «Эмбэлит» для производства высококачественных бетонов // Строительные материалы. 2005. № 8. С. 12–15.
10. Usharov-Marshak A., Sopov V., Kardumyan G., Kapriellov S. Influence of Organic and mineral Admixtures on Early Hydration of Cement // 16 International Baustofftagung, Weimar, 2006, Band 2, pp. 653–659.
11. Шифрин С.А., Кардумян Г.С. Использование органоминеральных модификаторов серии МБ для снижения температурных напряжений в бетонируемых массивных конструкциях // Строительные материалы. 2007. № 9. С. 9–11.
12. Kardumyan G. Non-shrinkage low cement concrete of low permeability and exothermicity for crack resistant massive structures. // 17 International Baustofftagung, Weimar, 2009, Band 2, pp. 523–529.
13. ТУ 5870-176-46854090-04 Модификатор бетона Эмбэлит. Технические условия // ГУП НИИЖБ, Москва. 2004. 27 с.
14. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С. Новые модифицированные бетоны. М.: «Типография «Парадиз», 2010. 258 с.
15. Каприелов С.С., Кардумян Г.С. Новые модифицированные бетоны в современных сооружениях // Бетон и железобетон (Оборудование, материалы, технологии). 2011. № 1. С. 78–81.

Б.К. САРСЕНБАЕВ, д-р техн. наук, директор НИИ строительных материалов и строительства ЮКГУ им. М. Ауэзова; Т.А. МОМЫШЕВ, инженер (nurali_777@mail.ru), Т.У. ИСКАКОВ, д-р техн. наук, Н.Б. САРСЕНБАЕВ, Т.С. АУБАКИРОВА, инженеры, Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова (Шымкент, Республика Казахстан)

Производство шлакощелочных вяжущих и бетонов на их основе

Республика Казахстан располагает миллионами тонн доменных, электротермофосфорных и других шлаков, которые могли бы стать сырьем для производства высокопрочных шлакощелочных вяжущих и заменить часть портландцемента.

С 1980-х гг. по настоящее время выпуск шлакощелочных вяжущих был осуществлен на целом ряде заводов России и Украины. На основе этого материала изготавливают: стеновые панели; армированные и преднапряженные конструкции оросительных систем и гидротехнических сооружений; стеновые и фундаментные блоки; панели покрытий и перекрытий; полы промышленных и сельскохозяйственных зданий; бортовой камень; тротуарные, дорожные и аэродромные плиты. Имеется опыт использования шлакощелочных бетонов для устройства оснований и покрытий автодорог. При эксплуатации шлакощелочных бетонов с течением времени наблюдается повышение прочности, морозостойкости и водонепроницаемости [1, 2].

В период с 2008 по 2009 г. в Республике Казахстан произведена реконструкция цеха дробильно-размольной фабрики «Чулактау» в г. Каратау Жамбылской области (ТОО «Казфосфат» и ТОО «САС-Тобе технолоджис») с целью перехода на производство шлакощелочных вяжущих на основе гранулированного электротермофосфорного шлака (ЭТФ-шлака) Новоджамбульского фосфорного завода (г. Тараз).

Выпуск опытно-промышленной партии шлакощелочного вяжущего осуществлен путем совместного помола щелочного компонента, ЭТФ-шлака и комплексных добавок.

Усредненный химический состав шлаков электротермического производства фосфора, мас. %: SiO_2 – 44,22; Al_2O_3 – 1,63; Fe_2O_3 – 1,08; CaO – 45,93; MgO – 3,18; SO_3 – 0,73; P_2O_5 – 0,98; F – 2,45.

По содержанию двуокиси кремния, суммарному содержанию оксидов кальция и магния ЭТФ-шлак удовлетворяет требованиям ГОСТ 3476–74 «Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные для производства цемента». Петрографическими исследованиями установлено, что гранулированный электротермофосфорный шлак на 88–93% состоит из стекловидной фазы, представленной бесцветными зернами стекла с показателем оптического преломления $1,622 \pm 0,002$. На преимущественное содержание стекловидной фазы указывают также данные рентгенографического анализа. Основным минералом, входящим в виде включений в стекловидную фазу, является псевдололастонит, представленный при рассмотрении под микроскопом бесцветными призматическими либо игольчатыми кристаллами с показателями преломления $n_g = 1,652$,

$n_p = 1,611$. Содержание кристаллов псевдололастонита в гранулированном шлаке невелико: 4–7%. На кривой ДТА гранулированного ЭТФ-шлака наблюдается экзотермический эффект 960°C , соответствующий расстекловыванию шлакового стекла.

Структура ЭТФ-шлаков отличается от доменных незначительным содержанием P_2O_5 и повышенным содержанием SiO_2 . Наличие фосфорсодержащих комплексов способствует полимеризации кремнекислородных анионов, обуславливающей снижение гидравлической активности шлаков в начальный период.

ЭТФ-шлак отличается от других шлаков малым содержанием глинозема и более низкой гидратационной активностью. В связи с этим для управления структурой вяжущих и бетонов в их состав можно ввести глиноземсодержащие добавки, которые дополняют содержание оксида алюминия в фосфорном шлаке; кроме того, можно ввести комплексные добавки, повышающие щелочность среды, а также добавки, служащие центрами кристаллизации.

В качестве комплексных добавок, позволяющих направленно регулировать структуру бетона на шлакощелочном вяжущем из электротермофосфорных шлаков, приняты: портландцементный клинкер, сталеплавильный шлак. Принятые добавки ускоряют катионообменные процессы в вяжущей системе и повышают ее гидратационную активность. Сделано предположение, что при использовании вяжущего с комплексными модифицированными добавками можно применять режимы тепловлажностной обработки с резким подъемом температуры и твердение в нормальных условиях.

В качестве щелочного компонента и комплексных добавок использовали:

- соду кальцинированную техническую ГОСТ 5100–85 «Сода кальцинированная техническая. Технические условия»;
- портландцементный клинкер ТОО «САС-Тобе технолоджис», имеющий следующий химический состав, мас. %: SiO_2 – 21,02; Al_2O_3 – 4,97; Fe_2O_3 – 1,48; CaO – 65,93; MgO – 2,03; SO_3 – 0,31;
- сталеплавильный шлак Павлодарского тракторного завода следующего химического состава, мас. %: SiO_2 – 58; $\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2$ – 28; $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ – 4; CaO – 5; MgO – 0,98; SO_3 – 0,7; Na_2O – 0,6; ППП – 1,76.

Физико-механические свойства опытно-промышленной партии шлакощелочных вяжущих на основе ЭТФ-шлаков по сравнению с сульфатостойким портландцементом приведены в табл. 1.

Выпуск опытно-промышленных партий изделий и конструкций из бетона шлакощелочных вяжущих на

Таблица 1

Показатель	Нормативный документ	Значения показателей по ГОСТу	Фактические значения
Тонкость помола цемента, определяемая по удельной поверхности, м ² /кг	ГОСТ 310.2–76 «Цементы. Методы определения тонкости помола»	300	310
Равномерность изменения объема	ГОСТ 310.3–76 «Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема»	Выдержал	Выдержал
Сроки схватывания, ч: начало конец		2,5 4	3 4,5
Содержание щелочей в пересчете на Na ₂ O, %	ГОСТ 5382–91 «Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа»	2–6	2–4,5
Предел прочности в возрасте 28 сут, МПа на изгиб, на сжатие, не менее	ГОСТ 310.4–81 «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии»	0,54 3,9	0,52 4
Водоотделение, %	ГОСТ 310.6–85 «Цементы. Методы определения водоотделения»	–	20

Таблица 2

Изделие	Состав бетонной смеси, кг/ м ³				Прочность при сжатии, МПа
	вяжущее	песок	щебень	вода	
Камень бортовой БР 100.30.15	450	750	1175	170	46
Кольца канализационные КЦ 10.0,9	298	900	1020	175	32
Перекрышки 2ПБ16-2	298	900	1020	175	35
Фундаменты ФБС 24.4.6т	210	910	1050	190	20

основе ЭТФ-шлака был осуществлен на заводах Республики Казахстан: ТОО «Гимарат-Тараз» и «Жамбылхимстрой» (г. Тараз); в Испытательном центре ТОО «Темирбетон» (г. Талдыкорган); ТОО «Актауцемент» (г. Актау).

В качестве мелкого заполнителя использован речной песок с $M_{кр}$ 3,5 и 3,4; объемной массой 1510 кг/м³; влажностью 2%. В качестве крупного заполнителя использовался гранитный щебень фракции 5–20 мм; объемной массой 1460 кг/м³; влажностью 2%.

Тепловлажностная обработка осуществлялась по режиму 3+3+6+3 ч при температуре изотермического прогрева в промышленной пропарочной камере 80–90°C.

Испытания на сжатие бетонных образцов-кубиков 10×10×10 см проводились в лаборатории ТОО «Гимарат-Тараз», результаты приведены в табл. 2. Морозостойкость образцов F50–F100 (испытания проведены в лаборатории филиала «Южный-3» АО «Стекольная компания «САФ»).

Результаты физико-химических исследований показали, что прочность цементного камня зависит от физической структуры, количества гидратных новообразований, объема образованного геля. В общем виде фазовый состав продуктов твердения шлакощелочных вяжущих представлен преимущественно тоберморитоподобными низкоосновными гидросиликатами кальция группы CSH (I), гидрогранатами переменного состава, кремниевой кислотой, щелочными гидроалюмосиликатами типа цеолитов и слюд, а также щелочно-щелочно-земельными гидроалюмосиликатами.

Повышенная активность шлакощелочных вяжущих в условиях гидротермальной обработки обусловлена тем, что:

– гранулированный электротермофосфорный шлак в основном состоит из стекла псевдоволластонитово-

го состава (3-CS), что определяет его активность при условии интенсивного растворения в твердеющей системе. Таким условием является совместное действие гидротермальной среды и активизирующей добавки;

– при гидратации и твердении шлакощелочных вяжущих сразу образуются низкоосновные гидросиликаты кальция типа CSH (I), минуя стадию образования высокоосновных гидросиликатов кальция, характерных для обычного портландцемента.

Таким образом, на основе опытно-промышленной партии шлакощелочного вяжущего из ЭТФ-шлака получено вяжущее класса В30 и подобраны составы бетонов класса В15–В30 с морозостойкостью F50–F100.

По результатам опытно-промышленных испытаний разработан технологический регламент на производство бетонов и изделий из шлакощелочных вяжущих на основе ЭТФ-шлака и стандарт организации «Сульфатостойкий малоклинкерный цемент с добавкой щелочи».

Ключевые слова: электротермофосфорные шлаки, щелочной компонент, тепловлажностная обработка, шлакощелочные вяжущие.

Список литературы

1. Кройчук Л.А. Активированные щелочами цементы // Строительные материалы. 2000. № 11. С. 34–35.
2. Рахимов Р.З., Хабибуллина Н.Р., Соколов А.А., Гатауллин Р.Ф., Рахимов М.М., Конюхова Т.П. Композиционные шлакощелочные вяжущие // Строительные материалы. 2005. № 5. С. 30–32.

УДК 692.435

Г.Н. ЗАДИРАКА, ген. директор, ЗАО «НП «ЗНАМЯ» (Свердловская область, г. Сухой Лог);
 Н.Н. ЩЕРБАК, канд. техн. наук, ОАО ЦНИИПромзданий (Москва);
 С.М. НЕЙМАН, канд. техн. наук, секретарь технико-экономического совета Хризотиловой ассоциации (Москва); С.В.СОЗИНОВ, инженер (sega1357@mail.ru), Московский государственный строительный университет им. В.В. Куйбышева

Опыт эксплуатации кровель с покрытием на основе плоского прессованного хризотил-цементного листа

Энергоэффективность строительных материалов и конструкций в настоящее время — одна из важнейших составляющих эффективного строительства. Плоские хризотил-цементные (асбестоцементные) листы применяли в кровельных конструкциях еще со времен 50-х гг. прошлого века. Это были в основном готовые сборные утепленные конструкции каркасного типа.

Асбестоцементные плиты АП [1] представляли собой утепленную конструкцию из двух асбестоцементных фигурных листов, связанных опорными бобышками. Конструкция не имела вентиляционного пространства, что вело к намоканию утеплителя за счет конденсата. Конструкции каркасного типа собирались на деревянном каркасе и имели вентилируемое пространство [2]. Укладывали их стык в стык, на поверхность смонтированного покрытия настилали по существующим нормативам до четырех слоев рубероида. Наиболее широко применяли такие конструкции в промышленных и сельскохозяйственных зданиях. Преимуществом этих конструкций была простота и надежность при сборке, монтаже и эксплуатации, а также большая межремонтный период. К недостаткам обоих видов конструкций относится незащищенность стыков и необходимость использования надежного (в четыре слоя) рулонного ковра.

На Сухоложском асбестоцементном предприятии ЗАО «НП «Знамя» на основе плоских прессованных листов разработана утепленная вентилируемая конструкция покрытия типа Урал 3 [3]. Это многослойная конструкция, собираемая на крыше и включающая деревянную обрешетку и контробрешетку, прошивные минераловатные маты, воздушную прослойку между утеплителем и плоскими хризотил-цементными листами (рис. 1).

Для обеспечения в процессе эксплуатации покрытия свободных линейных деформаций листов их укладывают поверх обрешеток с пазами; стыки между ними закрывают липкой лентой с верхним защитным слоем (узел А). Для вентиляции конструкций на покрытии в определенном порядке устанавливают аэраторы.

Отличительной особенностью этой конструкции является выполнение листами функций и несущей, и гидроизоляционной составляющей покрытия, а также несложный монтаж в любое время года непосредственно на крыше.

Разработана конструкция для замены хризотил-цементными листами типового гидроизоляционного материала из рубероида для повышения надежности и долговечности покрытия, уменьшения протечек внутри цеха, снижения тепловых потерь здания, увеличения межремонтных периодов и сроков эксплуатации. Покрытие было последовательно (в течение двух лет) смонтировано над самым проблемным участком цеха, где реализуется технология производства хризотил-цемента с большими перепадами влажности от 60 до 90% и с накоплением в парах агрессивных для здания

составляющих — щелочей и хромсодержащих компонентов.

В апреле 2011 г., спустя 6–8 лет после монтажа отдельных фрагментов покрытия, был выполнен его технический аудит и установлено, что при достаточно длительной эксплуатации в трудных производственных и климатических условиях покрытие сохранило работоспособность. По данным завода, главная цель разработки была достигнута: ежегодные ремонты покрытия (как прежде, на участках с рубероидом) не проводились, замена листов и других составляющих конструкций за весь период его эксплуатации не осуществлялась, снизилось число протечек в покрытии, исчезли сосульки на его свесах. При этом уменьшились затраты на отопление технологического корпуса.

В то же время в течение всего периода службы конструкции Урал 3 обнаруживались недостатки, которые могут ухудшить со временем теплотехнические характеристики покрытия, уменьшить конечные сроки его эксплуатации. На поверхности листов возникли трещины разной величины, частично отклеилась герметизирующая лента на их стыках. Появляющиеся дефекты заклеивали фрагментами липкой ленты, но и при этом обнаружены намокший местами утеплитель из минераловатных матов и его уплотнение.

По результатам осмотра обозначили следующие возможные причины появления дефектов. Принятое расстояние между досками контробрешетки, равное 1200 мм, оказалось недостаточным: при ширине листов 1500 мм их края не опираются на контробрешетку; из-за свисающих краев листы дополнительно деформируются. Величина шага между досками обрешетки была различной — от 250 до 400 мм, поэтому листы неравномерно опираются на обрешетку. В части покрытия отсутствовало необходимое количество шурупов для надежного крепления листов к обрешеткам. Механические повреждения липкой ленты приводили к разгерметизации стыков.

Для оптимизации конструкции, повышения долговечности и теплотехнических характеристик совместно с ЦНИИПромзданий выполнены расчеты опорных эле-

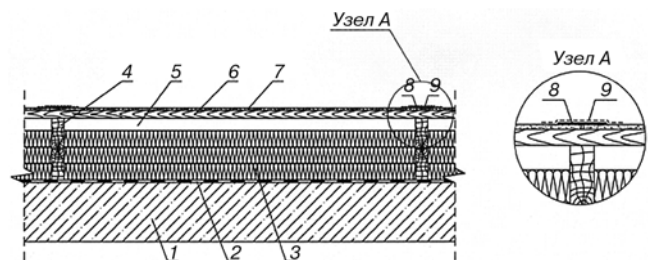


Рис. 1. Схема конструкции Урал 3: 1 — основание; 2 — пароизоляция; 3 — теплоизоляция; 4 — контробрешетка; 5 — воздушная прослойка; 6 — обрешетка; 7 — хризотил-цементный лист; 8 — самоклеящаяся лента; 9 — водотталкивающая мастика на ленте



Рис. 2. Участок с полужесткими плитами утеплителя и одинаковым его площади вентиляционным пространством



Рис. 3. Участок с полужесткими плитами утеплителя и каналами в нем для вентиляции конструкции

ментов, с учетом консультаций НИИстройфизики подобраны дополнительные виды утеплителя и требуемая толщина теплоизоляционного слоя. По данным ряда фирм выбраны материалы для защиты стыков хризотил-цементных листов от воздействия окружающей среды.

Принятые изменения учтены в 2011 г. при монтаже семи экспериментальных участков общей площадью 180 м² на той же сложной по микроклимату зоне технологического цеха Сухоложского асбестоцементного предприятия.

Как контрольный выполнен участок, во многом повторивший установленные ранее: сечение досок обрешетки осталось неизменным – 25×150 мм; в качестве утеплителя использовали прошивные минераловатные маты из базальтового волокна (Урал-Термо); крепление хризотил-цементных листов выполнено тремя шурупами к каждой обрешетине; листы применены без какого-либо покрытия; вентиляционный зазор около 50 мм (рис. 2). Новыми в контрольном варианте, как и для всех экспериментальных участков, приняты расстояния между контробрешетками 1500 мм, между обрешетками – 400 мм. Сечение досок контрообрешетки взято равным 50×250 мм вместо ранее применяемого 25×150 мм; последнее обусловлено необходимостью увеличения толщины утеплителя для всех участков.

В новых сравниваемых с контрольными сечение досок контрообрешетки также равно 50×250 мм; для обрешетки; с учетом необходимости меньшего прогиба; принято сечение 32×100 мм вместо 25×150 мм. Для расширения возможностей применения покрытия кроме мягких минераловатных матов на основе базальтового волокна использовали два слоя полужестких плит «Эковер» (ОАО «Ураласбест») на том же сырье.

При использовании полужестких плит создали для сравнения новый вариант вентиляционного воздушно-го пространства. Два слоя плит укладывали между контробрешетками плотно друг к другу; в третьем, верхнем оставляли пазы для вентиляции между брусками утеплителя (рис. 3). Лист в этом случае опирается нижней поверхностью на верхний слой полужестких плит, создавая иной прогиб в сравнении с его опиранием на обрешетку.

Для уменьшения атмосферного воздействия на листы часть их обрабатывали гидрофобизаторами ТехноНиколь (праймер «Технониколь № 1») или Гидрол-Руфинг (праймер на основе мастики «Унимаст У»). Часть листов с пропиткой «Унимаст» покрывали самоклеющимся ковром типа «Элон-супер Л».

Для создания различных условий деформации листов в одинаковых участках их крепили к обрешетинам разным количеством шурупов.

Через полгода после монтажа экспериментальных участков, т. е. после первого зимнего цикла их эксплуатации, проведено обследование покрытия: визуальное

со стороны поверхности листов, внутри участков и с помощью тепловизора (изнутри цеха).

Ни на одном участке, в том числе, контрольном – с мягким утеплителем и сплошным вентиляционным пространством, не обнаружено существенных дефектов. Внимательный осмотр состояния поверхности листов не выявил трещин. Не отмечено прогибов листов, разрушений элементов конструкций и протечек. Отмечено лишь частичное отслоение самоклеящегося ковра «Элон-супер Л», что может быть связано с некачественным приклеиванием ковра и герметизацией его стыков.

При вскрытии всех участков не установлено изменения внешнего вида материалов утеплителя, их увлажнения, признаков сжимаемости. Оба вида утеплителя находились в сохранном состоянии.

При тепловизионной съемке на всей экспериментальной площади наблюдалось близкое по виду тепловое поле.

На основании проведенного контроля общее состояние всех сравниваемых участков покрытия характеризовалось как работоспособное. При повторном контроле состояния покрытия спустя еще полгода дефектов также не обнаружено. Визуальный контроль за состоянием покрытия ведется непрерывно. Завершаются лабораторные исследования по влиянию длительных температурно-влажностных воздействий на свойства хризотил-цементных образцов, выпиленных из листов, использованных в натурном эксперименте.

Положительные результаты выполняемого натурного эксперимента с плоскими хризотил-цементными листами в сложном по климату Южно-Уральском регионе могут дать этой продукции широкий выход в теплоэффективное строительство для применения их на плоских крышах промышленных и гражданских зданий в качестве несущей и гидроизоляционной со-ставляющей.

