

### СОДЕРЖАНИЕ

#### Товарный бетон – наука и практика

А.В. УШЕРОВ-МАРШАК

#### Товарный бетон – тема бетоноведения и проблема технологии бетона ..... 5

Приведена краткая история и современная ситуация в технологии товарного бетона и науки о нем, принятая в рассматриваемой области терминология. Сделана попытка классификации товарного бетона. Рассмотрены проблемы технологических переделов производства и роль компонентов бетонной смеси.

С.С. КАПРИЕЛОВ, В.И. ТРАВУШ, Н.И. КАРПЕНКО, А.В. ШЕЙНФЕЛЬД,  
Г.С. КАРДУМЯН, Ю.А. КИСЕЛЕВА, О.В. ПРИГОЖЕНКО

#### Модифицированные высокопрочные бетоны классов В80 и В90 в монолитных конструкциях. Часть II ..... 9

Описан опыт реализации технологии производства высокопрочного (классов В80 и В90) самоуплотняющегося товарного бетона. Дан анализ влияния технологических факторов на качество бетонной смеси, приведены физико-технические показатели бетона, описан контроль качества и способы ухода за твердеющим бетоном.

М.Ф. МАРКОВСКИЙ, Ю.Б. КОПЫЛОВ, Н.Г. БУРСОВ

#### Технологии бездефектного возведения монолитных железобетонных конструкций из товарного бетона ..... 14

Приведены требования к качеству поверхности монолитных конструкций. Предлагается классификация бетонных поверхностей в зависимости от их назначения, описана технология бетонирования наклонного перекрытия и стен в опалубке.

А.Г. БУБЛИЕВСКИЙ

#### Болевые точки отрасли ..... 18

Выявлены основные проблемы, стоящие перед производителями товарного бетона: отсутствие соответствующей уровню развития технологии нормативной базы, качество и стоимость сырья.

В.И. КАЛАШНИКОВ

#### Промышленность нерудных строительных материалов и будущее бетонов ..... 20

Проанализирована проблема рынка сбыта отсевов камнедробления карьеров и выявлены основные направления их переработки для эффективного использования в новых видах цементных бетонов, в геослаковых и геосинтетических вяжущих.

Г.В. НЕСВЕТАЕВ

#### Технология самоуплотняющихся бетонов ..... 24

Определены основные факторы, определяющие диаметр расплыва самоуплотняющихся бетонных смесей. Предложена методика оценки эффективности суперпластификатора (СП) в сочетании с конкретным цементом, дано соотношение между предельным напряжением сдвига бетонной смеси и цементного теста. Приведены значения коэффициента, учитывающего влияние СП на формирование прочности, при проектировании состава бетонов. Предложены формулы для определения начального модуля упругости, меры ползучести, усадки самоуплотняющихся бетонов.

Д.И. ШТАКЕЛЬБЕРГ, Б.И. ВИЛЬГЕ, С.В. БОЙКО

#### Мониторинг твердения и упрочнения цементно-бетонных композиций ..... 30

Описаны разработанные принципы мониторинга твердения и упрочнения цементно-бетонных композиций, базирующиеся на следующих положениях: физико-химическая и физико-механически связанная вода является полноправной структурной составляющей, соединяющей твердофазные элементы; физическая влага всегда находится в термодинамическом равновесии с твердой фазой, на которой она адсорбирована (или которой она абсорбирована), поэтому все изменения ее свойств в процессе твердения адекватно отражают закономерности структурообразования. Приведены результаты применения системы Contest-8 для лабораторных исследований, а также для мониторинга твердения и упрочнения растворных и бетонных смесей на заводах и на строительных объектах.

**Учредитель журнала:**  
ООО Рекламно-издательская  
фирма «Стройматериалы»

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

**Главный редактор**  
ЮМАШЕВА Е.И.

**Редакционный совет:**  
РЕСИН В.И.  
(председатель)

БАРИНОВА Л.С.

БУТКЕВИЧ Г.Р.

ВАЙСБЕРГ Л.А.

ВЕДЕРНИКОВ Г.В.

ВЕРЕЩАГИН В.И.