Ключевые слова: плоская крыша, хризотил-цементный лист, несущая и гидроизоляционная составляющая покрытия

Список литературы

1. *Пицкель Л.Н.* Лотковые обычные и армированные асбестоцементные плиты для покрытий промышленных зданий. Кандидатская диссертация, 1962. 204 с.
2. *Щербак Н.Н.* Разработка и исследование вентилируемых зданий из панелей каркасного типа. Кандидатская диссертация. 1972. 176 с.
3. *Задирака Г.Н.* Бесчердачные вентилируемые кровли «Урал» с использованием хризотил-цементных листов // Строительные материалы. 2008. № 9. С. 16–17.

УДК 692.415

В.В. ТЫСЯЧУК, директор, М.А. ГУБАРЕВА, нач. лаборатории,
 А.А. КУПРИНА, инженер-технолог, ООО «Экстростройматериалы»;
 А.В. СВИНАРЕВ, директор ООО «Экспериментальный цех Экстростройматериалы» (Белгород)

Буферные пенобетонные стяжки при реконструкции плоских кровель

Реконструкция плоских кровель промышленных и гражданских зданий на территории Российской Федерации – это один из наиболее частых и естественных видов строительных работ. Несмотря на появление новых кровельных материалов, явное улучшение культуры труда при устройстве наплавляемой гидроизоляции, огромные денежные средства ежегодно тратятся на текущие и капитальные ремонты кровель такого типа. Протечки, вздутия, складки, трещины и прочие дефекты кровельного ковра приводят к существенному удорожанию эксплуатации зданий.

В рамках текущего ремонта кровель, который проводится либо при появлении первых признаков протекания кровли, либо по результатам оценки состояния кровли, производят наклейку одного или двух слоев рулонных наплавляемых материалов. Долговечность подобного ремонта, как правило, невелика – всего 2–4 г., и надо вновь производить наклейку следующих слоев гидроизоляции кровли. В результате подобного постоянного ремонта гидроизоляционный ковер кровли может иметь толщину 200 мм (рис. 1.)

Одной из основных причин столь малого срока безремонтной эксплуатации кровель служит насыщение водой различных элементов кровли как при непосредственном устройстве кровли, так и при ее последующей эксплуатации. Избыток влаги появляется в элементах кровли при ведении работ в осенне-зимний период; во время осадков намокают элементы кровли при повреждениях кровельного ковра, при отсутствии либо нарушении сплошности пароизоляционной мембраны. При попадании воды либо водяного пара внутрь конструкций кровельного пирога происходит намокание теплоизоляционного слоя кровли, уложенного под слоем

рулонной гидроизоляции. Этому способствуют также те строительные решения, которые наиболее популярны в настоящее время. Широко используется засыпка керамзитовым гравием, теплоизоляция кровель волокнистыми минераловатными плитами с высоким водопоглощением. Утеплители с высоким водопоглощением склонны к накапливанию воды под слоем гидроизоляции. При этом вода может концентрироваться не в месте протечки через гидроизоляцию, что существенно затрудняет поиск места повреждения кровли. При нагреве кровли за счет солнечной энергии (летом до 85°C) влага из теплоизоляционного слоя испаряется с созданием избыточного давления под гидроизоляционной мембраной и, как следствие этого, возникают вздутия, пузыри, отрыв кровельного ковра (рис. 1). Эти повреждения формируют последующие нарушения гидроизоляционного слоя, ведущие к протечкам воды. Ремонт кровли, заключающийся в повторной наклейке гидроизоляции, неэффективен, поскольку не устраняет причину возникновения дефектов кровли, заключающуюся в повышенном водосодержании теплоизоляционного слоя кровли.

Радикально исправить положение может только капитальный ремонт кровли, при котором кровельный пирог целиком демонтируется. Но капитальный ремонт кровли представляет собой комплекс дорогостоящих строительных работ, включающий большой объем финансовых вложений в демонтаж и вывоз строительного мусора. Кроме того, во время капитального ремонта кровли создается опасность причинения существенного финансового ущерба внутренней отделке и оборудованию здания, так как при выпадении осадков при снятой кровельной гидроизоляции вероятно попадание воды внутрь здания.

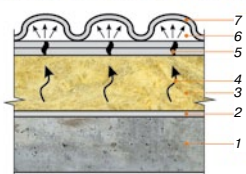
В некоторой степени найти решение этой проблемы возможно при устройстве так называемых дышащих кровель (рис. 2). В этом случае в нижнем слое водоизоляционного ковра за счет его частичного закрепления к основанию создается сеть каналов, по которым идет последующий сброс избыточного давления под гидроизоляционной мембраной. Это решение имеет несколько существенных минусов:

- высокая трудоемкость устройства элементов кровли; сложные в исполнении узлы вывода паровоздушной смеси;
- при повреждении кровли в одном месте влага по системе подкровельных каналов распространяется по поверхности всей кровли; найти место протечки при этом практически невозможно, зачастую приходится демонтировать весь кровельный ковер;
- при устройстве дышащей кровли поверх старого гидроизоляционного ковра не устраняются места застоя воды, практически всегда имеющие место на старых кровлях, особенно при повышенной толщине гидроизоляционного ковра.



Рис. 1. Гидроизоляционный ковер плоской кровли после многочисленных ремонтов

УЗЕЛ 01 Ремонт рулонной кровли без применения пенобетона



УЗЕЛ 02 Ремонт рулонной кровли с применением пенобетона

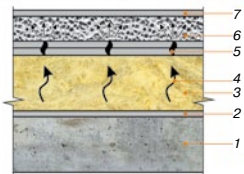


Рис. 2. Разрез плоской кровли после обычной реконструкции (наклейка нового гидроизоляционного ковра): 1 – основание кровли, как правило, железобетонная плита; 2 – слой пароизоляции; 3 – слой старой, увлажненной из-за протечек теплоизоляции (минеральная вата, пенополистирол, керамзит, легкий бетон и т. п.); 4 – путь миграции паровоздушной смеси в теплоизоляционном слое при нагреве кровли; 5 – повреждения старого гидроизоляционного ковра; 6 – избыточное давление, создаваемое мигрирующими водяными парами; 7 – вздутия на поверхности новой кровельной мембраны, уложенной при реконструкции кровли

Рис. 3. Разрез плоской кровли при реконструкции с использованием монолитного пенобетона: 1 – основание – железобетонная плита; 2 – пароизоляция; 3 – старый теплоизоляционный слой; 4 – пути миграции паровоздушной смеси в теплоизоляционном слое кровли; 5 – повреждения старого гидроизоляционного ковра; 6 – распределение мигрирующей паровой смеси в поровом пространстве пенобетонного слоя; 7 – слой новой гидроизоляции, уложенной при реконструкции

- подготовка основания для устройства буферной пенобетонной стяжки: срезка складок, отслоений, пузырей до основания, уборка мусора, отслоившейся посыпки, удаление воздушных полостей;
- приемка скрытых работ;
- устройство буферных пенобетонных стяжек толщиной 40–100 мм;
- при необходимости устройство вертикальных переходов (выкружек) также из монолитного пенобетона;
- грунтование основания битумными грунтовками согласно рекомендациям поставщика гидроизоляционного покрытия кровли;
- устройство кровельного гидроизоляционного ковра в два слоя;
- установка кровельных вентиляторов (флюгарок) из расчета 1 шт. на 150–200 м².

При такой конструкции кровли слой монолитного пенобетона служит буферным пространством для паров воды. Повышенное давление, создаваемое испаряющейся из теплоизоляционного слоя кровли водой, равномерно распределяется внутри обширного порового пространства пенобетона, не приводя к повреждениям кровельного гидроизоляционного ковра. Именно это эффект объясняет, почему слои рулонной гидроизоляции на кровлях из пенобетона лежат без ремонта более десяти лет при полном отсутствии вздутий и иных повреждений. Сходный механизм имеет и эффект морозостойкости ячеистых бетонов, только при замерзании в поровое пространство пенобетона отжимается не пар, а растут кристаллы льда, не повреждая самого материала.

Отдельно следует отметить эффект, названный «самовысыханием» пенобетона. Физико-химическое связывание воды при твердении портландцемента гидратными новообразованиями обеспечивает уменьшение водосодержания неавтоклавного пенобетона даже внутри герметически замкнутых пространств. Это происходит при укладке монолитного пенобетона в буферные теплоизоляционные стяжки, колодцевую кладку, заполнение прочих строительных полостей неавтоклавым пенобетоном. При поглощении воды интенсифицируется твердение пенобетона. Таким образом, высыхающий пенобетон повышает свои прочностные характеристики. Общеизвестным является факт возможности длительного твердения цементного бетона вообще и цементного пенобетона в частности. Это позволяет пенобетонной стяжке даже при последующем попадании воды в результате повреждений гидроизоляционного покрытия, самостоятельно высыхать при гидратации цементной матрицы пенобетона. Надо отметить, что практика работ с монолитным пенобетоном при устройстве плоских кровель убедительно показывает, что в кровлях с использова-

Марка пенобетона по средней плотности	Прочность при сжатии, МПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·град)	Термическое сопротивление слоя пенобетона толщиной 100 мм	Масса 1 м ² слоя пенобетона толщиной 100 мм с учетом эксплуатационной влажности, кг	Примечания
250	0,3	0,055	1,8	26	Используется только как теплоизоляционный материал, а также для заполнения полостей
300	0,6	0,07	1,4	31	
400	1	0,1	1	42	Возможно использование в качестве основания для устройства мягкой кровли
500	1,4	0,12	0,8	52	
600	1,6	0,15	0,7	63	



Рис. 4. Оборудование для производства и подачи пенобетонной смеси размещается в кузове грузового автомобиля. Большую часть рабочего места занимает склад вяжущих веществ и наполнителей



Рис. 5. На фотографии представлен один из этапов реконструкции плоской кровли с применением монолитного неавтоклавного пенобетона. Видна стяжка из пенобетона, лежащая на старом гидроизоляционном ковре. Следующий и последний этап проведения работ – устройство гидроизоляционного ковра из битумных наплавляемых материалов поверх стяжки из пенобетона

Эффективным решением при реконструкции плоских кровель является применение монолитного неавтоклавного пенобетона. При этом на поверхности старого гидроизоляционного ковра устраиваются стяжки из пенобетона. Далее на поверхность пенобетонной стяжки наплавляется новый кровельный ковер (рис. 3). Полностью технология реконструкции плоских кровель представляет собой ряд следующих этапов:

- оценка состояния плоской кровли: определение зон застоя воды, наличия повреждений кровельного ковра и пр.;

нием неавтоклавного пенобетона пароизоляционный слой не является необходимым. Это также можно объяснить эффектом «самовысыхания».

Производство пенобетонной смеси осуществлялось с использованием так называемой одностадийной технологии производства пенобетонной смеси. При этом исключается предварительное приготовление двухфазной пены. На оборудовании приготавливалась трехфазная пена за один передел, при этом из цепочки технологического оборудования исключался пеногенератор. При производстве пенобетонной смеси на строительной площадке принципиальным требованием является минимально необходимый комплект оборудования. Подача пенобетонной смеси производилась нагнетанием давления внутрь рабочей камеры пенобетоносмесителя. Этот способ позволяет отказаться от использования насосов при транспортировании пенобетона, при высоте подачи пенобетонной смеси до 30 м. Таким образом, производство и подача монолитного пенобетона осуществлялись одним агрегатом — пенобетоносмесителем, совмещающим в себе функции пеногенератора, смесителя пенобетона и насоса (рис. 4).

Поскольку требования экономической эффективности ремонта плоских кровель требуют устройства буферных пенобетонных стяжек минимальной толщины, это налагает ряд особых требований к физико-механическим свойствам пенобетона (см. таблицу). Обязательно наличие в составе пенобетона комплексной модифицирующей добавки, в состав которой вводится водоудерживающая добавка. В противном случае невозможно обеспечить гарантированный набор прочности, особенно летом при интенсивном нагреве основания под заливку пенобетона. Тонкослойная укладка требует обязательного объемного армирования для предотвра-

щения развития усадочных деформаций. Объемное сетчатое армирование цементной матрицы пенобетона проводится гидравлически активными силикатными волокнами. В составе комплексной добавки желательное использование добавок водоредуцирующего действия. Иногда необходимо использование добавок — ускорителей схватывания и твердения пенобетонной смеси. Подбор комплексной добавки должен проводиться строительной лабораторией с учетом того, что многие виды модифицирующих добавок имеют явно выраженный пеногасящий эффект, например суперпластификаторы нафталино-формальдегидного типа.

По итогам многолетних работ, связанных с реконструкциями плоских кровель с применением буферных пенобетонных стяжек, можно выделить следующие положительные эффекты такой конструкции и такого материала:

- срок безремонтной эксплуатации возрастает до 10–20 лет;
- укладка монолитного пенобетона ведется промышленными методами: бригада из двух человек может укладывать до 700 м² пенобетонных стяжек в смену;
- пенобетонные стяжки обеспечивают дополнительную теплоизоляцию кровли (см. таблицу);
- при укладке монолитных пенобетонных стяжек устраняются неровности кровли, отсутствуют места застоя воды;
- технология наклейки рулонных битумных материалов проста и ничем не отличается от технологии наклейки этих материалов на обычный цементно-песчаный раствор.

Ключевые слова: монолитный пенобетон, гидроизоляция, плоская кровля.

ООО «ЭКСТРОЙМАТЕРИАЛЫ» — лучшие пенобетоносмесители в России!

Проблемы производства монолитного пенобетона

Строители России за последнее десятилетие успели привыкнуть к использованию монолитного пенобетона. Вместе с тем, надо отметить, что до массового производства этого материала на строительных площадках еще очень далеко. Почему же так происходит? Что мешает внедрению нашего материала? Ведь все прекрасно знают о его достоинствах.

Причина, по которой многие строительные организации и частные застройщики отказываются от организации производства пенобетона заключается в следующем. Сложилось такое мнение, что производство пенобетона это непростая задача, которая по силам только специалистам высокой квалификации. И эти слухи небеспочвенны.

Дело в том, что стандартный комплект оборудования от стандартного изготовителя представляет собой как минимум три устройства: **низкооборотный растворосмеситель, пеногенератор, насос для подачи пенобетонной смеси.**

Для эксплуатации такого оборудования необходимо не менее 2-х человек. Причем, работник, который будет ежедневно настраивать пеногенератор должен иметь высшее профильное образование. Естественно, что такое невозможно — и производят пенобетон обычные рабочие, с квалификацией каменщика, либо штукатура. Да и работа с тремя (!) единицами оборудования усложняет и без того непростое производство. Результат — предсказуемо плох. Отсюда нарекания к материалу, хотя справедливости ради надо отметить, что основные претензии здесь надо высказывать к оборудованию.

Преимущества оборудования ООО «Экстройматериалы»

Купив оборудование ООО «Экстройматериалы», Вы получаете функции трех агрегатов (смеситель, пеногенератор, насос для подачи пенобетона) в составе одного. Этот агрегат называется высокооборотный турбулентный пенобетоносмесителем серии СПБУ. Приготовление пены, получение пенобетонной смеси и подача ее к месту работ производятся одной единицей оборудования — пенобетоносмесителем.

При этом Вам не нужен высокопрофессиональный персонал, эксплуатировать пенобетоносмеситель может каменщик или штукатур.

Процесс производства пенобетона теперь очень напоминает процесс производства любого другого бетона — дозация, перемешивание, выгрузка. Обучение рабочего производству пенобетона проводится по нашим методическим указаниям за 1-2 часа.

Особенно удобным производство монолитного пенобетона делает возможность его механизированной подачи на высоту до 30 метров и длину до 100 метров. Причем Вам не понадобятся специальные насосы — с этим справится сам пенобетоносмеситель.

Обязательно надо отметить, что мы предлагаем Вам купить абсолютно надежное оборудование — гарантия на оборудование 1,5 года.

Позвоните нам по телефону 8-910-320-58-49 и Вы получите бесплатную консультацию по технологии производства монолитного пенобетона

ООО «ЭКСТРОЙМАТЕРИАЛЫ»
Телефон офиса в Москве
+7 (495) 923-09-32
www.penostroy.ru



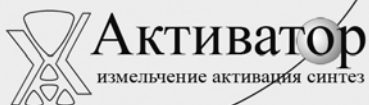
Лучшее оборудование для производства монолитного пенобетона — пенобетоносмесители ООО «Экстройматериалы»



Производство монолитного пенобетона ведется с борта грузового автомобиля. Виден процесс загрузки пенобетоносмесителя



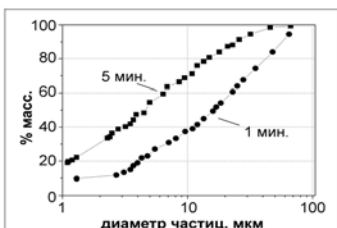
Подача пенобетонной смеси для теплоизоляции кровли 10-ти этажного дома



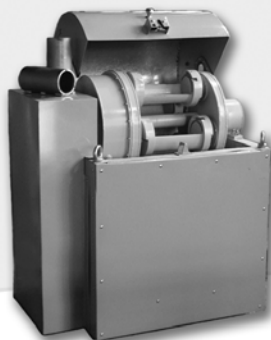
Лабораторные мельницы «Активатор» для заводских и исследовательских лабораторий.



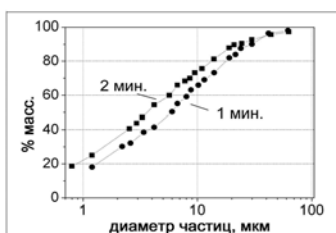
Активатор-2SL



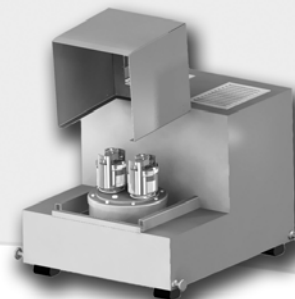
Для пробоподготовки материалов



Активатор-4M



Для наработки небольших партий материалов



Активатор-2S

Для помола материалов в ударном, сдвиговом, вихревом режимах

www.activator.ru >>

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

Реклама



Новосибирский государственный аграрный университет
Томский государственный архитектурно-строительный университет
Выставочный центр «ITE Сибирская ярмарка»



Международная научно-техническая конференция «РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНЫХ РЕСУРСОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

5–8 февраля 2013 г.

Новосибирск, Экспоцентр

Темы конференции:

1. Теоретические и методологические вопросы развития науки о ресурсо-сберегающих технологиях в строительстве.
2. Физико-химические процессы, связанные с внедрением ресурсо-сберегающих технологий.
3. Проблемы развития материально-технической базы для внедрения новых технологий для производства строительных материалов и изделий.
4. Пути совершенствования качества и технологического обеспечения строительных материалов на основе местного сырья за счет применения добавок направленного действия.
5. Нормативная база и экономико-организационные вопросы эффективного внедрения новых ресурсо-сберегающих технологий в строительном комплексе.

Материалы для сборника научных трудов направлять до 15.12.2012 г.: адрес электронной почты – mail:gmunsau@mail.ru, почтовый адрес: 630099, г. Новосибирск, 99, Главпочтамт, абонентский ящик № 257, Пичугину А.П.

Информационная поддержка:

Научно-технический журнал

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®**

Оргкомитет:

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

УДК 691.327:666.973

С.Н. ЛЕОНОВИЧ, д-р техн. наук, Н.Л. ПОЛЕЙКО, канд. техн. наук,
Белорусский национальный технический университет;
С.В. ЖУРАВСКИЙ, директор ООО «Белкальматрон» (Минск, Беларусь);
Ю.Н. ТЕМНИКОВ, канд. техн. наук, директор ООО «Кальматрон-СПб» (Санкт-Петербург)

Эксплуатационные характеристики бетона строительных конструкций с применением системы «Кальматрон»

Учитывая тенденцию последних лет использования в промышленности строительных материалов отходов производства, применения для изготовления бетонных и железобетонных конструкций вяжущих с пониженным содержанием клинкерного фонда, необходимо решать вопросы долговечности этих конструкций даже при эксплуатации в нормальных атмосферных условиях [1].

Водонепроницаемость – одна из технических характеристик, определяющих долговечность бетонных конструкций.

Проницаемость бетона в значительной степени зависит от состава бетонной смеси, качества уплотнения, ухода за бетоном, степени гидратации цемента и условий эксплуатации конструкций.

Технологический процесс изготовления конструкций, режим тепловлажностной обработки бетона сопряжены с большой вероятностью образования температурных, усадочных и силовых трещин, наличием зон контакта свежееуложенной бетонной смеси и затвердевшего бетона, наличием водных пленок под арматурой и крупным заполнителем.

Постоянная миграция влаги в массиве бетона за счет капиллярного подсоса, испарения, перепада температуры на различных поверхностях являются определяющим фактором интенсификации разрушения цементного камня.

Снижение проницаемости бетонных конструкций достигается различными способами, но наиболее эффективным является кольтматация пор и капилляров бетона [2–4].