ГОНЧАРОВ Ю.А.

ГОРИН В.М.

ГОРНОСТАЕВ А.В.

ГРИДЧИН А.М.

ЖУРАВЛЕВ А.А.

КОВАЛЬ С.В.

КОЗИНА В.Л.

ЛЕСОВИК В.С.

ПИЧУГИН А.П.

СИВОКОЗОВ В.С.

ФЕДОСОВ С.В.

ФЕРРОНСКАЯ А.В.

ФИЛИППОВ Е.В.

ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

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

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

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

Редакция не несет ответственности  
за содержание рекламы и объявлений

#### Адрес редакции:

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

Тел./факс: (495) 976-22-08  
(495) 976-20-36

Телефон: (926) 833-48-13

E-mail: mail@rifsm.ru

http://www.rifsm.ru

С.В. ФЕДОСОВ, А.М. ИБРАГИМОВ, С.А. НЕСТЕРОВ

**Моделирование тепловых процессов при монолитном бетонировании с учетом теплового эффекта гидратации цемента ..... 34**

Анализируется влияние теплового эффекта гидратации цемента на процессы, протекающие в конструкции при монолитном бетонировании. Предложена математическая модель теплопереноса в неограниченной пластине с учетом распределенного теплового источника. Эта модель характерна для процессов бетонирования плит в опалубке, а также может быть применена для тепловлажностной обработки бетонных изделий. По результатам расчетов построены графики, которые иллюстрируют частные случаи распределения температуры по толщине плиты при конкретных значениях критериев Био, Фурье и Померанцева. Учитывая фактические показатели (толщину конструкции, коэффициент теплоотдачи, теплопроводность и др.), появляется возможность определить реальное распределение температуры по толщине конструкции и выбрать оптимальную интенсивность теплового воздействия для прогрева.

Б.В. ГУСЕВ, А.С. ФАЙВУСОВИЧ

**Построение математической теории процессов коррозии бетона ..... 38**

Излагаются основные положения развиваемой авторами математической теории процессов коррозии бетона. Ее принципиальное отличие заключается в выборе схемы процесса, в соответствии с которой вокруг капилляров образуется подвижная граница химического превращения, перемещающаяся в радиальном направлении, что приводит к образованию переходной зоны с переменной по длине степени повреждения бетона. Показана универсальность исходной системы уравнений и ее соответствие экспериментальным данным.

С.А. ЗАХАРОВ

**Оптимизация составов бетонов высокоэффективными поликарбоксилатными пластификаторами ..... 42**

Проведены сравнительные испытания растворных смесей с суперпластификаторами на основе нафталиноформальдегидных смол, лигносульфонатов и поликарбоксилатов с целью снижения содержания в смесях цемента. Представлены зависимости подвижности растворной смеси от различных дозировок испытываемых пластификаторов, стоимостные показатели изменения подвижности смеси за счет применения различных пластификаторов.

М.Е. ЮДОВИЧ, А.Н. ПОНОМАРЕВ, С.И. ГАРЕЕВ

**Поверхностно-активные свойства модифицированных пластификаторов ..... 44**

Приведены результаты исследования изменения пластифицирующей способности группы суперпластификаторов при введении в раствор углеродного наномодификатора. Показано, что усиление пластифицирующих свойств при наномодификации уменьшается в бедных цементно-песчаных смесях. Установлено, что при увеличении концентрации наномодификатора значительно улучшаются свойства пластичности цементно-песчаной смеси, обеспечиваемые поликарбоксилатными суперпластификаторами.

В.В. БАБКОВ, А.И. ГАБИТОВ, А.Е. ЧУЙКИН, А.В. МОХОВ, В.П. КЛИМОВ, А.М. ГАЙСИН, И.А. СУХАРЕВА

**Высолообразование на поверхностях наружных стен зданий из штучных стеновых материалов ..... 47**

Проведены исследования процессов высокообразования на поверхности наружной стены зданий из штучных стеновых материалов, возводимых в зимних условиях. Изучено влияние на интенсивность высокообразования из кладочных растворов содержания в цементах щелочей, химических добавок (противоморозных и ускорителей твердения).