Для бетонных и железобетонных конструкций наибольший интерес представляют неорганические растворные смеси на основе цементного вяжущего, реализующие проникающие и кольтматирующие свойства в присутствии воды. К такого рода материалам относится система материалов «Кальматрон», которая представляет собой серию цементирующих материалов капиллярного действия, обеспечивающих водонепроницаемость

бетона, цементно-песчаного раствора и других цементосодержащих капиллярно-пористых материалов. Эффект водонепроницаемости обеспечивается за счет ряда строго последовательных химических реакций, продолжающихся во времени, проходящих внутри структуры бетона между его составляющими с компонентами, содержащимися в растворе смеси «Кальматрон» [4–8].

Состав «Кальматрон» – это жесткая однокомпонентная смесь проникающего действия, изготавливается согласно СТБ 1543-2005, EN 1504-2 (CE 1397-CPD-0198). Он представляет собой готовый к применению сухой сыпучий материал серого цвета с белыми включениями, состоящий из портландцемента, кварцевого песка и комплексной химической добавки. По физико-механическим показателям состав «Кальматрон» должен соответствовать требованиям, указанным в табл. 1.

Составляющие бетонной смеси с добавкой «Кальматрон» вводятся в бетоносмеситель в следующем порядке: песок, щебень гранитный фракций 5–10 и 10–20, состав «Кальматрон», цемент. Время перемешивания сухих составляющих с составом «Кальматрон» не

Таблица 1

Наименование показателя	Нормативные значения
Внешний вид	Серый порошок с серыми включениями
Влажность, %, не более	1
Сроки схватывания, мин	
– начало, не менее	30
– окончание, не более	180
Прочность при сжатии, МПа, не менее	25
Марка по морозостойкости, не менее	F300
Марка по водонепроницаемости, не менее	W10
Коррозионное состояние стальной арматуры	Устойчиво-пассивное
Удельная поверхность см ² /г	2874

Таблица 2

Номер состава	Расход материалов, кг/м ³				
	Цемент	Песок	Щебень гранитный фракций		Кальматрон
			5–10	10–20	
1	430	547	731	487	–
2	414	547	731	487	16,6
3	417	547	731	487	13
4	527	611	800	343	–
5	507	611	800	343	20
6	511	611	800	343	16,6

Таблица 3

Номер состава	Среднее значение $R_{сж}$, МПа	Прирост прочности, %
1	37,8	–
2	41,9	10,8
3	38,3	1,3
4	43,6	–
5	44,4	1,8
6	46	10,5

Таблица 4

Номер состава	Среднее значение водопоглощения, %	Снижение водопоглощения, %
1	5,49	–
2	5,14	6,4
3	5,21	5,1
4	5,86	–
5	5,14	12,2
6	5,33	9

Таблица 5

Номер состава	$\bar{\lambda}_1$	α	$\bar{\lambda}$
1	0,80/1,24	0,24/0,96	0,38/1,2
2	0,76/1,2	0,2/0,93	0,24/1,25
3	0,8/1,24	0,21/0,99	0,33/1,18
4	0,76/1,17	0,19/0,88	0,24/1,16
5	0,83/1,29	0,29/0,99	0,51/1,27
6	0,76/1,24	0,19/0,99	0,23/1,26

Примечание. Перед чертой приведена пористость образцов в возрасте 28 сут твердения в нормально-влажностных условиях, за чертой – с выдержкой образцов 14 сут в воде.

менее 2–3 мин, затем вводится вода, и смесь дополнительно перемешивается 2–3 мин.

Подвижность бетонной смеси составляла ОК=2–4 см для всех составов. Из каждого состава (табл. 2) изготавливали контрольные образцы для определения показателей пористости, морозостойкости, водонепроницаемости и водопоглощения. Прочность бетона определяли на образцах-кубах размером 100×100×100 мм согласно ГОСТ 10180–90 (табл. 3).

Анализ результатов испытания образцов на прочность при сжатии показывает, что оптимальным расходом системы «Кальматрон» является 16,6 кг/м³ (табл. 4). Водопоглощение бетона определяли на образцах-кубах размером 100×100×100 мм по ГОСТ 12730.3–78. Снижение во-

допоглощения бетонных образцов с системой «Кальматрон» достигало от 5,1 до 12,2% в зависимости от состава бетона и расхода добавки (табл. 4).

Водонепроницаемость бетона определяли на образцах-цилиндрах диаметром 150 мм по ГОСТ 12730.5–84 методом «мокрого пятна». Водонепроницаемость бетонных образцов с системой «Кальматрон» увеличилась на 1–2 марки с W8 до W10–W12.

Морозостойкость бетона определяли на образцах-кубах 100×100×100 мм по ГОСТ 10160.2–95 – третий метод. Составы № 1, № 3, № 4 соответствуют марке по морозостойкости F150, а составы № 2, № 5, № 6 – F200.

При исследовании поровой структуры бетона с системой «Кальматрон» получены результаты, подтверждающие изменение среднего размера и показателя однородности размеров открытых капиллярных пор в зависимости от условий и сроков твердения бетона [4].

Величину показателя пористости определяли по кинетике водонасыщения бетонных образцов, высушенных до постоянной массы дискретным взвешиванием через 0,25; 1; 24 и 48 ч. Параметры пористости λ и α серий образцов определяли как среднее арифметическое значение результатов испытаний всех образцов серии (табл. 5) [8].

На образцах первой серии определяли изменение параметров показателей пористости в разные сроки твердения. Для этого определяли водопоглощение первой серии на бетонных образцах после 28 сут твердения в нормально-влажностных условиях. Затем образцы в течение 14 сут выдерживали в воде и повторно проводили определение водопоглощения (табл. 6).

Влияние условий твердения на поровую структуру бетона определяли на второй серии образцов, которые сутки выдерживали в форме и 27 сут – в воде. Затем бетонные образцы дополнительно выдерживали еще 14 сут в воде и повторно проводили дискретное взвешивание (табл. 7, 8).

В результате исследований установлено, что водопоглощение бетонных образцов меняется.

Показатели пористости значительно изменяются со временем. Повторные исследования через 14 сут водного твердения показали динамику снижения водопоглощения бетонных образцов, изменение показателей однородности размеров открытых капиллярных пор и показателей среднего размера открытых капиллярных пор. Это подтверждает предположение, что со временем в результате химических реакций происходит кольматация капиллярных пор, снижается водопоглощение бетона, увеличивается его водонепроницаемость и долговечность.

В результате промышленной апробации на заводе «Спецжелезобетон» была изготовлена тридцать одна виброгидропрессованная труба. Восемь труб содержали систему «Кальматрон». Контрольные трубы испытывали избыточным давлением в 1,2 МПа, основные с системой «Кальматрон» – давлением 1,4 МПа. Гидростатические испытания труб проводили постепенным повышением давления на 0,1–0,25 МПа/мин

Таблица 6

Номер состава	Водопоглощение, мас. %			
	$W_{15 \text{ мин}}$	$W_{1 \text{ час}}$	$W_{1 \text{ сут}}$	$W_{2 \text{ сут}}$
1	2,86/1,4	4,35/2,22	5,64/5,41	5,69/5,44
2	2,76/1,22	4,3/1,93	5,51/5,42	5,82/5,47
3	3,09/1,27	4,38/2,1	5,79/5,42	5,89/5,47
4	2,81/1,24	4,83/2,4	6,23/5,93	6,42/5,93
5	2,88/1,19	4,47/2	6,16/5,48	6,35/5,49
6	2,76/1,18	4,36/1,96	6,15/5,47	6,31/5,5

Примечание. Перед чертой приведено начальное водопоглощение образцов, за чертой – после выдержки их в течение 14 сут в воде.

Таблица 7

Номер состава	Водопоглощение, % по массе			
	W _{15 мин}	W _{1 час}	W _{1 сут}	W _{2 сут}
1	1,27/0,73	2,12/1,08	5,74/4,12	5,91/5,16
2	1,53/0,75	2,51/1,16	5,86/4,84	5,98/5,59
3	1,64/0,89	2,71/1,39	5,98/5,37	6,08/5,85
4	1,88/0,92	3,07/1,49	6,5/5,81	6,58/6,43
5	1,59/0,71	2,49/1,11	6,15/4,72	6,26/5,75
6	1,77/0,8	2,7/1,32	6,2/5,41	6,32/6,02

Примечание. Перед чертой приведено начальное водопоглощение образцов, за чертой – после выдержки их в течение 14 сут в воде.

до указанных значений и выдерживали под испытательным давлением в течение 10 мин. Трубы считаются выдержавшими испытания на водонепроницаемость, если к моменту его окончания на поверхности труб не будет обнаружено фильтрации воды в виде влажных пятен, капель или течи. Результаты испытаний труб приведены в табл. 9.

Проведенные исследования по использованию системы «Кальматрон» в качестве кольматирующей добавки в бетон показали, что химические реагенты равномерно распределяются в объеме бетонной смеси на стадии приготовления, растворяются в воде затворения и вступают в химические реакции с активными составляющими цемента. В результате формируются сложные соли, способные создавать нерастворимые кристаллогидраты. Их образование происходит постепенно, с меньшей скоростью, чем реакции гидратации цемента, поэтому сеть новообразованных кристаллов заполняет капилляры, микротрещины и поры бетона. При этом кристаллы являются составной частью структуры бетона и оказывают влияние на его физико-механические свойства [5].

Процесс формирования кристаллов приостанавливается в результате снижения влажности бетона. Во время эксплуатации конструкции, например при увеличении гидростатического давления, химическая реакция кристаллообразования возобновляется, в результате чего повышается водонепроницаемость бетона, что позволяет изготавливать виброгидропрессованные трубы со стабильным показателем напорности [6, 7]. В последующем завод «Спецжелезобетон» выпустил промышленную партию указанных труб с применением системы «Кальматрон».

Ключевые слова: кольматирующая добавка, капиллярные поры, бетон, водопоглощение, морозостойкость, железобетонные конструкции.

Список литературы

1. Розенталь Н.К. и др. Защитные материалы проникающего действия для повышения долговечности конструкций: В кн. Долговечность строительных конструкций. Теория и практика защиты от коррозии. М.: Центр экономики и маркетинга, 2002. С. 75–79.
2. Герчин Д.В. Особенности применения защитного состава «Кальматрон» для повышения долговечности бетонов зданий и сооружений: Мат. междунар. конф. «Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве». СПб: Роза мира, 2007. С. 338–343.
3. Полейко Н.Л. и др. Применение гидрофобизатора типа «Кальматрон» в производстве железобетонных труб методом: Мат. докл. Междунар. науч.-технич. конф. «Наука и технология строительных материалов: состояние и перспективы развития». Минск: БГТУ, 2005. С. 216–219.

Таблица 8

Номер состава	$\bar{\lambda}_1$	α	$\bar{\lambda}$
1	0,76/1,21	0,14/0,8	0,13/1,16
2	0,83/1,27	0,29/0,98	0,51/1,28
3	0,69/1,21	0,1/0,88	0,25/1,24
4	0,7/1,17	0,11/0,87	0,24/1,15
5	0,69/1,18	0,1/0,88	0,25/1,16
6	0,7/1,29	0,11/0,88	0,24/1,16

Примечание. Перед чертой приведена пористость образцов, твердевших 1 сут в нормально-влажностных условиях и 27 сут в воде; за чертой – образцы дополнительно выдерживали 14 сут в воде.

Таблица 9

№ состава	Количество труб		Испытательное давление, МПа	Результаты испытаний, количество труб
	контрольных	с добавкой «Кальматрон»		
1	23	–	1,2 1 0,8	21 1 1
2	–	8	1,4	8

4. Полейко Н.Л. и др. Структура порового пространства бетона с добавкой «Кальматрон»: Сб. статей междунар. науч.-практ. семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров РБ». Минск: БНТУ, 2006. С. 126–131.
5. Полейко Н.Л. и др. Повышение долговечности бетона с применением состава «Кальматрон»: Мат. междунар. конф. «Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве». СПб: Роза мира, 2007. С. 377–383.
6. Полейко Н.Л. и др. Повышение физико-механических свойств бетона смесью «Кальматрон» при производстве напорных труб: Сб. тр. XVI междунар. науч.-методич. семинара «Перспективы развития новых технологий в строительстве и подготовке инженерных кадров РБ». Брест: БГТУ, 2009. С. 77–81.
7. Полейко Н.Л. и др. Повышение эксплуатационных характеристик бетона строительных конструкций с применением системы «Кальматрон»: Сб. статей II междунар. симпозиума «Проблемы современного бетона и железобетона». 21–23 октября 2009. Минск. С. 365–375.
8. Полейко Н.Л. и др. Физико-механические характеристики бетона строительных конструкций с системой «Кальматрон» // Строительная наука и техника. 2011. № 4(37). С. 58–61.

УДК 666.974

А.Н. АБЫЗОВ, канд. техн. наук, ООО «Ключевская обогатительная фабрика» (пос. Двуреченск, Свердловская обл.); В.М. РЫТВИН, д-р эконом. наук, ОАО «УК «РосСпецСплав» (Екатеринбург); В.А. АБЫЗОВ, канд. техн. наук, Южно-Уральский государственный университет (Челябинск); В.А. ПЕРЕПЕЛИЦЫН, д-р геолого-минералогических наук, ОАО «Восточный институт огнеупоров» (Екатеринбург); В.Г. ГРИГОРЬЕВ, канд. физ.-мат. наук, ОАО «УК «РосСпецСплав» (Екатеринбург)

Жаростойкие и огнеупорные бетоны на основе вяжущих и заполнителей из шлаков ферросплавного производства

Номенклатура сырьевых материалов для приготовления составляющих жаростойких бетонов может быть расширена за счет использования различных промышленных отходов, среди которых значительное место занимают металлургические шлаки. Анализ химико-минералогического состава и свойств шлаков заводов нашей страны показывает, что многие из них могут служить ценным сырьем для приготовления компонентов жаростойких бетонов. Использование отходов позволит расширить сырьевую базу и будет способствовать оздоровлению окружающей среды.

Наиболее перспективными сырьевыми материалами из металлургических шлаков являются ферросплавные. На их основе можно получать вяжущие, заполнители, тонкомолотые добавки и отвердители для жаростойких и огнеупорных бетонов с температурой применения 800–1700°C [1, 2].

В качестве вяжущего для жаростойких бетонов применяются шлаки алюминотермического производства безуглеродистого феррохрома следующего состава, мас. %: Al_2O_3 – 50–60; CaO – 13–25; MgO – 10–20; Cr_2O_3 – 3–12; FeO – 0,1–2; SiO_2 – 0,5–5.

Фазовый состав шлаков представлен алюминатами состава $CaO \cdot Al_2O_3$ и $12CaO \cdot 7Al_2O_3$ и алюмомагнезиальной хромсодержащей шпинелью. При содержании в шлаках SiO_2 более 4% они при остывании могут распадаться за счет образования γ - $2CaO \cdot SiO_2$. По содержанию основных оксидов эти шлаки близки к некоторым видам известково-магнезиальных глиноземистых цементов, широко применяемых в зарубежной практике. Достоинством данных цементов является повышенное содержание шпинели. Это придает бетонам на их основе высокую огнеупорность, устойчивость в агрессивных средах и малую усадку после нагревания.

После помола шлаки безуглеродистого феррохрома приобретают свойства быстротвердеющего гидравлического вяжущего с прочностью в трехсуточном возрасте 20–35 МПа.

При изучении жаростойких свойств гидратированного шлакового вяжущего установлено, что минимальная остаточная прочность полученного цементного камня образцов после воздействия температуры 1200°C составляет 35–60%; усадка 1,3–1,6%; огнеупорность 1520–1540°C; температура деформации под нагрузкой 0,2 МПа: начало размягчения 1220–1230°C; разрушение 1400–1500°C.

В качестве тонкомолотых добавок к жаростойким бетонам на портландцементе применяются шлаки от выплавки ферромолибдена, ферромарганца и силикомарганца, а в качестве отвердителей жаростойких бетонов на жидком стекле – самораспадающиеся феррохромовые шлаки [1]. Ферромолибденовый шлак, получающийся в результате силикотермической выплавки ферромолибдена, представляет собой бесщелочное стекло зеленова-

того цвета. Химический состав шлаков представлен в основном оксидами: SiO_2 – до 68%; $FeO + Fe_2O_3$ – до 20%; Al_2O_3 – до 15% и в небольших количествах CaO и MgO. Это предопределяет их высокую реакционную способность в отношении связывания свободного оксида кальция при нагревании. Тонкомолотый шлак (с удельной поверхностью 350 м²/кг), введенный в портландцемент в количестве 30–50% по массе, в такой же мере обеспечивает стойкость цементного камня в интервале 110–1000°C, как и тонкомолотый шамот. Огнеупорность полученного жаростойкого вяжущего 1030–1040°C [1].

Химический состав шлаков марганцевых ферросплавов представлен в основном SiO_2 – 29–52%; MnO – 10–27%; CaO – 12–43%; Al_2O_3 – 7–11%; MgO – 3–9% и в незначительном количестве SO_3 и FeO. Из шлаковых расплавов ферромарганца и силикомарганца получают плотные заполнители и пемзу. Они могут также применяться в качестве тонкомолотых добавок в жаростойких бетонах на портландцементе с температурой службы до 1000°C [1].

Распадающиеся шлаки ферросплавного производства, содержащие однокальциевый или двухкальциевый силикат, обеспечивают твердение и устойчивость жидкого стекла при нагревании до 1100–1300°C. В отличие от бетонов с отвердителями из кремнефтористого натрия бетоны со шлаковыми отвердителями устойчивы к щелочным средам, водостойки при нормальных и повышенных температурах, не выделяют вредных газообразных продуктов при нагревании. Эти вяжущие широко используются в тяжелых и легких жаростойких бетонах на жидком стекле.

Известно вяжущее, состоящее из глиноземистого цемента и добавок шлака алюминотермического производства ферротитана, что позволило повысить остаточную прочность глиноземистого цемента после нагревания до 1200°C на 50% и температуру разрушения под нагрузкой 0,2 МПа на 50°C.

Для снижения стоимости высокоглиноземистого цемента, ускорения сроков схватывания и быстрого набора прочности в естественных условиях в него целесообразно вводить добавки молотого шлака выплавки безуглеродистого феррохрома в количестве от 5 до 50%.

Из ферросплавных шлаков в качестве заполнителей жаростойких бетонов используются следующие: алюминотермической выплавки ферротитана (титаноглиноземистый) и металлического хрома (хромглиноземистый), отвалы и поризованные шлаки от выплавки ферромарганца и силикомарганца, углеродистого (передельного) феррохрома.

Шлаки от выплавки ферротитана в основном состоят из следующих оксидов, %: Al_2O_3 – 56–66; CaO – 16–24; MgO – 3–8; TiO_2 – 8–20. Они имеют плотную структуру, прочность при сжатии более 100 МПа, огнеупор-

Таблица 1

Свойства жаростойких бетонов на шлаковом вяжущем	Заполнитель	
	Шлак производства металлического хрома	Корунд
Средняя плотность после сушки при 110°C, кг/м ³	2600	2600
Предел прочности при сжатии после 3 сут твердения, МПа	35	36
Линейное изменение после нагревания до температуры эксплуатации, %	+0,27	+ 0,2
Термостойкость при 800°C, водные теплосмены	21	12
Коэффициент линейного термического расширения в интервале от 20 до 1000°C ⁻¹	(6–7,9)·10 ⁻⁶	(6,4–8,9)·10 ⁻⁶
Температура деформации под нагрузкой 0,2 МПа, °C: 4% деформация начало размягчения	1680 1700	1600 1640
Огнеупорность, °C	Более 1700	>1800
Максимальная температура применения, °C	1600	1600

Таблица 2

Свойства жаростойких бетонов на высокоглиноземистом цементе и шлаковых заполнителях	Бетон с заполнителем из	
	шлака металлического хрома	шлака ферротитана
Средняя плотность после сушки при 110°C, кг/м ³	2800	290
Предел прочности при сжатии, МПа	70	70
Остаточная прочность после нагрева до 800°C, %	50	50
Линейное изменение после нагревания до 1500°C, %	+0,64	+0,76
Термостойкость при 800°C, водные теплосмены	25	15
Огнеупорность, °C	1760	≥1550
Температура деформации под нагрузкой 0,2 МПа, °C: начало размягчения 4% деформация	1440 1600	1320 1380
Максимальная температура применения, °C	1600	1400

ность выше 1500°C, температуру деформации под нагрузкой 0,2 МПа выше 1450°C. Шлаки имеют высокую термическую стойкость и применяются в качестве заполнителей жаростойких бетонов на различных вяжущих с температурой службы 800–1450°C.

Шлаки производства металлического хрома состоят из следующих оксидов, %: Al₂O₃ – 70–82; CaO – 5–12; Cr₂O₃ – 5–15; MgO до 3; Na₂O – 0,5–1,5. Минералогический состав шлаков представлен корундом, β-глиноземом, хромовой шпинелью с включениями металлической фазы. Такой состав шлаков предопределяет их высокую прочность, огнеупорность (1750°C), термическую стойкость. Из шлаков от выплавки металлического хрома и ферротитана разработана и освоена в промышленных условиях технология получения высокоглиноземистых цементов. Эти цементы широко применяются для производства тяжелых и легких жаростойких бетонов.