А.В. АРТАМОНОВ, В.Н. КУШКА

**Тяжелые бетоны на основе цемента различного способа помола ..... 50**

Изучено влияние способа помола цемента на свойства тяжелого бетона. Показано, что равноподвижные бетонные смеси на равнопрочных цементах разного способа измельчения имеют одинаковые В/Ц-отношения и равные плотности. При этом смеси на цементах центробежно-ударного измельчения, вследствие более узкого зернового состава по сравнению с цементами шарового измельчения, имеют меньшую водопотребность, что обуславливает снижение расхода вяжущего. По физико-механическим и деформативным свойствам бетоны на цементах центробежно-ударного измельчения не уступают аналогичным бетонам на товарном цементе и удовлетворяют требованиям СНиП 2.03.01-84.

С.А. АХРЕМЕНКО, Н.П. ЛУКУТЦОВА, Е.Л. КОРОЛЕВА, А.Н. ШАМШУРОВ

**Использование песка обогащения фосфоритного производства в мелкозернистом бетоне ..... 52**

Рассмотрена возможность изготовления бетонов на отсевах фосфоритного производства. Приведен состав песка. Представлены результаты комплексных исследований бетонов на цементах разных производителей с использованием суперпластификаторов российского и зарубежного производства.

И.Е. СЕСЬКИН

**Особенности структурообразования и формирования прочности прессованного цементного камня ..... 56**

Выявлены изменения минерально-фазового состава, плотности и пористости цементного камня при прессовании. Величина прессовочного давления принималась в пределах, используемых в современных технологиях при изготовлении конструкций из прессованного бетона. Показано, что уплотнение цементного камня прессованием при 4 МПа способствует увеличению плотности и снижению пористости, что позволяет примерно на 50% повысить прочность цементного камня.

С.-А.Ю. МУРТАЗАЕВ, З.Х. ИСМАИЛОВА

**Использование местных техногенных отходов в мелкозернистых бетонах ..... 57**

Представлены исследования возможности использования золошлаковых отходов ТЭЦ г. Грозный в производстве мелкозернистых бетонов марки В12,5-В22,5 для ремонтно-восстановительных работ бетонных и железобетонных изделий. Показано, что активная кремнеземистая добавка, приготовленная из золошлаковой смеси и суперпластификатора С-3 путем механоактивации, позволяет получить равнопрочные по сравнению с традиционными мелкозернистые бетоны и при этом снизить расход цемента на 30-40%.

**Гипс и его применение**

- С.Э. ДРИНЕВ, В.Ю. КУРОЧКИН, Д.И. СТЕКАНОВ, А.Б. КОНДРАТОВ  
**Опыт совершенствования технологии добычи гипса в шахте Анастасово-Порецкого месторождения** ..... 59  
Приведены данные о горно-геологических условиях разработки Анастасово-Порецкого месторождения вертикальными стволами в сочетании с непрерывной транспортировкой горной массы от забоя до склада готовой продукции. На основании физико-механических характеристик гипсового камня и особенностей залегания месторождения предложен комбинированный способ отбойки гипсового камня.
- В.Ф. КОРОВЯКОВ  
**Перспективы производства и применения в строительстве водостойких гипсовых вяжущих и изделий** ..... 65  
Показана эффективность применения водостойких гипсовых вяжущих как в производственных, так и в условиях строительной площадки. Они могут успешно заменить портландцемент, при этом повышая эффективность за счет быстрого твердения, ускорения сроков возведения зданий, снижения металлоемкости производства и энергозатрат.
- С.А. БОНДАРЕНКО, Б.Я. ТРОФИМОВ, Т.Н. ЧЕРНЫХ, Л.Я. КРАМАР  
**Использование фторангидрита в производстве пазогребневых перегородок** ..... 68  
Приведены результаты исследования отхода сернокислотного производства плавиковой кислоты из полевого шпата – фторангидрита. Рассмотрены возможности его модификации с целью ускорения схватывания и твердения. Показана возможность применения разработанного вяжущего в технологии пазогребневых перегородок.
- Г.И. ЯКОВЛЕВ, Г.Н. ПЕРВУШИН, В.А. КРУТИКОВ, И.С. МАКАРОВА,  
Р. МАЧЮЛАЙТИС, Х.-Б. ФИШЕР, А.Ф. БУРЬЯНОВ  
**Газобетон на основе фторангидрита, модифицированный углеродными наноструктурами** ..... 70  
Исследована возможность модификации фторангидритового газобетона углеродсодержащими наносистемами, заполненными медью, кобальтом и никелем, получаемыми методом стимулированной дегидрополиконденсации и карбонизации. Проанализировано изменение микроструктуры и изменение физико-технических характеристик газобетона.
- А.Г. ГУБСКАЯ, Е.Я. ПОДЛУЗСКИЙ, В.С. МЕЛЕНЬКО  
**Производство гипсового вяжущего и изделий из природного и техногенного сырья в Республике Беларусь** ..... 73  
Рассмотрены результаты исследований белорусских ученых по разработке технологий производства гипсового вяжущего и изделий на основе природного и техногенного сырья. Описаны способы улучшения качества гипсокартонных листов, позволяющие снизить их плотность и повысить огнестойкость. Рассмотрены различные способы производства гипсового вяжущего из фосфогипса, результаты исследований по нейтрализации примесей в фосфогипсе и технологические схемы получения из него  $\alpha$ - и  $\beta$ -полугидрата сульфата кальция.
- В.Б. ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ, В.В. БЕЛОВ, А.Ф. БУРЬЯНОВ  
**Модифицированные гипсовые дисперсные системы негидратационного твердения** ..... 76  
Исследовано влияние поливинилового спирта и водотвердого отношения на формовочные свойства порошкообразных сырьевых смесей на основе двухводного гипса, плотность и прочность получаемого материала.
- Р.Н. МИРСАЕВ, В.В. БАБКОВ, И.В. НЕДОСЕКО, С.С. ЮНУСОВА, Т.В. ПЕЧЕНКИНА, М.И. КРАСНОГОРОВ  
**Опыт производства и эксплуатации гипсовых стеновых изделий** ..... 78  
Представлено современное состояние жилых домов из гипсовых изделий, построенных в годы Великой Отечественной войны в Башкортостане. Описаны конструктивные особенности зданий и ориентировочный состав гипсовой массы.
- А.П. ПУСТОВГАР  
**Опыт применения гипсовых вяжущих при возведении зданий** ..... 81  
Приведены сведения о потреблении природного гипса в 2007 г. и гипсовых материалов в России. Описаны основные свойства материалов на основе гипсовых вяжущих и факторы, сдерживающие их применение. Представлены примеры длительной эксплуатации жилых домов из гипсовых материалов в России и вновь возведенных домов различного назначения в Азии, Австралии и др. Рассмотрены пути повышения водостойкости гипсового вяжущего.

**Материалы и конструкции**

- Е.П. КУЛИК  
**Применение ПАВ при производстве холодных асфальтобетонных смесей** ..... 86  
Определены ПАВ, наиболее эффективно улучшающие адгезию жидкого битума к влажным строительным материалам. Разработано связующее для ремонта влажного дорожного покрытия. Рассмотрены основные процессы взаимодействия жидкого битума, содержащего различные ПАВ с минеральными материалами разной природы.
- Д.В. ТРУФАНОВ, О.Ю. ТАРАРЫКОВ, В.С. АФАНАСОВ, А.Д. ТРУФАНОВ  
**Новые наполнители из мела ООО «Главмел» для промышленности строительных материалов России** ..... 88  
Представлены современные требования к мелу как сырью промышленности строительных материалов. Описана технология производства мела на предприятиях ООО «Главмел» (Копанищенском комбинате строительных материалов), которая позволяет получать продукцию классов -10, -20 и -40 мкм, по качеству являющуюся лучшей в России.