Шлаки производства углеродистого (передельного) феррохрома содержат 85–90% оксидов SiO₂, Al₂O₃, MgO; 10–15% приходится на Cr₂O₃, FeO, CaO и MnO. По минералогическому составу они сложены в основном форстеритом, шпинелью, хромитом, что позволяет их использовать в жаростойких бетонах. Установлена возможность получения легкого заполнителя из расплавов данных шлаков путем поризации расплава добавками вермикулитовой руды или гидратированных алюминатов кальция. Высокие жаростойкие свойства шлаковой пемзы позволили применять ее в качестве заполнителя в жаростойких бетонах с температурой службы до 1100°C.

В качестве заполнителей тяжелых и легких жаростойких бетонов с температурой службы до 1000°C применяются отвальные и поризованные шлаки производства ферромарганца и силикомарганца.

На основе вяжущего, полученного из шлака алюминотермической выплавки безуглеродистого феррохро-

ма, заполнителей из шлака производства металлического хрома, корунда авторами разработаны тяжелые жаростойкие бетоны с температурой эксплуатации до 1600°C.

Анализ свойств этих бетонов (табл. 1) показывает, что по основным показателям они не уступают бетонам на высокоглиноземистом цементе.

Физико-механические свойства бетонов на заполнителях из шлаков производства углеродистого (передельного) феррохрома позволяют применять их вместо бетонов на портландцементе и шамотных заполнителях. Имея несколько большую среднюю плотность, чем бетоны на шамотных заполнителях, бетоны на шлаковых заполнителях обладают большей исходной и остаточной прочностью, термической стойкостью.

Бетоны на заполнителях из ферромарганцевых шлаков могут применяться вместо бетонов на портландцементе и шамотных заполнителях до 1000°C.

На портландцементе и заполнителях из поризованных шлаков от выплавки марганцовистых ферросплавов разработаны легкие жаростойкие бетоны со средней плотностью 1560–1720 кг/м³, прочностью при сжатии после сушки 16,5–20,5 МПа и температурой эксплуатации 800–1000°C.

На глиноземистом цементе с добавкой электрокорунда и заполнителях из шлака от выплавки ферротитана разработан бетон с температурой службы 1500°C. Особенностью свойств такого бетона является отсутствие усадки после нагревания до 1300 и 1500°C.

На глиноземистом цементе и заполнителях из шлака производства углеродистого и передельного феррохрома разработан тяжелый бетон с температурой службы до 1200°C, а на поризованном шлаке – легкий жаростойкий бетон с температурой службы до 1100°C.

В настоящее время широко применение в жаростойких бетонах находят высокоглиноземистый цемент

алюминотермического производства. На его основе разработаны жаростойкие бетоны с различными заполнителями с температурой службы 1300–1700°C. Наряду с шамотом, высокоглиноземистыми и корундовыми заполнителями в жаростойких бетонах на высокоглиноземистых цементах применяются заполнители из шлаков алюминотермического производства металлического хрома и ферротитана. Свойства бетонов на шлаковых заполнителях (табл. 2) позволяют считать их перспективными материалами для изготовления особо ответственных элементов футеровки тепловых агрегатов, работающих при 1400–1600°C [2].

Проведены исследования, в результате которых на основе фосфатного вяжущего и хромглиноземистого шлака (производства металлического хрома) разработан высокоогнеупорный бетон. Установлено, что в качестве связки можно применять ортофосфорную кислоту 30–70% концентрации, а в качестве заполнителей шлак с максимальной крупностью зерен 10 мм. Бетон на 30% кислоте обладает способностью твердеть в естественных условиях с образованием стабильной связки только при нагревании до 80–100°C. Прочность данного бетона составляет 35–50 МПа, а остаточная прочность после нагревания до 1700°C находится в пределах 80–100%. В процессе нагревания до 1300°C этот бетон характеризуется постоянством объема, а при более высокой температуре обладает незначительным расширением. Максимальная температура эксплуатации бетона 1700°C [1].

Шлаки ферросплавного производства могут применяться для приготовления не только тяжелых, но и легких жаростойких бетонов.

Разработана технология изготовления жаростойкого газобетона на фосфатном вяжущем и различных огне-

упорных наполнителях [1]. При использовании в качестве тонкомолотого огнеупорного наполнителя шлака выплавки металлического хрома получен фосфатный газобетон со средней плотностью 400–800 кг/м³, прочностью при сжатии 1–6 МПа, температурой применения 1350–1400°C. Из бетона можно изготавливать изделия любой конфигурации. Получен заполнитель типа керамзита фракции 0,14–20 мм с насыпной плотностью 500–850 кг/м³, огнеупорностью выше 1700°C. На основе данного заполнителя получены легкие бетоны с температурой службы 1200–1500°C.

Таким образом, применение шлаковых составляющих позволяет расширить сырьевую базу, снизить стоимость жаростойких бетонов, сэкономить значительное количество огнеупоров и цемента, в ряде случаев получать бетоны с более высокими показателями, чем на традиционных составляющих.

Ключевые слова: ферросплавные шлаки, жаростойкий бетон, жаростойкие свойства, высокоглиноземистый цемент, фосфатное вяжущее, огнеупорность.

Список литературы

1. Некрасов К.Д., Абызов А.Н. Жаростойкий бетон на основе шлаков ферросплавов. М.: Наука, 1986. С. 109–122.
2. Абызов А.Н., Перепелицын В.А., Рывин В.М., Игнатенко В.Г., Клинов О.А. Жаростойкие бетоны на основе алюминотермических шлаков ОАО «Ключевский завод ферросплавов» // Новые огнеупоры. 2007. № 12. С. 15–18.

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®**

5-я конференция

GS-EXPERT
исследования рынка
минерального сырья и строительных материалов

«Текущее состояние и перспективы развития строительного комплекса и промышленности строительных материалов»

1 февраля 2013 г.

ЦВК «Экспоцентр»

В программе конференции:

- пленарный доклад о результатах работы строительного комплекса РФ в 2012 г.
- доклады руководителей отраслевых ассоциаций о тенденциях развития подотраслей промышленности строительных материалов;
- доклады о наиболее острых проблемах строительного комплекса и промышленности строительных материалов;
- дискуссия.

К участию в конференции приглашаются руководители и ведущие специалисты российских и зарубежных компаний производителей строительных материалов, представители инвестиционных и девелоперских компаний, коммерческие директора, директора по маркетингу и развитию, маркетологи, представители региональных отраслевых органов исполнительной власти.

Генеральный партнер конференции:

KNAUF
Немецкий стандарт

При поддержке:

Российской гипсовой ассоциации

Союза производителей сухих строительных смесей

Ассоциации производителей керамических стеновых материалов

Телефон/факс: (499) 976-20-36, 976-22-08 E-mail: mail@rifsm.ru, rifsm@mail.ru

А.Г. КАСИКОВ, канд. хим. наук, В.В. ТЮКАВКИНА, Б.И. ГУРЕВИЧ, кандидаты техн. наук, Е.А. МАЙОРОВА, инженер, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева Кольского научного центра Российской академии наук (г. Апатиты, Мурманская обл.)

Водостойкие магнезиальные вяжущие на основе продуктов переработки шлака цветной металлургии

Развитие строительной отрасли неразрывно связано с разработкой и внедрением в производство долговечных строительных материалов с высокими эксплуатационными характеристиками и специальными свойствами. Магнезиальные вяжущие и материалы на их основе привлекают строителей своими уникальными свойствами: высокой прочностью, быстрым твердением, совместимостью практически с любыми видами заполнителей, негорючестью, термостойкостью, а значительное количество химически связанной воды в магнезиальном цементном камне делает его одним из лучших из существующих бетонов для биологической защиты от радиационного поражения. Однако широкое внедрение магнезиального вяжущего в строительную практику сдерживается нестабильностью свойств исходного сырья и отсутствием нормативных документов, оценивающих его качество. Существенным недостатком магнезиальных вяжущих является их низкая водостойкость и склонность к растрескиванию. В связи с этим возникает необходимость в поиске добавок, позволяющих целенаправленно формировать структуру магнезиального камня, обеспечивающую высокие показатели по прочности, водостойкости и гигроскопичности.

Распространенным способом регулирования свойств магнезиальных вяжущих и материалов на их основе является использование добавок. Наиболее часто применяемыми добавками являются такие отходы производства, как шлаки, шламы, золы-уноса ТЭС, микрокремнезем, пиритные огарки и т. д. [1–4].

В данной работе изучена возможность применения отвальных шлаков медно-никелевого производства и продуктов их переработки в качестве добавки, обеспечивающей повышение водостойкости магнезиальных цементов.

На первом этапе было исследовано влияние добавки отвальных гранулированных шлаков медно-никелевого производства комбината «Печенганикель» на свойства магнезиальных вяжущих, состоящих в основном из магнезиально-железистого стекла и содержащих 35–40 мас. % SiO_2 , 31–35 мас. % FeO и 2,5–4,5 мас. % Fe_2O_3 , а также 7–11 мас. % MgO и порядка 0,3–0,5 мас. % суммы цветных металлов меди, никеля, кобальта. Однако их введение в состав сульфидно- и оксихлоридного магнезиального вяжущего не принесло существенного эффекта. Прочность оксихлоридного магнезиального вяжущего через 28 сут в зависимости от содержания шлака составила 36,8–67,6 МПа, водостойкость при твердении образцов в воде – 0,35–0,43. При введении шлаков в состав сульфидно-магнезиального вяжущего прочность при сжатии через 28 сут составила 19,8–26,6 МПа, водостойкость – 0,61–0,98 [5].

С учетом того, что в литературе имеются сведения о повышении качества магнезиальных вяжущих за счет введения в них сульфатов некоторых металлов [6], а также того, что коллоидный кремнезем способствует формированию более плотной структуры [7], была предпринята попытка получения этих добавок из отвальных шлаков ОАО «Кольская ГМК». Ранее было показано [8], что растворы, содержащие одновременно сульфаты железа и магния, а также кремневую кислоту, могут быть получены при обработке отвальных шлаков медно-никелевого производства разбавленной серной кислотой.

Выщелачивание шлака проводили в термостатируемых колбах объемом 0,25–2 л, снабженных обратным холодильником. Необходимое количество 5–10% соляной или серной кислоты нагревали до 40°C и вносили навеску шлака (Ж:Т=10:1). Продолжительность эксперимента составляла 1–2 ч. Раствор отделяли от твердой фазы фильтрованием. Осадок промывали горячей водой и сушили при 105°C. Измеряли объем отфильтрованного раствора, промывной воды и вместе с осадком анализировали на содержание основных компонентов.

Во время эксперимента в условиях повышенной температуры и низкой pH в реакторе за счет растворения железосиликатной и магнезисиликатной части в раствор помимо хлоридов или сульфатов железа и магния переходили ионы кремневой кислоты, склонные к полимеризации.

Экспериментально было установлено, что устойчивость растворов к полимеризации зависела главным образом от концентрации кремневой кислоты и pH раствора. Быстрая коагуляция кремневой кислоты происходила как при высокой остаточной кислотности (pH<0,1), так и при pH более 3. При pH фильтратов 0,5–2,2 в хлоридных или сульфатных растворах процессы полимеризации и гелеобразования протекали достаточно медленно и растворы в течение нескольких суток практически не меняли своей вязкости.

Концентрация основных компонентов раствора соляно-кислотного выщелачивания составляла, г/л: 10,9–24,4 Fe; 13,2–26,8 SiO_2 ; 2,8–8,1 MgO; раствора сернокислотного выщелачивания, г/л: 17,5–37,5 Fe; 19,3–36 SiO_2 ; 3,3–11 MgO. Плотность растворов 1,1–1,3 г/см³.

Для выделения из раствора выщелачивания шлака диоксида кремния растворы обезвоживали путем медленной выпарки на воздухе, затем для удаления водорастворимых солей металлов сухой остаток промывали и высушивали до постоянной массы. Полученный диоксид кремния содержал 69 мас. % SiO_2 и представлял собой рентгеноаморфный порошок белого цвета с удельной поверхностью 630,3 м²/г, которую измеряли

Работа выполнена при частичной поддержке программы фундаментальных исследований ОХНМ РАН № 5.

Таблица 1

Состав, мас. %			Прочность при сжатии через сут твердения, МПа			Плотность, г/см ³ (28 сут на воздухе)	Кэф. разм., $\frac{R_{сж.нас}}{R_{сж.сух}}$
ПМК	MgCl ₂	добав. SiO ₂	на воздухе		в воде		
			1	28			
57	43	–	31,1	48,8	19,6	1,85	0,4
50	45	5*	27,5	42,7	26,6	1,72	0,68
39	51	10*	12,7	30,3	17,3	1,54	0,59
53	42	5**	26,7	34,5	31,9	1,82	0,92
46	44	10**	15,8	40,6	27,4	1,69	0,67

Примечание: * – SiO₂ после соляно-кислотного выщелачивания; ** – SiO₂ после серно-кислотного выщелачивания.

Таблица 2

Состав, мас. %				Прочность при сжатии через сут твердения, МПа			Плотность, г/см ³ (28 сут на воздухе)	Кэф. разм., $\frac{R_{сж.нас}}{R_{сж.сух}}$
ПМК	MgSO ₄	MgCl ₂	FeSO ₄	на воздухе		в воде		
				1	28			
58	42	–	–	6,2	20,8	11,1	1,67	0,53
58	36	–	6	10,6	25,5	15,6	1,68	0,61
58	28	–	14	10,4	25,1	14,9	1,74	0,59
59	21	–	20	9,5	16,5	10,7	1,68	0,65
59	–	–	41	8,4	22,7	12,8	1,7	0,56
57	–	43	0	27,6	43,5	17	1,86	0,39
57	–	37	6	34,5	44,9	17,6	1,77	0,47
58	–	29	13	19,5	55,1	23,4	1,76	0,45
58	–	22	20	10,5	35,6	14,3	1,74	0,4

методом тепловой десорбции азота на установке FlowSorbII 2300 (Micromeritics).

По другому варианту диоксид кремния получали в результате постепенной загрузки шлака в соляную кислоту с концентрацией 8 моль/л при температуре 80°С. Кремнийсодержащий остаток после соляно-кислотного выщелачивания содержал 76 мас. % SiO₂ и представлял собой рентгеноаморфный порошок серого цвета с удельной поверхностью 303,5 м²/г.

Раствор после отмывки кремнезема от железа и цветных металлов имел следующий химический состав, г/л: 12,5 Fe; 11,5 SO₄²⁻; 1,7 Mg; 0,035 Cu; 0,091 Ni; 0,189 Co.

Полученные из шлаков продукты (кремнийсодержащий остаток, растворы соляно- и серно-кислотного выщелачивания и сульфата железа) были использованы для получения магнезиального вяжущего. В качестве вяжущего использовали порошок магнезитовый каустический (ПМК) ОАО «Комбинат Магнезит» следующего химического состава, мас. %: 82,9 MgO; 1,23 CaO; 0,9 SiO₂; 1,27 Fe₂O₃; 0,29 Al₂O₃; 5,95 ППП. Для затворения магнезиальных вяжущих применяли растворы солей хлористого магния плотностью 1,21 г/см³ и серно-кислотного магния плотностью 1,156 г/см³.

Вяжущее готовили путем смешивания расчетного количества компонентов до получения однородной консистенции, затем формовали образцы размерами 2×2×2 см, которые в течение 1 сут твердели на воздухе в формах, далее одна часть образцов твердела на воздухе, а другая – в воде. По истечении 1, 28 сут образцы испытывали на прочность при сжатии.

Водостойкость (коэффициент размягчения) определяется отношением прочности материала в возрасте 28 сут, насыщенного водой ($R_{сж.нас}$) к прочности сухого материала ($R_{сж.сух}$).

Структуры и фазовый состав продуктов твердения исследовали с помощью рентгенофазового, дифференциально-термического, петрографического и микрозондового анализов.

Составы и свойства магнезиального вяжущего с использованием продуктов выщелачивания магнезиально-железистого шлака приведены в табл. 1–3.

Влияние добавки кремнийсодержащего остатка (SiO₂) на основные свойства магнезиального вяжущего приведено в табл. 1. При введении в состав вяжущего кремнеземсодержащей добавки прочность затвердевшего камня уменьшается, тогда как водостойкость несколько увеличивается. Наибольший коэффициент размягчения магнезиального вяжущего наблюдается при содержании 5 мас. % SiO₂. Водостойкость затвердевшего камня, содержащего добавку SiO₂, выделенную из раствора серно-кислотного выщелачивания, несколько выше по сравнению с коэффициентом размягчения вяжущего с добавкой SiO₂, полученной при соляно-кислотном выщелачивании шлака, что, вероятно, связано с более развитой поверхностью кремнезема. Плотность затвердевшего материала с увеличением содержания SiO₂ уменьшается.

Введение раствора сульфата железа в состав сульфомагнезиального вяжущего способствует приросту прочности, также с увеличением количества FeSO₄ в смеси повышаются плотность и водопоглощение затвердевшего камня (табл. 2). Прочность и водостойкость оксихлоридного магнезиального вяжущего, содержащего 6–13 мас. % раствора FeSO₄, увеличивается; при большом количестве добавки прочность уменьшается. На водостойкость затвердевшего камня добавка FeSO₄ существенного влияния не оказывает.

Наиболее эффективным способом повышения водостойкости магнезиального камня является использование железокремниевой добавки в виде растворов соляно- и серно-кислотного выщелачивания шлака (табл. 3).

Введение в состав вяжущего в качестве магнезиальной железокремниевой добавки раствора соляно- или серно-кислотного выщелачивания медно-никелевого отвального шлака обеспечивает получение водостойкой, не склонной к растрескиванию структуры вяжущего и снижение расхода затворителя. С увеличением доли добавки

Таблица 3

Состав, мас. %					Прочность при сжатии через сут твердения, МПа			Плотность, г/см ³ (28 сут на воздухе)	Коэф. разм., $\frac{R_{сж.нас}}{R_{сж.сух}}$
ПМК	MgCl ₂	Раствор соляной кислоты выщ.	MgSO ₄	Раствор серной кислоты выщ.	на воздухе		в воде		
					1	28			
58	–	42	–	–	8,9	18,9	20	1,48	1,53
61	27	12	–	–	31,3	76,2	61,1	1,85	0,88
58	25	17	–	–	37	52,2	50,1	1,75	0,96
55	25	20	–	–	20	48,4	49,3	1,78	1,02
58	–	–	–	42	5,6	11,4	16,2	1,56	1,42
57	–	–	29	14	10,5	20,4	21,7	1,67	1,06
60	–	–	21	19	10,8	23,4	22,7	1,69	0,97
63	–	–	24	13	12,1	24,5	22	1,74	0,9

коэффициент размягчения растет, в то же время прочность вяжущего уменьшается. Плотность затвердевшего материала с увеличением количества добавки уменьшается, а водопоглощение увеличивается. Добавка в количестве 12–20 мас. % позволяет получить водостойкое вяжущее без снижения его прочности. Количество раствора выщелачивания менее 12 мас. % не дает желаемых результатов по водостойкости, а количество его более 20 мас. % приводит к снижению прочности вяжущего.

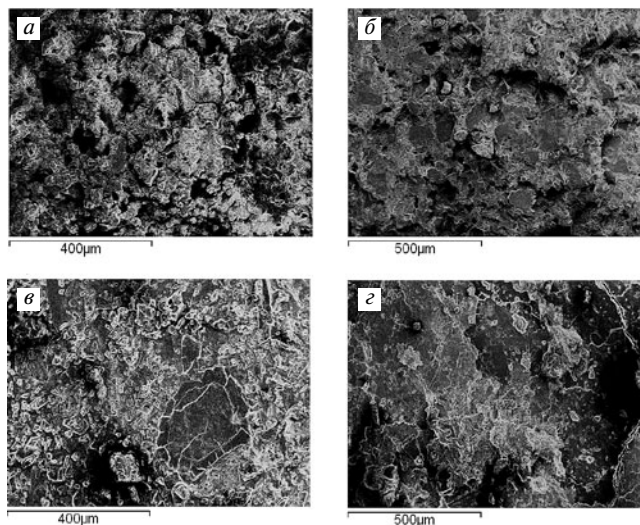
Оптимальное содержание каустического магнезита должно составлять 55–63 мас. %, при таком количестве вяжущее обладает водостойкой структурой и достаточной прочностью. Количество каустического магнезита менее 55 мас. % приводит к снижению прочности, увеличению пористости и значительным усадкам материала, а количество магнезита более 63 мас. % снижает подвижность смеси, что ограничивает ее применение для целей заливки и тампонирования.

Для создания удобоукладываемой смеси и получения в дальнейшем прочной и водостойкой структуры количество затворителя менее 21 мас. % ведет к нежелательному уменьшению подвижности смеси. При введении затворителя в количестве более 29 мас. % возрастает подвижность смеси, что приводит к снижению прочности, увеличению пористости и значительным усадкам вяжущего. На данный состав получен патент РФ [9].

Исследования физико-химических процессов гидратации и продуктов твердения магнезиального вяжущего на основе каустического магнезита, затворенного раствором соли хлорида магния, показали, что к 28 сут твердения на воздухе значительная часть MgO остается непрореагировавшей. Фазовый состав затвердевшего материала представлен новообразованными фазами 5MgO·MgCl₂·13H₂O; Mg(OH)₂ [10, 11]. Такое вяжущее обладает высокой прочностью, низкой водостойкостью и склонностью к растрескиванию.

Состав продуктов твердения оксихлоридного магнезиального вяжущего, модифицированного добавкой кремнийсодержащего продукта, представлен фазами 5MgO·MgCl₂·13H₂O, MgO, а также гидросиликатами магния, которые способствуют дополнительному упрочнению камня. На рентгенограмме вяжущего, модифицированного кремнийсодержащей добавкой, отсутствуют рефлексы, принадлежащие Mg(OH)₂.

При введении в состав вяжущего раствора сульфата железа катионы двухвалентного железа замещают часть катионов магния с образованием труднорастворимых железосодержащих фаз. Изучение структуры сульфомагнезиального камня проводили с помощью электронной микроскопии (рисунок). Камень, полученный при затворении вяжущего раствором MgSO₄, имеет пористую структуру, представленную в основном сростками гидросульфатов магния. Фазовый состав затвердевшего



Микрофотография скола сульфомагнезиального камня, твердевшего на воздухе (а, б); в воде (в, г); затворенного MgSO₄ (а, в); затворенного FeSO₄ (б, г)

материала, затворенного раствором FeSO₄, представлен в основном MgFe(OH)₂ и незначительным количеством гидросульфатов магния, структура представлена сростками пластинчатого габитуса. При твердении в воде к 28 сут оксид магния практически полностью гидратируется с образованием Mg(OH)₂ в вяжущем, затворенном раствором MgSO₄, и MgFe(OH)₂ в вяжущем, затворенном раствором FeSO₄. Структура цементного камня, затворенного раствором FeSO₄ и твердевшего в воде, сложена пластинами, плотно расположенными друг к другу, поры и трещины заполнены новообразованиями из гидросульфатов магния.

Продуктами твердения вяжущего, полученного на основе каустического магнезита, раствора солянокислотного выщелачивания медно-никелевого отвального шлака, являются фазы 3MgO·MgCl₂·11H₂O; Mg(OH)₂; MgO – такое вяжущее обладает низкой прочностью. Магнезиальный камень, полученный при затворении каустического магнезита растворами хлористого магния и соляно-кислотного выщелачивания шлака, представлен в основном новообразованными фазами 5MgO·MgCl₂·13H₂O; 3MgO·MgCl₂·11H₂O, соотношение между которыми изменяется в зависимости от содержания растворов затворения, при их оптимальном соотношении вяжущее обладает достаточной прочностью и высокой водостойкостью.

Выводы. Использование в качестве добавки в магнезиальное вяжущее измельченного отвального шлака не позволяет существенно улучшить его характеристики.

При введении в состав вяжущего добавки диоксида кремния прочность затвердевшего камня уменьшается, тогда как водостойкость несколько увеличивается.

На основе каустического магнезита, хлорида или сульфата магния и раствора соляно- или серно-кислотного выщелачивания отвального шлака разработано магнезиальное вяжущее с повышенной водостойкостью (коэффициент размягчения 0,88–1,06) при сохранении достаточно высокой прочности, а также структурой, не склонной к растрескиванию.

Установлено, что введение в состав магнезиального вяжущего растворов соляно-кислотного выщелачивания шлака способствует формированию в цементном камне тригидрохлорида магния, характеризующегося повышенной водостойкостью.

Ключевые слова: магнезиальные вяжущие, продукты выщелачивания шлака, водостойкость.

Список литературы

1. *Верещагин В.И., Смирнская В.Н., Эрдман С.В.* Водостойкие смешанные магнезиальные вяжущие // Стекло и керамика. 1997. № 11. С. 33–37.
2. *Зырянова В.Н., Лыткина Е.В., Бердов Г.И.* Влияние минеральных наполнителей на свойства магнезиальных вяжущих // Техника и технология силикатов. 2010. № 2. С. 1–7.
3. *Зимич В.В., Крамор Л.Я., Трофимов Б.Я., Черных Т.Н.* Снижение гигроскопичности и повышение водостойкости хлормagneзиального камня путем введения трехвалентного железа // Строительные материалы. 2009. № 5. С. 58–61.
4. *Потапов В.В., Шитиков Е.С., Трутнев Н.С.* Использование золы и порошков кремнезема, полученных из гидротермальных растворов, как нанодобавка в цементе // Химическая технология. 2010. № 10. С. 597–604.
5. *Тюкавкина В.В., Крашенинников О.Н., Гуревич Б.И., Гришин Н.Н., В.Ю. Пирайнен, Трифонов В.В.* Смешанные магнезиальные вяжущие / Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья Кольского научного центра РАН. Апатиты, 2010. 20 с. Деп. в ВИНТИ 15.03.2010. № 158–В2010.
6. *Войтович В.А., Спиринов Г.В.* Покрытия на основе магнезиальных вяжущих веществ // Строительные материалы. 2003. № 9. С. 8–9.
7. *Брыков А.С.* Силикатные и кремнеземсодержащие растворы и их применение // Техника и технология силикатов. 2010. № 1. С. 2–18.
8. *Касиков А.Г., Семушин В.В., Кременецкая И.П., Дрогобужская С.В.* Получение реагентов для очистки сточных вод из отходов производства ОАО «Кольская ГМК» и их использование // Мат. III междунар. науч. конф. «Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных и технических материалов». Сыктывкар, 25–27 сентября 2007 г. С. 92–93.
9. Магнезиальное вяжущее / В.В. Тюкавкина, А.Г. Касиков, Б.И. Гуревич, Е.Г. Багрова, Е.А. Майорова; Пат. 2428390 РФ, МПК С04В9/06 // Оpubл. 10.09.2011. Бюл. № 25.
10. *Рамачандран В.С.* Применение дифференциального термического анализа в химии цементов. М.: Стройиздат, 1977. 408 с.
11. *Гориков В.С., Тимашов В.В., Савельев В.Г.* Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высшая школа, 1981. 335 с.

Реклама

МОДИФИЦИРОВАНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

НА РАСТВОРОБЕТОННЫХ
УЗЛАХ И СТРОЙПЛОЩАДКАХ



АЛЬТЕРНАТИВА сухим строительным смесям

ЕТС

Группа компаний
«Единая Торговая Система»

Компания ЕТС предлагает строительным организациям поставку «ПРЕМИКСОВ» -предварительно смешанных химических компонентов сухих строительных смесей.

«ХИМИЯ» - наша,
«МИНЕРАЛКА» - ваша.

Реальная экономия до
3 000 рублей
на тонну готовой продукции.

В.В. БАБКОВ, д-р техн. наук, Э.А. ГАФУРОВА, О.А. РЕЗВОВ,
В.С. АСЯНОВА, инженеры, Л.Н. ЛОМАКИНА, канд. техн. наук,
Уфимский государственный нефтяной технический университет

Состав продуктов высолообразования из наружных стен на основе вибропрессованных бетонных изделий

Проблема высолообразования на поверхностях наружных стен зданий, элементов малой архитектуры, выполненных на основе вибропрессованных бетонных блоков с использованием кладочных растворов на цементной и известково-цементной основах, по-прежнему остается актуальной. Несмотря на достаточную изученность процессов образования высолов, цикличности этих процессов и способов защиты стен от продуктов высолообразования, в этой области до сих пор остается много нерешенных вопросов.

Как было показано в [1–4], основными источниками высолообразования в кладках на основе вибропрессованных бетонных блоков являются избыточное количество оксидов калия и натрия в цементных и минералогический состав цемента, а также противоморозные добавки NaNO_2 , K_2CO_3 , используемые в кладочных растворах в зимнее

время, а также добавка – ускоритель твердения Na_2SO_4 .

В целях более подробного изучения процессов высолообразования, а также определения химического и минералогического состава высолов из вибропрессованных бетонных изделий были проведены исследования.

Чистые образцы вибропрессованных бетонных стеновых блоков из одной партии в лабораторных условиях помещались в ванночки с водой для осуществления процесса капиллярного подсоса. Пробы высолов собирались при их первом появлении на поверхности и в течение последующего увеличения объема продуктов высолообразования через равные промежутки времени. Пробы анализировались на приставке Oxford РЭМ JEOL JSM-6610 LV. На рис. 1 показаны снимки частиц продуктов высолообразования при различных увеличениях.

Элементный анализ всех проб показал присутствие С, О, Na, К. Данные усредненных результатов количественного анализа (табл. 1), указывают на вероятность наличия карбонатов натрия и калия (Na_2CO_3 , K_2CO_3) в составе исследуемых солей.

Кроме того, были собраны высолы с поверхности стен зданий на основе вибропрессованных бетонных блоков, имеющих возраст кладки более 5 лет, которые также изучены. На рис. 2 приведены снимки частиц продуктов высолообразования, собранных со здания в возрасте 11 лет.

Элементный анализ проб показал присутствие элементов Ca, С, О, Na, К. Также присутствует элемент S, что можно объяснить выходом Na_2SO_4 , который вероятнее всего вводился в кладочный раствор швов в качестве добавки-ускорителя при возведении кладки. Данные усредненных резуль-

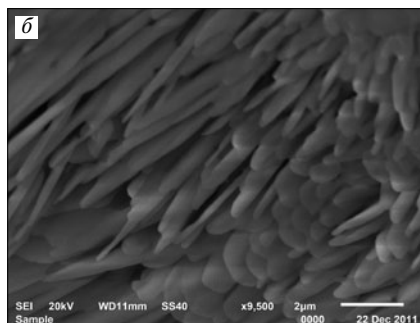
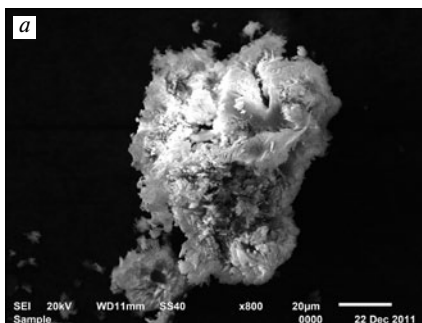


Рис. 1. Частицы первичных продуктов высолообразования из вибропрессованного бетонного стенового блока при разных увеличениях: а – 800; б – 9500

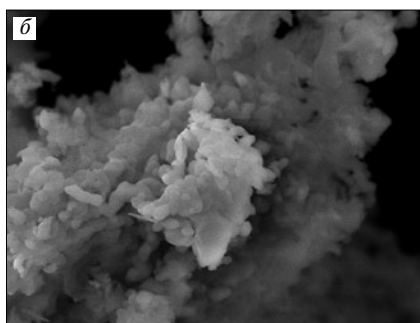
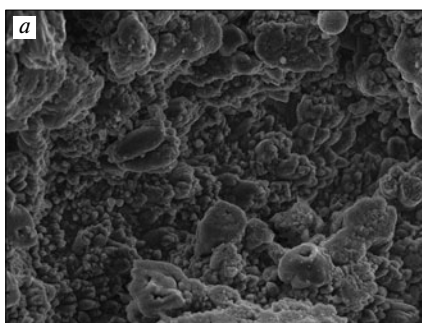


Рис. 2. Частица продуктов высолообразования из кладки на основе вибропрессованных бетонных блоков в возрасте 11 лет при разных увеличениях: а – 600; б – 5000

Таблица 1

Элемент	Весовой %	Атомный %
С	21,76	28,27
Na	14,72	9,99
К	0,34	0,14
О	63,17	61,6
Итого	100	–

Таблица 2

Элемент	Весовой %	Атомный %
С	13,12	19,48
О	48,64	54,2
Na	23,51	18,23
S	13,81	7,68
К	0,53	0,24
Ca	0,38	0,17
Итого	100	–



Рис. 3. Схема постановки вибропрессованных бетонных блоков в режиме капиллярного подсоса в течение трех месяцев

татов количественного анализа (табл. 2) указывают на вероятность нахождения карбонатов кальция, натрия и калия (CaCO_3 , Na_2CO_3 , K_2CO_3) в составе исследуемых солей.

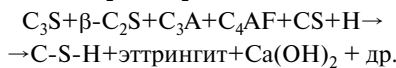
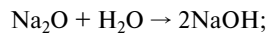
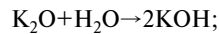
Отсутствие катиона Ca^{+2} в составе проб первичных высолов и его наличие во всех образцах, собранных с кладок более старшего возраста указывает на то, что малорастворимый $\text{Ca}(\text{OH})_2$ на небольших сроках замачивания не выходит на поверхность вместе с другими растворимыми щелочами, а карбонизируется во внутрипоровом пространстве. Кроме того, количественные соотношения элементов показывают явное преобладание иона CO_3^{2-} . Это позволяет утверждать, что карбонизация гидроксидов натрия и калия происходит в полном объеме сразу после выхода на поверхность.

Полученные данные подтверждаются результатами анализа рент-

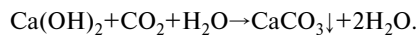
генограмм, полученных на дифрактометре D2 Phaser.

С поверхности образцов, находившихся в режиме капиллярного подсоса в течение трех месяцев, были сняты сколы из двух областей: неувлажненной зоны и зоны образования высолов (рис. 3).

Полученные результаты позволяют предположить следующий механизм процесса высолообразования в вибропрессованных бетонных штучных стеновых изделиях. В процессе гидратации исходных материалов в объеме изделия образуются гидроксиды кальция, натрия и калия:

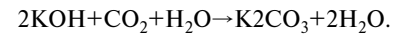
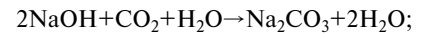


Концентрация $\text{Ca}(\text{OH})_2$ значительно превышает концентрацию NaOH и KOH . Таким образом, исходя из закона действующих масс гидроксид кальция первым вступает в реакцию с углекислым газом воздуха при замачивании изделия [5]:

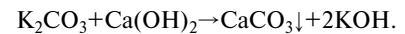
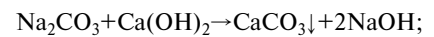


Нерастворимый карбонат кальция осаждается во внутрипоровом пространстве изделия. Одновременно с карбонизацией гидроксида кальция происходит снижение pH среды и концентрации $\text{Ca}(\text{OH})_2$, и в

реакцию с углекислотой вступают гидроксиды натрия и калия:



Так как карбонаты калия и натрия – хорошо растворимые соли, они легко выходят на поверхность изделия. При осушении на поверхности и во внутрипоровом пространстве вблизи поверхности образуются кристаллогидраты солей натрия и калия. Дальнейшее увлажнение приведет к их растворению. Определенное количество солей смывается атмосферной влагой, а часть в результате диффузии снова попадает в объем изделия. Во внутрипоровом пространстве растворимые Na_2CO_3 , K_2CO_3 вступают в реакцию с некарбонизированным $\text{Ca}(\text{OH})_2$:



Кроме того, в процессе диссоциации растворимых солей в воде вновь образуются гидроксиды калия и натрия, способные при следующем замачивании карбонизоваться углекислым газом воздуха, чем можно объяснить цикличность процессов высолообразования. Одновременно масса карбонатов кальция во внутрипоровом пространстве будет увеличиваться, и со временем CaCO_3 станет выходить на поверхность и оставаться в виде нерастворимого белого налета.

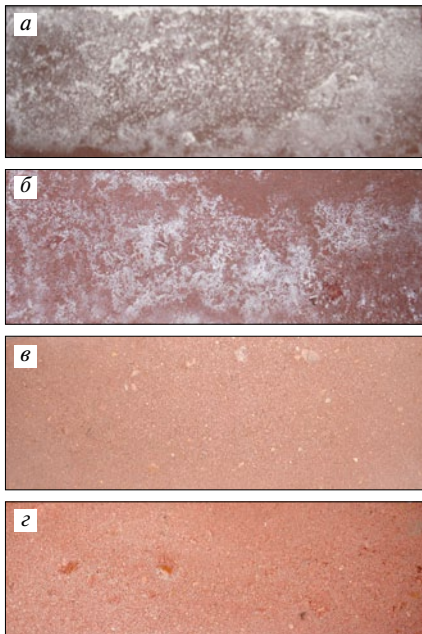


Рис. 4. Нанесение гидрофобизатора Гидроцид-супер (в) и Типром К Люкс (г) непосредственно по высолом без предварительной очистки поверхности блоков: а, б – высолы на поверхности стеновых блоков; в, г – блоки после обработки гидрофобизаторами

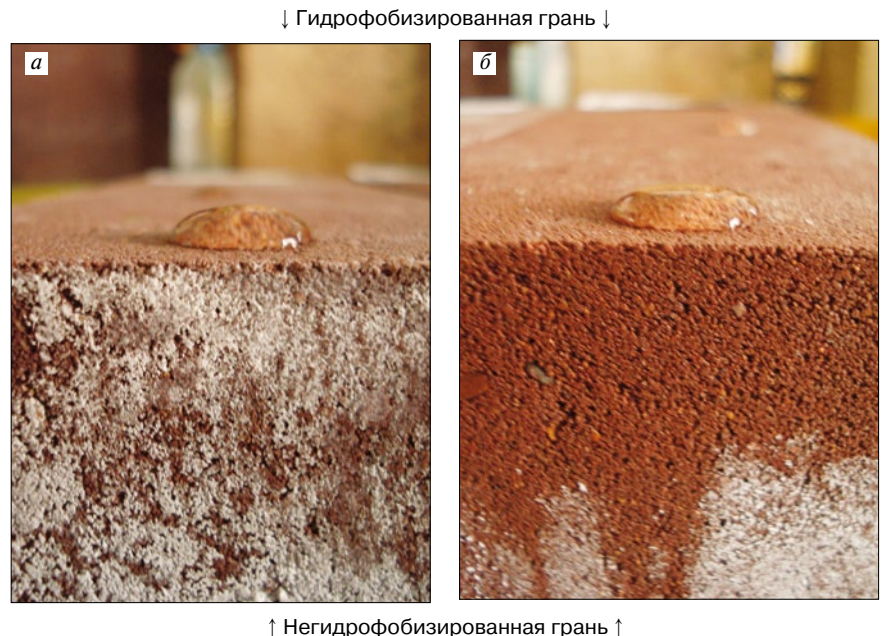


Рис. 5. Блокировка высолообразования на поверхностях вибропрессованных бетонных блоков гидрофобизаторами: а – Гидроцид-супер; б – Типром К Люкс. Нанесение непосредственно по высолом

Важной особенностью процессов высолообразования является их цикличность [6], что в сочетании с другой особенностью – образованием продуктов с большим коэффициентом увеличения объема твердой фазы (до 1,5–5,3 раз [6, табл. 1]) для поверхностных слоев конструкционного материала будет сопрягаться с механическим воздействием кристаллов $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot (7-10)\text{H}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{CO}_3 \cdot (1-1,5)\text{H}_2\text{O}$ и приведет со временем к деструкции поверхностных слоев материала кладки [7].

Эффективным способом повышения долговечности кладок наружных стен и блокировки процессов высолообразования является гидрофобизация. Так как продукты высолообразования представляют собой в основном высокорастворимые карбонаты Na_2CO_3 (растворимость в воде при $t=20^\circ\text{C}$ 21,8 г/100 мл), K_2CO_3 (растворимость в воде при $t=20^\circ\text{C}$ 110,5 г/100 мл), можно говорить об эффективности способа гидрофобизации наружных стен без предварительной очистки поверхности непосредственно по высолом. При этом водная составляющая гидрофобизатора растворяет растворимые карбонаты и вовлекает продукт высолообразования в объем кладки, а гидрофобная пленка осаждается непосредственно на поверхности и в поверхностных слоях материала. Перемещение раствора щелочей в объем кладки опережает гидрофобную составляющую раствора гидрофобизатора, при этом формируется чистая от высолов гидрофобизированная поверхность, обеспечивающая блокировку кладки от замачивания при косом дожде и блокировку выхода раствора щелочей из кладки наружу. В условиях теплой погоды при этом будет происходить осушение кладки по механизму паропроницания наружу. Если в составе высолов присутствуют нерастворимые карбонаты кальция, они удаляются одновременно с гидрофобизацией механически в процессе кистевания. Данный метод был апробирован в лабораторных и натуральных условиях (рис. 4–6).

Ключевые слова: вибропрессованные бетонные блоки, высолообразование, соли, гидрофобизация.