**Информация**

- Международный строительный форум Стройсиб – базовая выставка Сибири** ..... 90
- Новости** ..... 92

**Специализированный  
редакционный совет**

**«Строительные  
материалы: наука»**

РЕСИН В.И.  
(председатель)  
БАРИНОВА Л.С.  
БУТКЕВИЧ Г.Р.  
ВАЙСБЕРГ Л.А.  
ВЕРЕЩАГИН В.И.  
ГОРИН В.М.  
ГУДКОВ Ю.В.  
КОВАЛЬ С.В.  
КОЗИНА В.Л.  
КРАСОВИЦКИЙ Ю.В.  
ЛЕСОВИК В.С.  
ПРИЧУГИН А.П.  
ФЕДОСОВ С.В.  
ФЕРРОНСКАЯ А.В.

**Выпускающий  
редактор –  
ведущий**

научный редактор,  
канд. физ.-мат. наук  
КОЗЛОВА И.В.

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

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

**Перепечатка**  
и воспроизведение  
статей, рекламных  
и иллюстративных  
материалов из нашего  
журнала возможны лишь  
с письменного разрешения  
главного редактора

**Редакция не несет  
ответственности  
за содержание  
рекламы и объявлений**

**Адрес редакции:**

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

Тел./факс: (495) 976-22-08  
(495) 976-20-36

Телефон: (926) 833-48-13

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

## СОДЕРЖАНИЕ

### Юрий Игоревич Орловский ..... 97

Ю.И. Орловский, известный советский, украинский ученый материаловед, был одним из первых, кто в середине 70-х гг. прошлого века начал исследования по изучению направлений использования серы и серосодержащих отходов для производства строительных материалов: серных полимербетонов, мастик, модифицированных серой цементных бетонов.

Е.В. КОРОЛЕВ

### Серные композиционные материалы специального назначения ..... 99

Освещены вопросы использования серы в строительных материалах специального назначения; представлены результаты анализа процесса их структурообразования и некоторые закономерности влияния рецептурно-технологических факторов на эксплуатационные свойства. Приведены основные требования, предъявляемые к компонентам композиционных материалов специального назначения. На основании анализа технико-экономического расчета, проведенного для серных композитов, изготовленных на широко распространенных наполнителях, показано, что применение галенита, оксида свинца, сажи и свинцовой дроби неэффективно. Подробный анализ экспериментальных и теоретических исследований процессов структурообразования и свойств серных композиционных материалов позволил найти оптимальные составы для получения серных мастик и бетонов специального назначения. Отмечается, что полученные материалы демонстрировались на крупных Всероссийских выставках и были удостоены наград.

Н.Н. СЕРЕБРЯКОВА, Г.И. ЯКОВЛЕВ, Г.Н. ПЕРВУШИН, А.Ф. БУРЬЯНОВ, Я. КЕРЕНЕ,  
Р. МАЧУЛАЙТИС

### Полистиролбетон на основе фторангидрита ..... 107

Фторангидрит в виде безводного сульфата кальция, образующийся при производстве плавиковой кислоты, может использоваться для производства теплоизоляционных материалов на бесцементной основе. В исследованиях фторангидрит активировался сульфатными солями натрия и применялся для приготовления полистиролбетона на основе предварительно вспученных гранул полистирола. В качестве армирующей добавки вводилось рубленое базальтовое волокно. Приведены результаты рентгеноструктурного, микроскопического анализа и механических испытаний образцов полистиролбетона на ангидритовом вяжущем. Полученный ангидритовый полистиролбетон имеет марку по плотности 700, обладает хорошей паро- и газопроницаемостью, пожаробезопасен, предотвращает деструкцию полистирола при эксплуатации и имеет достаточную прочность для изготовления изделий в виде теплоизоляционных плит и блоков.

### Методы испытаний нефтяных битумов ..... 109

Приведена классификация стандартных битумов как одного из основных материалов для производства большинства кровельных, гидроизоляционных материалов, а также при устройстве дорожных покрытий. Приведены основные показатели, которыми характеризуют свойства битумов: глубина проникания стандартной иглы (пенетрация), температура размягчения, растяжимость в нить (дуктильность), температура хрупкости. Эти исследования позволяют быстро характеризовать консистенцию битума. К основным показателям, характеризующим свойства битумов также относятся адгезия, поверхностное натяжение на границе раздела фаз, когезия, тепловые, оптические и диэлектрические свойства. К числу сопоставимых показателей можно отнести потерю массы при нагревании, изменение пенетрации после нагревания, растворимость в органических растворителях, зольность, температуру вспышки, плотность, реологические свойства. Некоторые показатели определяют как для исходного битума, так и для битума после прогрева, который имитирует процесс старения. Стандартами задаются определенные значения показателей качества, что отражает оптимальный состав битума. Требования к составу различны для разных областей применения битумов.