Список литературы

1. Розенталь Н.К., Чехний Г.В. Причины образования и методы предупреждения образования высолов на поверхности строительных конструкций // Материалы I Всероссийской конфе-

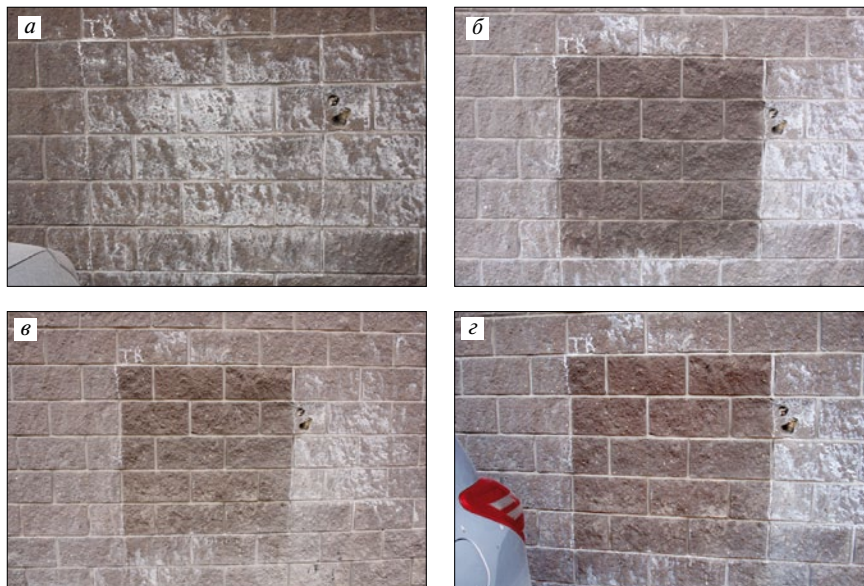


Рис. 6. Гидрофобизация участка стены на основе вибропрессованных блоков Типромом К Люкс поверх высолов: а – участок стены, обильно покрытый высолом; б – участок стены после нанесения гидрофобизатора поверх высолов; в – участок стены после первого смыва высолов дождеванием и последующего осушения стены; г – участок стены в последующие циклы замачивания-осушения стены

2. Бабков В.В., Климов В.П., Сахибгареев Р.Р., Чуйкин А.Е. и др. Механизмы высолообразования на поверхностях наружных стен зданий из штучных стеновых материалов // Строительные материалы. 2007. № 3. С. 1444–1447.
3. Бабков В.В., Габитов А.И., Чуйкин А.Е., Мохов А.В. и др. Высолообразование на поверхностях наружных стен зданий из штучных стеновых материалов // Строительные материалы. 2008. № 3. С. 2–4.
4. Бабков В.В., Габитов А.И., Чуйкин А.Е. и др. Особенности высолообразования на поверхностях возводимых в зимних условиях наружных стен зданий на основе штучных стеновых материалов // Башкирский химический журнал. 2007. № 5. С. 156–159.
5. Штарк И., Бернд В. Долговечность бетона. К.: Изд. ОРАНТА. 2004. 295 с.
6. Бабков В.В., Мохов А.В., Габитов А.И., Чуйкин А.Е. Цикличность высолообразования на поверхности наружных стен зданий из штучных материалов // Строительные материалы. 2010. № 1. С. 56–57.
7. Федосов С.В., Базанов С.М. Сульфатная коррозия бетона. М.: Изд. АСВ, 2003. 192 с.

Электронная подписка

на журнал «Строительные материалы»®



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

Н.И. ШЕСТАКОВ, д-р техн. наук, К.В. АКСЕНЧИК, инженер (akskos@mail.ru),
Череповецкий государственный университет (Вологодская обл.)

Методика расчета термо- и влагонапряженного состояния бетонных плит, подвергаемых тепловлажностной обработке

В настоящее время режимы тепловлажностной обработки (ТВО) бетонных изделий назначаются по нормативным рекомендациям с обязательной последующей экспериментальной проверкой и уточнением. Постановка экспериментов в лабораторных и промышленных условиях весьма трудоемка, приводит к завышенным затратам на подготовку и освоение новой продукции и все же не всегда обеспечивает требуемое качество. Для решения задачи совершенствования методики назначения режимов ТВО необходимо заменить экспериментальную проверку на теоретическую оценку безопасности режимов с точки зрения термо- и влагонапряженного состояния.

Известен принцип назначения безопасной скорости нагрева, основанный на сравнении суммарных напряжений, возникающих в материале в период подогрева, с прочностью [1]. В приложении к автоклавной обработке ячеистых бетонов этот принцип получил развитие в работе [2]; к исследованию термонапряженного состояния железобетонных мостов при их монолитном возведении – в [3]; для расчета предельных температурных градиентов, возникающих в бетоне при его электротепловой обработке, – в [4]. Однако предлагаемые в [2, 3, 4] решения неприменимы к пропариванию ввиду различия механизмов процессов тепло- и массообмена, протекающих в автоклавах, пропарочных камерах, при твердении монолитного бетона и электротепловой обработке. Кроме того, в этих работах не уделяется внимание влажностным градиентам, которые также вызывают напряженное состояние.

Настоящее исследование выполнено методом математического моделирования. В качестве объекта моделирования выбраны сплошные бетонные плиты, которые подвергаются ТВО в открытых сверху формах в ямных пропарочных камерах. На основании того что толщина плит значительно меньше двух других размеров, плита рассматривалась как неограниченная пластина (рис. 1).

Для плиты, у которой вся боковая поверхность закреплена от перемещений по нормальям к соответст-

вующим боковым граням (борта формы создают именно такое закрепление), решение задачи будет иметь вид [5]:

$$\begin{cases} \tau'_{xy}(x, \tau) = \tau'_{xz}(x, \tau) = \tau'_{yz}(x, \tau) = \sigma'_x(x, \tau) = 0 \\ \sigma'_y(x, \tau) = \sigma'_z(x, \tau) = \sigma'_x(x, \tau) = \frac{\alpha_t E(\tau)}{1-\nu} [t(x, \tau) - \bar{t}(\tau)] \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \tau^U_{xy}(x, \tau) = \tau^U_{xz}(x, \tau) = \tau^U_{yz}(x, \tau) = \sigma^U_x(x, \tau) = 0 \\ \sigma^U_y(x, \tau) = \sigma^U_z(x, \tau) = \sigma^U_x(x, \tau) = \frac{\beta E(\tau)}{1-\nu} \cdot \frac{U(x, \tau) - \bar{U}(\tau)}{1 + \beta U(x, 0)} \end{cases} \quad (2)$$

где $\tau'(x, \tau)$, $\tau^U(x, \tau)$ – касательные термо- и влагонапряжения, Н/М²; $\sigma'(x, \tau)$, $\sigma^U(x, \tau)$ – нормальные термо- и влагонапряжения, Н/М²; α_t – коэффициент линейного температурного расширения, °С⁻¹; β – коэффициент линейной усадки или набухания, (мм/мм)/(кг/кг); $t(x, \tau)$, $U(x, \tau)$ – функции, устанавливающие зависимости температуры и влагосодержания бетона от координаты x и времени τ , °С, кг/кг; $\bar{t}(\tau)$, $\bar{U}(\tau)$ – средние по сечению температура и влагосодержание в момент времени τ , °С, кг/кг; $E(\tau)$ – модуль упругости, Н/М²; ν – коэффициент Пуассона; $U(x, 0)$ – влагосодержание в начальный момент времени, кг/кг.

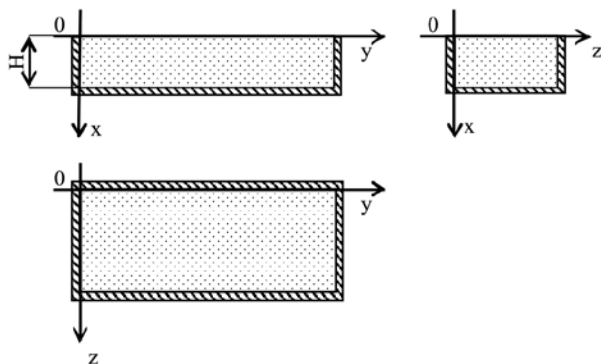


Рис. 1. Схема бетонной плиты для описания напряжений

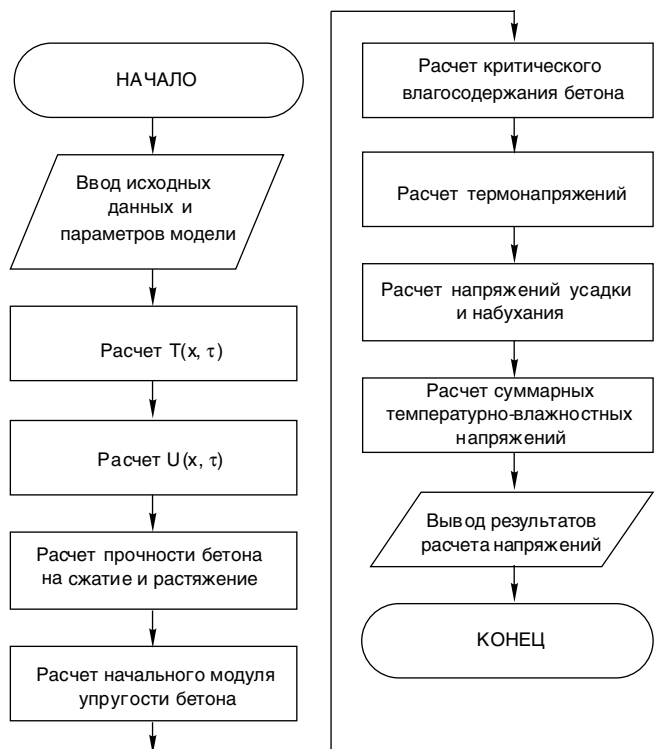


Рис. 2. Моделирующий алгоритм для расчета суммарных температурно-влажностных напряжений

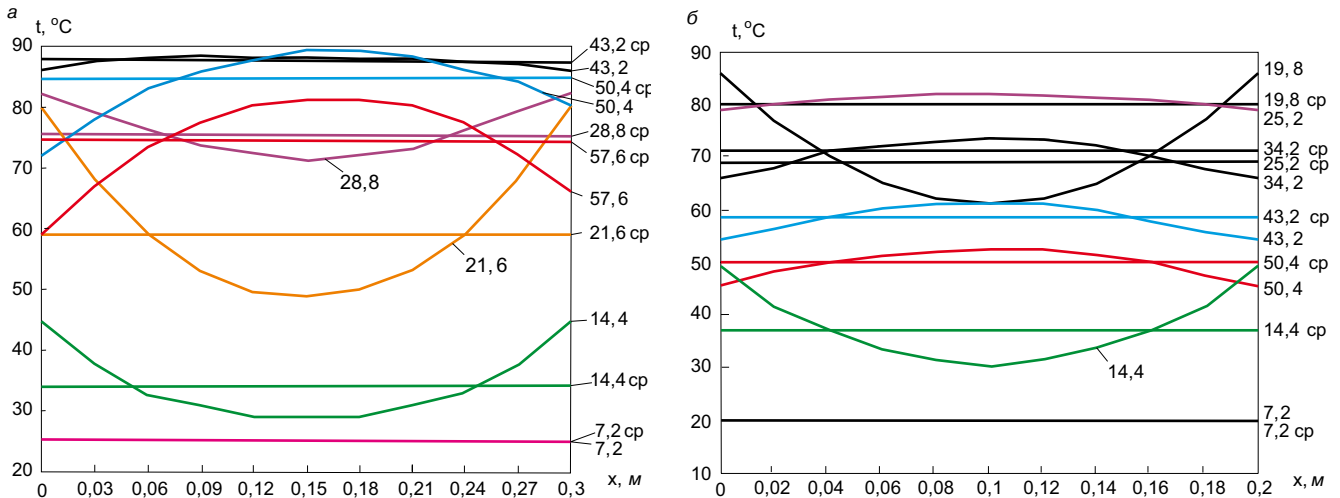


Рис. 3. Динамика текущей и средней по сечению температуры на разном расстоянии x (м) от открытой поверхности в разные моменты времени $\tau \cdot 10^{-3}$ (с) в процессе ТВО по режимам с выдержкой: а – изотермической; б – термосной

Суммарные температурно-влажностные напряжения находили по формуле (3):

$$\sigma^{сум}(x, \tau) = \sigma^t(x, \tau) + \sigma^U(x, \tau). \quad (3)$$

Полученные суммарные напряжения сравниваются с критерием разрушения материала, в качестве которого выбрана прочность бетона на сжатие $R_{сж}$ или растяжение R_p в зависимости от вида напряжений. Расчет термо- и влагонапряженного состояния осуществляется по следующему алгоритму (рис. 2).

Сложность использования формул (1) и (2) связана с тем, что кроме текущих необходимо знать средние по сечению температуру \bar{t} и влагосодержание \bar{U} . При симметричном распределении расчет \bar{t} не вызывает затруднений и производится по известной формуле (6):

$$\bar{t} = t_{ц} + \frac{1}{3}(t_s - t_{ц}) = \frac{2}{3}t_{ц} + \frac{1}{3}t_s, \quad (4)$$

где $t_s, t_{ц}$ – температуры на открытой поверхности и в центре плиты соответственно, °С.

Исследованием полей температуры и влагосодержания в бетонных плитах в процессе их ТВО по изотермическим и термосным режимам [7, 8] установлено, что распределение температуры по сечению плиты носит параболический характер (рис. 3): симметричный относительно центра в периоды подогрева, изотермической и термосной выдержки, и несимметричный в период охлаждения; а распределение влагосодержания по сечению имеет не параболический, а более сложный характер (рис. 4).

Тогда средняя по сечению температура при несимметричном, но параболическом ее распределении будет определяться как средняя интегральная по сечению температура:

$$\bar{t}(\tau) = \frac{1}{H} \int_0^H t(x, \tau) dx = \frac{H}{2 \cdot 3 \cdot H} [t_s + 4t_{ц} + t_s] = \frac{2}{3}t_{ц} + \frac{1}{6}t_s + \frac{1}{6}t_s, \quad (5)$$

где H – толщина плиты, м; t_s – температура на закрытой поверхности плиты.

Интеграл в (5) решен по формуле Симпсона для определенного интеграла.

Так как распределение влагосодержания по сечению имеет непараболический характер, использовать для расчета среднего влагосодержания известную формулу, как в случае температуры, нельзя. Для вывода формулы среднего по сечению влагосодержания примем, что влагосодержание в центре плиты $U_{ц}$ примерно равно влагосодержанию на закрытой поверхности U_s , что наблю-

дается на графиках (рис. 4). Тогда \bar{U} будем искать как среднее по двум зонам – верхней и нижней:

$$\bar{U} = \frac{\bar{U}_1 V_1 + \bar{U}_2 V_2}{V_1 + V_2} = \frac{\bar{U}_1 + \bar{U}_2}{2}, \quad (6)$$

где \bar{U}_1, \bar{U}_2 – средние влагосодержания для верхней и нижней зон; V_1, V_2 – объем верхней и нижней зон соответственно, причём $V_1 = V_2$, а $\bar{U}_2 = U_{ц}$.

Для расчета \bar{U}_1 используем уравнение:

$$\bar{U}_1 = \frac{1}{3}U_s + \frac{2}{3}U_{ц}, \quad (7)$$

тогда с учетом (7) формула (6) будет иметь вид:

$$\bar{U} = \frac{1}{6}U_s + \frac{5}{6}U_{ц}. \quad (8)$$

Расчет по формуле (8) дает хорошую сходимость результатов с формулой Симпсона для расчета среднего по сечению влагосодержания по значениям в каждой точке расчетной сетки, поэтому (8) можно использовать для расчета \bar{U} во всех периодах.

Результаты расчетных исследований термо- и влагонапряжений (рис. 5) позволили определить опасные сечения плиты и характерные моменты времени, в которых возникает максимальные напряжения. Принято следующее правило знаков: минус ставится перед сжимающими напряжениями, плюс – перед растягивающими.

Установлено, что период предварительной выдержки характеризуется полным отсутствием как температурных, так и влажностных напряжений.

Для периода подогрева, когда происходит повышение температуры изделия, поверхностные слои верхней и нижней зон плиты испытывают термонапряжения сжатия, а центральные слои – напряжения растяжения. В этот период материал имеет еще достаточно низкую прочность на сжатие и тем более на растяжение, что может привести к нарушениям структуры бетона. В период подогрева кроме роста температуры изделия происходит еще и интенсивное увлажнение изделий, поверхностные слои верхней зоны испытывают напряжения сжатия, а центральные и слои нижней зоны – напряжения растяжения.

В период изотермической выдержки на поверхности и в центре термонапряжения постепенно уменьшаются и к концу периода меняют знаки, т. е. на поверхности возникают растягивающие напряжения, а в центре – сжимающие. Более опасными с точки зрения развития нарушения структуры являются растягивающие напряжения, так как прочность на сжатие выше, чем проч-

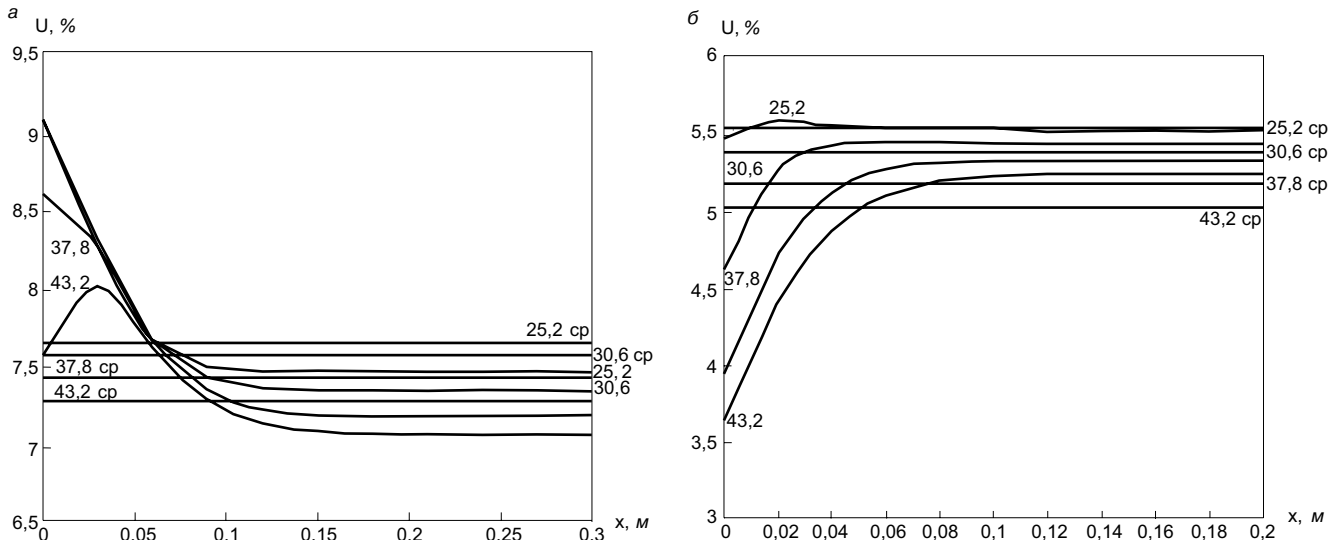


Рис. 4. Динамика текущего и среднего по сечению влагосодержания на разном расстоянии x , м от открытой поверхности в разные моменты времени $\tau \cdot 10^{-3}$, с в процессе ТВО по режимам с выдержкой: а – изотермической; б – термосной

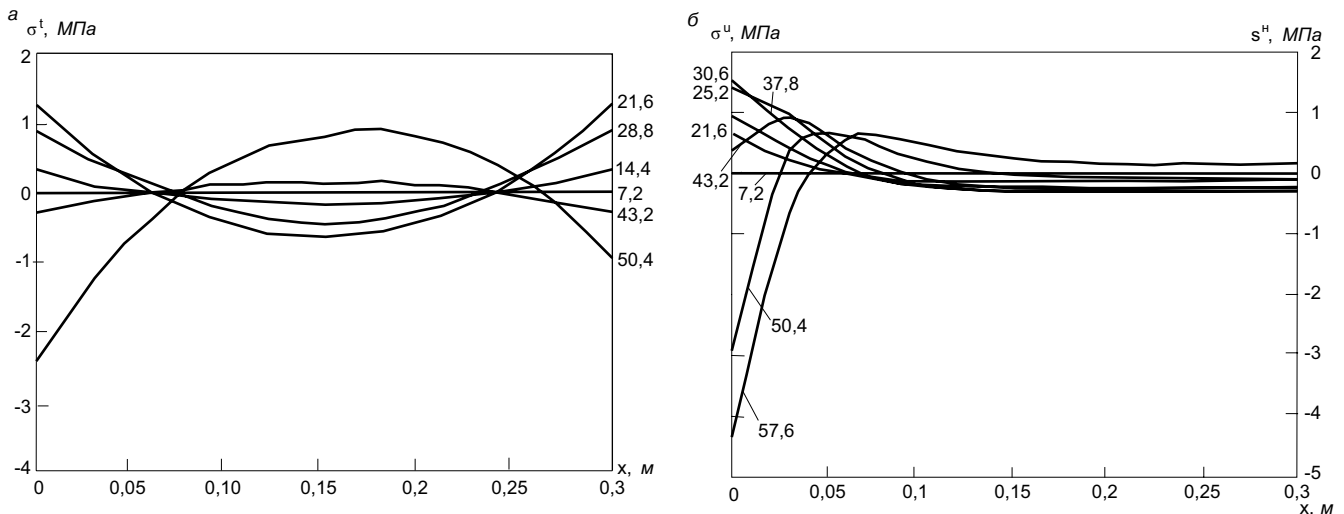


Рис. 5. Динамика термо- (а) и влагонапряжений (б) на разном расстоянии x , м от открытой поверхности в разные моменты времени $\tau \cdot 10^{-3}$, с в процессе ТВО по режимам с изотермической выдержкой

ность на растяжение. Влажностные напряжения постепенно снижаются, а в конце выдержки меняют знак, т. е. становятся растягивающими на открытой поверхности и сжимающими в центре и нижней зоне. Это утверждение справедливо для изделий малой толщины. В случае большой толщины напряжения в центре и нижней зоне в конце периода растягивающие. А сжимающие напряжения наблюдаются в сечении, отстоящем на некотором расстоянии от открытой поверхности при условии $U_0 \geq U_{max}$, и на открытой поверхности при $U_0 < U_{max}$.