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

**70886** каталог  
«Пресса России»

**79809** каталог  
агентства «Роспечать»

**Не забудьте оформить подписку своевременно!**

«Старый-новый материал для XXI века» — так образно охарактеризовал товарный бетон генеральный секретарь Европейского союза его производителей г-н Фр. Биациоли. Действительно, использование товарного бетона для возведения зданий и сооружений, на первый взгляд, обыденное дело. Каналы, плотины, небоскребы, автобаны, корпуса атомных реакторов и морских платформ из монолитного и сборно-монолитного железобетона достойно выдержали самые суровые испытания. В настоящее время товарный бетон усложнился композиционно. Его технологии на стадиях производства и применения насыщаются современными информационными элементами.

Харьков по праву считается родиной отечественного монолитного железобетона. Еще 80 лет назад в первой столице Украины возведено первое в Советском Союзе грандиозное по тем временам сооружение в стиле конструктивизма: 9-подъездный 14-этажный Дом государственной промышленности (Госпром) относят ныне к одному из строительных чудес Украины. Вполне вероятно, что этому способствовала работа в Украинском институте сооружений молодого, тогда харьковского ученого-бетоноведа Б.Г. Скрамтаева.

Длительная послевоенная крупнопанельная заводская эпоха как-то стремительно сменилась к концу XX века в СНГ монолитным построечным периодом. В связи с этим в огромных количествах востребован товарный бетон, индустрия которого насыщена самыми современными материалами, оборудованием и технологиями. Постепенно заводские стереотипы и методы технологов обеспечения заданных свойств бетона дополняются «построечными» представлениями. Но нерешенных проблем много. Они связаны с не всегда надлежащим качеством компонентов, неустоявшимися взаимоотношениями «производитель — потребитель» и нормативно-технологическим сопровождением, медленными темпами разработки систем оценки качества и мониторинга свойств, а также освоения интегрированных европейских норм на бетон и др.

Накапливаемый опыт, постановка и решение задач теории и практики товарного бетона, безусловно, нуждаются в обобщении и обсуждении. Именно поэтому подготовлена настоящая рубрика.

*А. Ушеров-Маршак, д-р техн. наук,  
научный консультант рубрики,  
ХГТУСА, Харьков*

УДК 691.3

А.В. УШЕРОВ-МАРШАК, д-р техн. наук,  
Харьковский государственный университет строительства и архитектуры (Украина)

## Товарный бетон – тема бетоноведения и проблема технологии бетона

*Введение.* Основной конструкционный материал человечества — бетон к началу III тысячелетия упрочил свое лидирующее положение на мировом строительном рынке. В большой мере это объясняется широкими возможностями инвесторов, конструкторов, дизайнеров, строителей с учетом социальных, экономических, экологических и других факторов обеспечить, как теперь модно говорить, устойчивое развитие этой сферы жизнедеятельности человека. Роль бетона при возведении зданий и сооружений из монолитного, сборно-монолитного и сборного железобетона возрастает адекватно освоению компонентов и бетонов нового поколения, которые революционизируют строительные технологии [1].

Условно бетонные смеси можно разделить по назначению на заводские и построечные. В разные исторические периоды, в разных странах соотношения между ними колебались. Особенно наглядно — в бывшем Советском Союзе, где доминировало полностью сборное строительство из заводских элементов. Результат — ошутимый крен в эту сторону отечественного бетоноведения, нормативной базы и т. п. В настоящее

время в резко изменившейся ситуации в научно-технологическом и нормативном сопровождении есть серьезные проблемы. Не устоялись понятийные представления и взаимоотношения «производитель — потребитель», не выработаны доступные способы проектирования и корректировки рациональных составов бетона и ухода за ним, не устоялись методы контроля качества и мониторинга. Создается впечатление, что в странах СНГ не успевают за трансфером импортных материалов, прежде всего добавок, и технологий. Не удается излечить хроническое заболевание — низкое качество заполнителей. Устранение негативных явлений — дело времени. Хотелось бы, не долго...