В период охлаждения и термосной выдержки на поверхности и в центре изделия напряжения растяжения и сжатия продолжают расти, но для охлаждения в отличие от термосной выдержки распределение напряжений, так же как и температуры, носит несимметричный характер. Максимум напряжений сжатия смещен относительно геометрического центра и находится в тепловом центре изделия.

В период охлаждения влажностные напряжения продолжают увеличиваться и по абсолютной величине превышают напряжения, возникающие в предыдущие периоды. Если превышение составляет более чем в 2–4 раза, то это говорит о развитии усадки материала. На открытой поверхности напряжения растягивающие, а в центре и на закрытой поверхности – сжимающие. Более опасными

будут растягивающие напряжения. В период термосной выдержки напряжение по абсолютной величине меньше, чем в период охлаждения, а характер распределения по сечению более сложный, чем в предыдущем случае.

В ходе анализа суммарных термовлажностных напряжений выявлены опасные сечения, в которых необходимо определять температуру и влагосодержание (таблица). Характерными моментами времени являются концы соответствующих периодов ТВО.

Замена в (2) и (3) средних температуры \bar{t} и влагосодержания \bar{U} на выражения (4), (5) и (8) позволяет вывести формулы для расчета напряжений через характерные t и U . Так, в периоды подогрева, изотермической и термосной выдержки термонапряжения для открытой (σ^{ts}), закрытой ($\sigma^{ts'}$) поверхностей и центра (σ^{tu}) плиты находят по формулам:

$$\sigma^{ts} = \sigma^{ts'} = \frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha_i \cdot E}{1-\nu} \cdot (t_s - t_u); \quad (9)$$

$$\sigma^{tu} = -\frac{1}{3} \cdot \frac{\alpha_i \cdot E}{1-\nu} \cdot (t_s - t_u). \quad (10)$$

В период охлаждения, когда наблюдается несимметричное распределение температуры по сечению плиты, термонапряжения будут равны:

Сечение	x=0	x=H/2	x=H	x=0	x=H/2	x=H
Характерные t и U	t _s	t _ц	t _{с'}	U _s	U _ц	U _{с'}
Период ТВО	Подогрев	+	+	-	+	+
	Изотермическая выдержка	+	+	-	+	+
	Охлаждение	+	+	+	+	+
	Термостатическая выдержка	+	+	-	+	+

+ необходим расчет; - расчета не требуется.

$$\sigma^{t_s} = \frac{\alpha_i \cdot E}{1-\nu} \cdot \left(\frac{5}{6} t_s - \frac{2}{3} t_{ц} - \frac{1}{6} t_{с'} \right); \quad (11)$$

$$\sigma^{t_{ц}} = \frac{\alpha_i \cdot E}{1-\nu} \cdot \left(\frac{1}{3} t_{ц} - \frac{1}{6} t_s - \frac{1}{6} t_{с'} \right); \quad (12)$$

$$\sigma^{t_{с'}} = \frac{\alpha_i \cdot E}{1-\nu} \cdot \left(\frac{5}{6} t_{с'} - \frac{1}{6} t_s - \frac{2}{3} t_{ц} \right). \quad (13)$$

Во все периоды ТВО влагонапряжения на открытой (σ^{U_s}), закрытой ($\sigma^{U_{с'}}$) поверхностях и в центре ($\sigma^{U_{ц}}$) плиты будут равны:

$$\sigma^{U_s} = \frac{5}{6} \cdot \frac{\beta \cdot E}{1-\nu} \cdot \frac{U_s - U_{ц}}{1 + \beta \cdot U_0}; \quad (14)$$

$$\sigma^{U_{ц}} = -\frac{1}{6} \cdot \frac{\beta \cdot E}{1-\nu} \cdot \frac{U_s - U_{ц}}{1 + \beta \cdot U_0}; \quad (15)$$

$$\sigma^{U_{с'}} = \frac{\beta \cdot E}{(1-\nu)(1 + \beta \cdot U_0)} \cdot \left(U_{с'} - \frac{1}{6} U_s - \frac{5}{6} U_{ц} \right). \quad (16)$$

Таким образом, для расчета термо- и влагонапряжений достаточно определить заранее температуру и влагонеподдержание в опасных сечениях в характерные моменты времени, и нет необходимости в расчете средних по сечению температуры и влагонеподдержания.

Разработанную методику, включающую алгоритм (рис. 2) и формулы (3), (9)–(16), можно использовать для оценки безопасности режимов ТВО сплошных бетонных плит.

Ключевые слова: термонапряжение, влагонапряжение, тепловлажностная обработка бетона.

Список литературы

1. *Перегудов В.В., Rogовой М.И.* Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий и деталей. М.: Стройиздат, 1983. 416 с.
2. *Шмитко Е.И.* О влиянии режимов тепловой обработки на напряженное состояние и качество макроструктуры ячеистого бетона в изделиях // Строительные материалы. 1993. № 9,10. С. 26–28.
3. *До Тхань Лап.* Расчет термонапряжений в массивных конструкциях железобетонных мостов // Наука и техника в дорожной отрасли. 2007. № 2. С. 27–29.
4. *Федосов С.В. и др.* Методика расчета предельных температурных градиентов в железобетонных изделиях в процессе электротепловой обработки // Строительные материалы. 2011. № 3. С. 44–46.
5. *Александровский С.В.* Расчет бетонных и железобетонных конструкций на изменения температуры и влажности с учетом ползучести бетона. М.: НИИЖБ. 2004. 712 с.
6. *Лыков А.В.* Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 472 с.
7. *Аксенчик К.В., Шестаков Н.И.* Исследование тепло- и массообмена в бетонных плитах, подвергаемых тепловой обработке // Вестник Череповецкого государственного университета. 2010. № 4. С. 63–67.
8. *Аксенчик К.В., Шестаков Н.И., Белозор М.Ю.* Исследование динамики влагонеподдержания бетона в процессе тепловлажностной обработки // Вестник Череповецкого государственного университета. 2011. № 3. Т. 1. С. 5–8.

22–25 января 2013 | Красноярск



XXI выставка
**СТРОИТЕЛЬСТВО
АРХИТЕКТУРА**



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

Организатор – ВК «Красноярская ярмарка»
Официальная поддержка:



сибирь
Международный
выставочно-торговый центр
имени Карена Мурадяна



При поддержке
Фонда инфраструктурных и
образовательных программ
«РОСНАНО»



РОСНАНО
ФОНД ИНФРАСТРУКТУРНЫХ
И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ

Ведущий мировой эксперт по композитной арматуре выступил в «РОСНАНО» по приглашению ООО «Гален»

4 октября 2012 г. в Москве состоялся семинар «Применение композитной арматуры в бетонных конструкциях», на котором впервые в России выступил ведущий мировой эксперт в области композитной арматуры доктор Брахим Бенмокрейн (Канада).



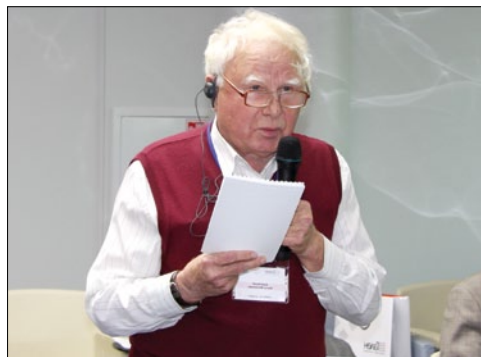
Б. Бенмокрейн (в центре) и руководители ООО «Гален»



С.В. Корпачев (ООО «Стройинновации ТДСК», Томск) и В.Н. Ярмаковский (НИИСФ РААСН)



В.Ф. Степанова (НИИЖБ им. А.А. Гвоздева)



В.М. Бобряшов (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко)

Организатор мероприятия – ООО «Гален» (проектный завод ОАО «РОСНАНО») при поддержке Фонда образовательных и инфраструктурных программ «РОСНАНО». Участие в семинаре приняли более 130 представителей профильных ведомств, ведущих организаций по стандартизации, проектных и строительных компаний в области промышленного, гражданского, дорожного строительства, мостостроения из Москвы, Санкт-Петербурга, городов Поволжья, Краснодарского края, Сибири, а также Великобритании, Украины, Индии. Мероприятие посетили представители Правительства Москвы, ГК «Автодор», НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, ЦНИИЭП жилища, НИИ стройфизики РААСН, РОСДОРНИИ, ООО «Мостотрест», ОАО «Мостостроительный трест № 6», ГУП МНИИТЭП, ОАО «Мосинжпроект» и др.

Вопрос применения и продвижения композитной арматуры стал очень актуальным в России в последние два года с ростом интереса к новому продукту и появлением новых производителей. У отечественных строителей, проектных организаций накопилась масса вопросов по возможностям композитной арматуры, существующим ограничениям и преимуществам.

Специалисты ООО «Гален» пригласили в Россию ведущего мирового эксперта в области композитной арматуры Б. Бенмокрейна – профессора кафедры гражданского строительства Университета Шербрук (Канада), директора Национального исследовательского центра по современным композитам для инфраструктуры и инновационным материалам для армирования бетона. Б. Бенмокрейн руководил разработкой стандартов по композитной арматуре в США и Канаде и пользуется авторитетом по всему миру.

В докладе Б. Бенмокрейна представлена полная информация об областях применения композитной арматуры в строительных конструкциях за рубежом, действующих стандартах, методиках расчета и тестирования; продемонстрированы конкретные объекты с более чем пятнадцатилетней историей (мосты, парковки, дороги, промышленные объекты и пр.).

Участники семинара отметили ценность представленных спикером конкретных примеров внедрения. Так, И.Н. Тихонов, руководитель Центра проектирования и экспертизы НИИЖБ им. А. А. Гвоздева, подчеркнул, что особую ценность имеет именно внедренческая часть доклада, демонстрирующая внушительные объемы применения продукта в Канаде и мире. Он оценил успешный западный опыт взаимодействия с органами власти и предпринимателями, нацеленный на внедрение нового продукта. В свою очередь Б. Бенмокрейн рассказал о тесном сотрудничестве с профильными министерствами в части продвижения продукта и об интересе органов власти к новому продукту, появившемуся после ряда обрушений конструкций с традиционными материалами и положительных результатах испытаний. Первое применение композитной арматуры в Канаде было еще в 1998 г. Позднее появилась возможность внедрения материала во многие области промышленности. Он подчеркнул, что и на Западе для массового внедрения арматуры кроме простого энтузиазма требовалось время и уверенность в экономической целесообразности ее применения. Однако, несмотря на некоторые ограничения – низкий модуль упругости и соответственно ограниченность областей применения – продукт подтвердил экономическую эффективность и прочно занял свою нишу.

Заместитель генерального директора ООО «Гален» Е.В. Николаев подчеркнул своевременность проведенного мероприятия. В России растет спрос на композитную арматуру, строители активно внедряют продукт взамен металла, а рынок заполняется новыми производителями. Однако в стране нет ГОСТа, гарантирующего поставку продукта надлежащего качества. Отсутствие в России четкого понимания существующих ограничений применения, методов расчета несет определенную угрозу будущему продукту. Одно из решений – обращение к западному опыту. В США и Канаде действуют стандарты на продукт, реализована масса успешных проектов в области мостостроения, дорожного, промышленного строительства и пр. По словам Е.В. Николаева, целью мероприятия стало не только получение практической информации, но и совместное обсуждение будущего композитной арматуры в России всеми заинтересованными сторонами. В ходе обсуждения была достигнута договоренность о развитии данной темы совместно с организациями по стандартизации, органами власти и проектировщиками.

УДК 697.1

Ю.С. ВЫТЧИКОВ, канд. техн. наук, А.А. ДЕМЕНТЬЕВА, инженер,
Самарский государственный архитектурно-строительный университет;
В.М. ГОРИН, канд. техн. наук, генеральный директор ЗАО «НИИКерамзит» (Самара)

Теплофизический расчет трехслойной керамзитобетонной стеновой панели

В настоящее время в Российской Федерации на отопление зданий и сооружений расходуется около 70% всей тепловой энергии, вырабатываемой в стране. В 1995 г. были приняты повышенные нормативы по теплозащите ограждающих конструкций, в результате чего применение однослойных стеновых панелей из керамзитобетона плотностью 1000–1100 кг/м³ стало невозможным из-за недостаточного сопротивления теплопередаче. Конструкции ограждающих стен массово стали возводить многослойными.

Однако имеющийся опыт производства и эксплуатации трехслойных панелей с использованием в качестве теплоизоляционного слоя пенополистирольных плит выявил ряд трудноустраимых недостатков. К ним относятся: термическая неоднородность за счет наличия связей между слоями (металлических, бетонных и т. д.), являющимися теплопроводными включениями и снижающими сопротивление теплопередаче конструкции в целом; повышенная трудоемкость изготовления из-за значительной доли ручного труда по раскрою и укладке утеплителя, установке связей между отдельными слоями, а также из-за дополнительных затрат на их защиту. Примененное в конструкции так называемое последовательное соединение внешнего и внутреннего слоев, отличающихся долговечностью, делает ее ремонтно-непригодной. Кроме того, их выпуск требует внесения значительных изменений в существующие технологические линии заводов ЖБИ.

С теплотехнической точки зрения использование в качестве теплоизоляционного слоя полимерных материалов, существенно отличающихся по своим теплофизическим характеристикам от конструкционных материалов, довольно часто приводит к увлажнению ограждающих конструкций в период сильных морозов.

Одним из эффективных путей повышения теплозащиты зданий является применение трехслойных ограждающих конструкций с наружными слоями из конструкционных бетонов и средним слоем из низко-теплопроводных легких бетонов.

Они обеспечивают высокое сопротивление теплопередаче и могут использоваться при строительстве зданий гражданского и промышленного назначения в различных климатических условиях. Отличительной особенностью изготовления таких конструкций является последовательная укладка слоев в едином технологическом цикле, что обеспечивает надежное сцепление и устраняет необходимость установки стальных или дискрет-

ных железобетонных связей между слоями. При этом трудоемкость их изготовления практически не отличается от однослойных конструкций. С использованием указанной выше технологии могут изготавливаться несущие, самонесущие и навесные стеновые панели, плиты перекрытий и покрытий, крупноразмерные и мелкие стеновые блоки для сборного строительства, а также ограждающие конструкции в монолитном домостроении.

Весьма перспективным направлением в строительстве является использование крупнопористого беспесчаного керамзитобетона при возведении наружных стен.

Результаты исследования теплофизических характеристик беспесчаного керамзитобетона приведены в таблице.

Технология изготовления трехслойных стеновых панелей с применением легких бетонов подробно описана в [1].

Приведем теплофизический расчет наружной стены жилого здания, выполненной с применением беспесчаного керамзитобетона в качестве теплоизоляционного слоя. Район строительства – г. Самара.

На рис. 1 представлено сечение стеновой панели.

Теплотехнический расчет наружной стены выполним в следующей последовательности.

1. Определяем требуемое сопротивление теплопередаче, исходя из санитарно-гигиенических и комфортных условий согласно [2]:

$$R_{01}^{mp} = \frac{n(t_e - t_n)}{\Delta t_n \cdot \alpha_e} = \frac{1(20 + 30)}{4 \cdot 8,7} = 1,44 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

2. Рассчитываем требуемое сопротивление теплопередаче наружной стены исходя из условия энергосбережения, по величине градусо-суток отопительного периода:

$$ГСОП = (t_e - t_{o.n.}) \cdot z_{o.n.} = (20 + 5,2) \cdot 203 = 5116 \text{ °C} \cdot \text{сут};$$

$$R_{02}^{mp} = 3,19 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

3. Находим минимально допустимое значение приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены при реализации потребительского подхода, используя понижающий коэффициент согласно [2]:

$$R_0^{\min} = R_{02}^{mp} \cdot 0,63 = 3,19 \cdot 0,63 = 2 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

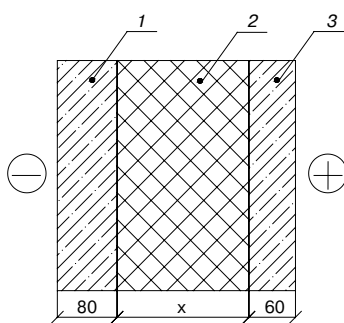


Рис. 1. Сечение стеновой панели. 1-й слой – керамзитобетон: $\gamma_1=1000 \text{ кг/м}^3$; $\lambda_1=0,33 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$; $\mu_1=0,14 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$; 2-й слой – беспесчаный керамзитобетон: $\lambda_2=400 \text{ кг/м}^3$; $\mu_2=0,11 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$; $\mu_2=0,19 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$; 3-й слой – керамзитобетон: $\gamma_3=1000 \text{ кг/м}^3$; $\lambda_3=0,33 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$; $\mu_3=0,14 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$

Плотность керамзитобетона в сухом состоянии, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·°C)			Коэффициент паропроницаемости μ , мг/(м·ч·Па)	Коэффициент воздухопроницаемости i , кг/(м·ч·Па)
	В сухом состоянии	В условиях эксплуатации А, $\omega=3,5\%$	В условиях эксплуатации Б, $\omega=6\%$		
486	0,12	0,13	0,14	0,16	0,066
357	0,10	0,11	0,118	0,19	0,075
534	0,118	0,138	0,148	0,14	0,067
599	0,132	0,152	0,168	0,148	0,071

4. Определяем требуемую толщину беспесчаного керамзитобетона из условия:

$$R_0^{np} \geq R_0^{\min};$$

$$r \left(\frac{1}{\alpha_6} + R_1 + R_2 + R_3 + \frac{1}{\alpha_n} \right) \geq R_0^{\min}.$$

Принимаем коэффициент теплотехнической однородности $r = 0,85$ [3]:

$$R_2 \geq \frac{R_0^{\min}}{r} - \frac{1}{\alpha_6} - R_1 - R_3 - \frac{1}{\alpha_n} =$$

$$= \frac{2}{0,9} - \frac{1}{8,7} - \frac{0,06}{0,33} - \frac{0,08}{0,33} - \frac{1}{23} = 1,64 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

$$\delta_2 \geq R_2 \cdot \lambda_2 = 1,64 \cdot 0,11 = 0,18 \text{ м}.$$

Принимаем $\delta_2 = 0,21$ м.

5. Находим значение приведенного сопротивления теплопередаче наружной стены:

$$R_0^{np} = 0,85 \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,06}{0,33} + \frac{0,21}{0,11} + \frac{0,08}{0,33} + \frac{1}{23} \right) = 2,12 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}.$$

После выполнения теплотехнического расчета наружной стены переходим к расчету влажностного режима с помощью метода безразмерных характеристик, приведенного в [4].

Для численной реализации метода безразмерных характеристик разработан программный комплекс «Диффузия» [5].

Расчет влажностного режима стеновой панели выполним в следующей последовательности.

Определяем значения безразмерных переменных X_i и Y_i на границах слоев по следующим формулам:

$$X_i = \frac{\sum R_x}{R_0^{вст.}}; \quad Y_i = \frac{\sum R_{n_x}}{R_{n_0}}, \quad (1)$$

где X_i – безразмерное сопротивление теплопередаче от внутреннего воздуха до рассматриваемого сечения наружной стены; Y_i – безразмерное сопротивление паропроницанию от внутреннего воздуха до рассматриваемого сечения наружной стены;

$\sum R_x = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^m R_i$ – сопротивление теплопередаче от внутреннего воздуха до сечения x ;

$\sum R_{n_x} = R_{n_6} + \sum_{i=1}^m R_{n_i}$ – сопротивление паропроницанию от внутреннего воздуха до сечения x ;

$R_{n_0} = R_{n_6} + \sum_{i=1}^m R_{n_i} + R_{n_n}$ – сопротивление паропроницанию глади наружной стены;

R_{n_6}, R_{n_n} – сопротивление влагообмену между воздухом и соответственно внутренней и наружной поверхностями стеновой панели;

$R_{n_6} = 0,027 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$; $R_{n_n} = 0,0137 \text{ м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}/\text{мг}$ [6];

n – общее число слоев в ограждении;

m – число слоев до рассматриваемого сечения x ($m \leq n$).

Результаты расчета влажностного режима стеновой панели, выполненные с помощью программного комплекса «Диффузия», приведены на рис. 2.

На рис. 2 представлена зависимость безразмерного сопротивления паропроницанию Y от безразмерного термического сопротивления X для рассматриваемой стеновой панели. Кривая Y_n характеризует значения безразмерного сопротивления паропроницанию для состояния насыщенного влажного воздуха.

Кривая Y_n построена для значений: температуры внутреннего воздуха $t_{int} = 20^\circ\text{C}$ и относительной влажно-

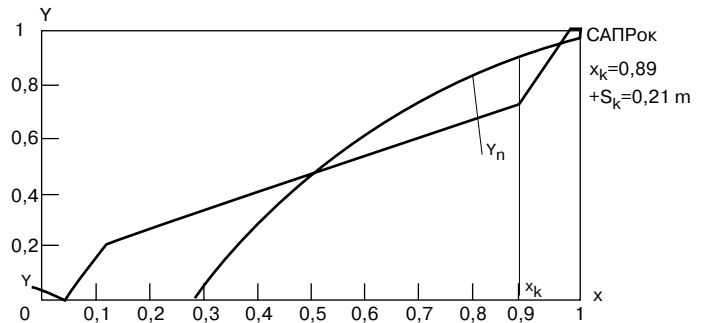


Рис. 2. Результаты расчета влажностного режима стеновой панели

сти $\phi_{int} = 55\%$. Параметры наружного воздуха принять средними для наиболее холодного месяца ($t_n^I = -13,5^\circ\text{C}$; $\phi_n = 84\%$).

$$Y_i = \frac{e_6 - 10^N}{e_n - e_n}, \quad (2)$$

где e_6, e_n – упругость внутреннего и наружного воздуха соответственно, Па.

$$N = 2,125 + \frac{156 + 8,12[t_6 - X(t_6 - t_n)]}{236 + t_6 - X(t_6 - t_n)}.$$

Пересечение линий Y и Y_n определяет область возможной конденсации водяного пара в толще ограждения. Плоскость возможной конденсации соответствует максимальному значению разности величин $Y - Y_n$ внутри этой области.

Плоскость возможной конденсации, как показал расчет, совпадает с наружной поверхностью слоя беспесчаного керамзитобетона.

Так как линии Y и Y_n пересекаются (рис. 2), то имеет место конденсация водяного пара в толще рассматриваемой конструкции наружной стены, поэтому необходимо выполнить расчет на влагонакопление по известной методике [2].

Расчет показал, что накопление влаги в трехслойной стеновой панели не должно происходить за годовой период эксплуатации здания и не выходит за пределы допустимого сорбционного увлажнения за период с отрицательными температурами.

Рассмотренная трехслойная керамзитобетонная панель толщиной 350 мм рекомендуется для применения при строительстве жилых, общественных и административных зданий в Самарской области.

Список литературы

1. Баженов Ю.М., Король Е.А., Ерофеев В.Т., Митина Е.А. Ограждающие конструкции с использованием бетонов низкой теплопроводности: основы теории, методы расчета и технологическое проектирование. М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2008. 319 с.
2. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. М.: Госстрой России, 2003. 65 с.
3. СТО 00044807-001-2006. Теплозащитные свойства ограждающих конструкций. Стандарт организации. М.: РОИС, 2006. 64 с.
4. Витчиков Ю.С., Беляков И.Г. Исследование влажностного режима строительных ограждающих конструкций с помощью метода безразмерных характеристик. Известия вузов. Строительство. 1998. № 3. С. 76-79.
5. Витчиков Ю.С., Беляков И.Г. Программа расчета влажностного режима строительных ограждающих конструкций «Диффузия-2005». Свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 4481. Программа зарегистрирована в отраслевом фонде алгоритмов и программ.
6. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: АВОК-Пресс, 2006. 256 с.

Польские «Дни бетона»

Конференции «Дни бетона» распространены во всем мире. Это простое и емкое название очень символично. Один раз в несколько лет, в основном с разрывом в два–три года, на несколько дней ученые и учащиеся, теоретики и практики бетонного дела собираются вместе, чтобы подвести итоги сделанного, оценить достигнутый в мире технологический уровень, узнать и осмыслить новую информацию. «Дни бетона» стали особенно актуальны в XXI в. в связи с революционными преобразованиями в технологии бетона.

Интересно, что тема «Дней бетона», проведенных 16–20 октября 2011 г. в Цинциннати, штат Огайо, – «Связь теории с практикой». Организовал и провел конференцию Американский институт бетона (ACI). Основная цель – обмен знаниями и решение текущих проблем стандартизации и направления развития технологии бетона. Особый уклон был сделан на образование молодого поколения инженеров и ученых. В конференции приняло участие 1500 специалистов.

Напомним, что на Украине подобные международные конференции под девизом «Дни современного бетона» проводятся регулярно в Запорожье на острове Хортица.

В Польше ассоциация производителей цемента «Polsky cement» с 2000 г. один раз в два года проводит «Дни бетона». Традиционно каждая конференция открывается обстоятельными докладами ученых мирового уровня в области цемента и бетона. Работу в секциях возглавляют ведущие польские профессора. К конференциям готовятся объемные сборники докладов. Распространяются специальные периодические издания и книги, публикуемые «Polsky cement».

8–10 октября 2012 г. в районе горного курорта Висла, недалеко от Кракова прошла очередная конференция. На пленарных заседаниях заслушаны доклады о тенденциях развития технологии бетона и конструкций из него, о бетоне – материале для устойчивого (sustainable) развития, состоянии и перспективах производства и применения добавок, новых цементов и альтернативных вяжущих.

Работали секции: новые решения в технологии бетона; товарный бетон; дороги и мосты; цементы и бетоны с минеральными добавками; свойства бетонной смеси и бетона; изделия и конструкции из сборного железобетона.

Тон в работе секций задавали известные ученые – В. Курдовски, Л. Чарнецки, Я. Малолепши, Я. Шливински, Зб. Гергичны, А. Брандт и др. Общее руководство конференцией осуществлял руководитель цементной ассоциации профессор Я. Дея.

В рамках «Дней бетона» проведен конкурс «Power concrete». Его участники только молодые люди – производители бетона должны были в финале представить и испытать свои бетонные образцы с прочностью не менее 42 МПа на прессе. Полезность конкурса была очевидна. Отметим также, что прошла интересная и злободневная дискуссия «Инвестор, проектировщик, производитель, строитель, контроль – порочный круг?».

Традиционны для конференции вечерние мероприятия, товарищеские ужины, на которых в неформальной обстановке можно обсудить волнующие каждого вопросы производства, направления развития науки, вспомнить поучительные истории из жизни и научной деятельности маститых ученых.



Награды за выдающиеся достижения. В центре А. Невилль



Награды молодым – стимул к будущим свершениям

Но самым, можно сказать, волнующим событием конференции была презентация пятого издания монографии «Свойства бетона». Книгу на польском языке лично представил участникам конференции великий 92-летний технолог бетона, сэр Адам Невилль! Монография носит энциклопедический характер, освещая всю историю развития главного строительного материала человечества.

Все вместе взятое носило характер тесного единства науки с производством. Участие разных поколений ученых – магистров, аспирантов, профессоров и практиков, производителей цемента, добавок, бетона, строителей свидетельствует о высоком интересе и профессиональной результативности польских «Дней бетона».

**А.В. Ушеров-Маршак, д-р техн. наук,
Харьковский национальный университет
строительства и архитектуры (Украина)
Зб. Пилх, шеф маркетинга
ассоциации «Polsky cement»**

Р. С. «Учиться, учиться и еще раз учиться...»

Я далек от чисто эмоционального восприятия своего участия в польских конференциях. Но, начиная с первой конференции в 2000 г., где впервые услышал о бетоне и добавках нового поколения от их создателей, я здесь постоянно учусь. Учусь не только в профессиональном смысле, но и опыту организации и проведения конференций подобного рода. Учусь благодаря контактам с высокопрофессиональными коллегами.

Когда-то, в моей молодости такие и еще более высокого уровня конгрессы, симпозиумы и конференции проводились в Советском Союзе, подчеркивая приоритеты отечественной науки. Остается надеяться на возрождение отечественного бетоноведения...

А.В. Ушеров-Маршак

Строительная и интерьерная выставка

SibBuild

СтройСиб

Новосибирск Экспоцентр



5-8 февраля 2013

- Строительные материалы и оборудование
- Инструменты и крепеж
- Натуральный и искусственный камень
- Бетоны. Растворы
Бетонные заводы

19-22 февраля 2013

- Отделочные материалы
- Двери и замки
- Краски. Сухие строительные смеси
- Керамика. Сантехника
- Инженерное оборудование
- Электрика. Системы автоматизации зданий



Генеральный интернет-партнер



ITE Сибирская Ярмарка
ул. Станционная, 104
тел.: +7 (383) 363 00 63
sibbuild@sibfair.ru
www.sibfair.ru

Генеральный информационный спонсор



Официальный партнер



Генеральный интернет-партнер



Информационные партнеры



КОЛЛЕГИ

ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль» (Республика Беларусь) отметил 35-летие

История предприятия берет свое начало с 1977 г., когда была введена в строй первая очередь по производству керамзита мощностью 200 тыс. м³ в год. Через шесть лет состоялся ввод второй очереди, что увеличило мощность до 500 тыс. м³ в год. Реконструкция печей в 1987 г. повысила производительность до 700 тыс. м³, что вывело предприятие на второе место по объему выпуска керамзита в СССР. Новым этапом в расширении ассортимента продукции стало освоение выпуска стеновых керамзитобетонных блоков «ТермоКомфорт», аналога европейских блоков Super-K и SuperTermo.

За минувшие годы продукция предприятия была сертифицирована: Берлинским институтом испытаний строительных материалов с присвоением U-символа, дающего право на ввоз и применение продукции в строительстве стран Европейского сообщества; Рижским центром оценки соответствия строительных материалов и изделий «BVANC» на право CE-маркировки. Международным сертификационным органом BVQI (Bureau Veritas Quality International) выданы сертификаты Системы менеджмента качества на керамзит и керамзитобетонные изделия, как соответствующей требованиям ISO 9001:2000, а в 2007 г. внедрены Система управления окружающей средой и Система управления охраной труда и сертифицированы международным сертификационным органом BVC (Bureau Veritas Certification) как соответствующие требованиям ISO 14001:2000 и OHSAS 18001:1999.

В рамках празднования 35-летия предприятия состоялась презентация технических возможностей нового цеха керамзитобетонных блоков. Новое оборудование дает возможность выпускать керамзитобетонные блоки «ТермоКомфорт» шириной 400 мм и сопротивлением теплопередаче 3,34 м²·°C/Вт, что достигается благодаря уникальной технологии (13 рядов щелей и пазогребневая система). Также были представлены такие новинки, как керамзитобетонные блоки «ТермоКомфорт» полностью шириной 200 мм и тротуарная плитка на основе керамзита мелких фракций. Особенностью данной плитки является то, что она изготовлена методом двухслойного формования с объемным окрашиванием лицевого слоя.

Редакция журнала «Строительные материалы»®, ЗАО «НИИКерамзит» и НО СПКиК поздравляют коллектив предприятия и желают процветания, успехов и дальнейшего развития.

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

«Полипласт» запустил мини-завод

Компания «Полипласт» запустила мини-завод по выпуску строительной химии в Минске. Ввод в эксплуатацию мощностей позволит оптимизировать использование производственных линий завода в г. Кингисеппе (Ленинградская область), модернизация которого запланирована на 2013 г. Развитие региональной сети мини-заводов наряду с модернизацией мощностей на существующих заводах в Новомосковске, Кингисеппе и Первоуральске является одним из важнейших направлений инвестиционной программы компании. Долгосрочная программа развития бизнеса «Полипласта» предусматривает не только расширение рынков сбыта и повышение доли на рынке химических добавок до 60–65%, но и диверсификацию бизнеса за счет укрепления позиций на других сегментах химического рынка и освоения новых

видов производства продукции. В настоящее время продукция группы компаний удовлетворяет потребности стройиндустрии Урала, Сибири и Дальнего Востока 30% продукции идет на экспорт.

Базовая оценка компании в рамках IPO составляет 5,514 млрд р. с учетом 10% скидки для инвесторов – 4,963 млрд р. Компания рассчитывает привлечь 1 млрд р. от размещения на ММВБ. Все привлеченные средства будут направлены на развитие бизнеса. «Полипласт» занимает 51% российского рынка строительной химии, а в основном сегменте – производстве нафталинсульфонатов доля рынка достигает 70–80%. Компания владеет тремя из пяти заводов в России (70% мощностей), которые могут синтезировать нафталинсульфонаты суперпластификаторы (базовые добавки в бетоны).

По материалам ООО «Полипласт»

СВЕЗА запустила еще одно производство фанеры

Усть-Ижорский фанерный комбинат (УИФК), входящий в состав группы СВЕЗА, открыл новый цех по производству специальных продуктов прирезных форматов для промышленных клиентов – производителей автомобильного транспорта и опалубочных систем.

Комбинат УИФК специализируется на производстве березовой фанеры СВЕЗА с учетом индивидуальных требований заказчиков. Новая производственная площадка позволит расширить ассортимент продукции. В новом цехе

установили современный форматно-раскроечный центр Schelling (Австрия). Комбинат и раньше выпускал фанеру нестандартных размеров и со специальной наборкой шпона. Новое оборудование позволит оптимизировать процесс выпуска специальных продуктов и сократить сроки выполнения заказов.

В 2013 г. СВЕЗА планирует расширить возможности цеха прирезных форматов – установить покрасочную камеру и оборудование для специальной упаковки.

По материалам пресс-службы группы компаний СВЕЗА

Открытие завода в Зарайске

В конце октября 2012 г. в г. Зарайске (Московская область) состоялось открытие завода компании «Маккаферри» по производству геосинтетических материалов. Площадь производственного комплекса составляет 4,32 тыс. м², общая площадь участка 4 га, административно-бытовой корпус занимает 500 м². На заводе будут производить противоэрозионные геоматы Макмат (MacMat) и дренажные композиты Макдрейн (MacDrain) и Террадрейн (Terradrain).

С этой целью компанией «Маккаферри» создано и зарегистрировано обособленное подразделение в г. Зарайске и набран персонал. Объем инвестиций в производственные мощности, оснащенные современным итальянским оборудованием, составил около 130 млн р. В комплексе будет размещено несколько производств, которые рассчитаны на российских потребителей, а также на экспорт в страны СНГ.

По материалам ООО «Габиионы Маккаферри СНГ»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Более 1 тыс. т клея для монтажа газобетонных блоков выпущено ООО «ПСО «ТЕПЛИТ»

Официально запущенная в июне 2012 г. установка для производства ССС на ООО «Производственно-строительное объединение «ТЕПЛИТ» предназначена прежде всего для выпуска клея для создания тонкошовной кладки из газобетонных блоков, которые компания производит на двух технологических линиях в г. Березовский и п. Рефтинский Свердловской области.

Производственная мощность завода ССС, поставленного компанией «Вселуг» на предприятие в п. Рефтинский, ориентирована на выпуск 40 тыс. т сухих строительных

смесей в год. При их производстве используется зола-уноса Рефтинской ГРЭС, портландцемент, известь и добавки. Рецептура клея и штукатурки разработана специалистами Санкт-Петербургского государственного технологического института.

Технологическая линия по производству ССС располагается на производственных мощностях газобетонного завода. Завод выполнен по вертикальной схеме расположения оборудования. Управление линией сухих строительных смесей осуществляется с помощью интеллектуальной системы САУ ССС LOGIC, разработанной специально для этого комплекса, и возможно как в автоматическом, так и в ручном режиме.

По материалам ООО «Вселуг» и ООО «ПСО «ТЕПЛИТ»

На севере Таджикистана заработал новый завод

Новое предприятие по производству цемента ООО «Сугд-цемент» начало функционировать на севере Таджикистана. Контрольно-испытательное производство на данном предприятии началось в конце августа 2012 г. После успешного прохождения двухмесячного испытательного срока завод приступил к полноценной работе.

В настоящее время годовая мощность предприятия составляет 100 тыс. т цемента в год. Однако со временем планируется довести мощность завода до 1 млн т, тем самым сделав его одним из трех самых крупных таджикских предприятий по производству цемента.

На новом заводе занято свыше 140 человек, количество рабочих по мере увеличения производства будет доведено до 300.

Оборудование для нового предприятия закуплено в Китае на сумму свыше 1,8 млн USD за счет государственных капиталовложений.

Крупнейшим предприятием по выпуску цемента в Таджикистане является ОАО «Таджикцемент» мощностью 1,1 млн т цемента в год. Также в республике работает несколько других предприятий по выпуску цемента.

Несмотря на это, Таджикистан не может полностью удовлетворить свои потребности в этом виде стройматериалов, в связи с чем его импортируют из-за рубежа.

По материалам медиа-группы «ASIA-Plus»

Объем импортного цемента достигнет рекордных показателей

По итогам 2012 г. объем импортного цемента достигнет рекордных для рынка с 2008 г. показателей — более 4,5 млн т, когда импорт составлял 7,3 млн т. Из-за вступления в ВТО Россия не может использовать заградительные пошлины, а неизбежное увеличение поставок из-за границы грозит российским производителям падением выручки. В январе—сентябре 2012 г. в Россию было ввезено 3,9 млн т импортного цемента (прирост на 90% по сравнению с аналогичным периодом 2011 г.). Общая тенденция увеличения импортных поставок сохраняется с 2010 г. Резкое падение объема импорта цемента до 1,1 млн т было зафиксировано в 2009 г., но это произошло из-за кризиса и обвала цен на внутреннем рынке. Наблюдающееся увеличение объемов импорта обусловлено рядом факторов, среди которых нерациональное размещение производ-

ственных мощностей российских производителей и постоянный рост внутренних цен. Замещение импортом происходит в регионах, куда дорого доставлять российский цемент. Например, в Ростове-на-Дону дешевле получить сырье из Турции морем, чем везти железнодорожным транспортом с ближайшего крупного производителя, до которого около 400 км. На Юг России также идут поставки из Ирана и Румынии. В Северо-Западный регион завозят цемент из Прибалтики, стран Северной Европы, на Дальний Восток — из Китая, Южной Кореи. В Центральный федеральный округ ввозится цемент из Белоруссии. В настоящее время крупнейший импортер цемента в Россию — Турция, на которую приходится 37% зарубежных поставок. Доля Белоруссии — 21%, Ирана — 8%, Латвии — 7%, Китая — 4%. Среди прочих поставщиков — Румыния, Литва, Швеция, Южная Корея. Объем импорта цемента продолжит расти и к 2015 г. может превысить рекордный показатель 2008 г.

Казахстан увеличил производство строительных материалов

В Республике Казахстан в производстве основных видов строительных материалов по итогам первых трех кварталов 2012 г. наблюдается разнонаправленная динамика. За январь—сентябрь 2012 г. прирост к аналогичным показателям прошлого года был отмечен в производстве цемента, конструкций строительных сборных из бетона и растворов строительных. В натуральном выражении за рассматриваемый период производство цемента увеличилось на 785 тыс. т к январю—сентябрю 2011 г. и достигло 5931 тыс. т; производство конструкций строительных сборных из бетона — на 72,16 тыс. т к январю—сентябрю 2011 г. и достигло 905,21 тыс. т. Производство строительных растворов возросло на 25,3 тыс. т к январю—сентябрю 2011 г. и достигло

410,5 тыс. т. Наряду с этим за девять месяцев 2012 г. объемы выпуска казахстанскими предприятиями кирпича, извести и товарного бетона снизились по отношению к аналогичному периоду 2011 г. Несмотря на внушительные темпы прироста производства керамического строительного кирпича в сентябре к августу, составившие 76%, производственные показатели за первые три квартала текущего года упали на 78 тыс. м³ к аналогичному периоду 2011 г. и составили 478,6 тыс. м³. Похожая ситуация сложилась в производстве извести и товарного бетона. Объемы выпуска извести в январе—сентябре 2012 г. достигли 590,16 тыс. т, товарного бетона — 5990,7 тыс. т. Падение производства за январь—сентябрь 2012 г. к январю—сентябрю 2011 г. составило 48,7 тыс. т и 795,8 тыс. т соответственно.

По материалам инвестиционной компании «СМПРо»

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья – это сочинение небольшого размера (до 3-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

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

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

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи.

НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНИПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.
2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.
3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.
4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.

ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние 2–5 лет в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.

2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние 5 лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

Несомненно, что возможны ссылки и на классические работы, однако не следует забывать, что наука всегда развивается поступательно вперед и незнание авторами последних достижений в области исследований может привести к дублированию результатов, ошибкам в постановке задачи исследования и интерпретации данных.

Статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий:

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

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

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»® был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала www.rifsm.ru/files/aytoru.pdf

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://www.rifsm.ru/page/7>