*История и ситуация (кратко).* Идея свежеприготовленной или готовой бетонной смеси была высказана английским инженером А. Диконсом в 1872 г. [2, 3], который обосновал «неоспоримые преимущества доставки бетона или раствора в форме, готовой к применению непосредственно на строительной площадке». Первенство оспаривается немецкими специалистами [4]. Инженер из Германии Ю. Магенс обратил серьезное внимание на способы сохранения свойств бетонной смеси,

Термины и определения (EN 206-1)

Пункт	Термин	Определение
3.1.2	Бетонная смесь	Однородно перемешанные компоненты бетона в состоянии, пригодном к уплотнению избранным методом
3.1.4	Бетон, приготовленный на стройплощадке	Бетон, произведенный на стройплощадке потребителем для собственных нужд
3.1.5	Бетон товарный	Бетон доставленный, бетонная смесь, изготовленная вне стройплощадки или на ней не потребителем
3.1.38	Производитель	Физическое лицо либо организация, производящая бетонную смесь
3.1.39	Потребитель	Физическое лицо либо организация, применяющая бетонную смесь для изготовления конструкции или изделия

путем охлаждения компонентов и самой смеси, вибрации ее в процессе транспортировки. Им получено несколько патентов. Дату одного из них – 10 января 1903 г. принято считать днем рождения товарного бетона. Успешному продвижению его на строительном рынке в начале 30 гг. XX в. способствовало развитие в США, Великобритании и Германии специальных транспортных средств.

После Второй мировой войны товарный бетон поступательно занимает лидирующее место в строительной сфере. Сложившийся ситуации способствует высокая индустриализация производства, транспорта и укладки бетонной смеси в опалубку. По разным данным, его производство в мире превышает 3 млрд т. В Европе координацию научно-технической политики, создания и освоения гармонизированных стандартов применительно к товарному бетону с 1967 г. осуществляет Федерация производителей товарного бетона ERMCO (European Ready-mixed Concrete Organization). В ее рамках объединены более 2000 фирм с объемом продукции в 15 млрд евро, на которых трудятся более 50 тыс. работников. Все это прямое свидетельство значимости товарного бетона как высоколиквидного продукта строительного рынка.

*Терминология*, принятая в рассматриваемой области:

- ready-mixed concrete (Англия, США и др.);
  - transport beton (Германия) [4];
  - beton towarowy (Польша);
  - товарный бетон (Россия, Украина и др.).
- В европейских нормах на бетон [5] приводятся следующие термины и определения (табл. 1).

Они принципиально важны, так как позволяют однозначно трактовать на разных этапах технологического процесса ответственность его участников за достижение заданных свойств, показателей качества и экономичность бетонной смеси и бетона.

*Классификация товарного бетона (попытка)*. В отличие от традиционных классификаций бетона и бетонных смесей товарные бетоны не классифицировались. Вместе с тем исходя из ряда специфических особенностей, назначения, условий транспорта и укладки можно предложить вариант, приведенный в табл. 2.

*Приготовление и транспортирование бетона*. Приготовление и транспортирование товарного бетона осуществляются по хорошо известным схемам: стационарный или мобильный завод – автобетоновоз. Ряд организационно-технических мероприятий в соответствии с порядком, принятым в странах Европейского союза, предстоит освоить в ближайшем будущем. Это – сертификация бетонных заводов и цехов, оснащение автобетоновозов счетчиками оборотов и специализированными устройствами дозирования воды или растворов

добавок в смеситель непосредственно перед укладкой для поддержания заданной удобоукладываемости бетонной смеси.

Начиная с проектирования составов бетона решаются сложные задачи преодоления противоречий между необходимостью соблюдения требований к ведению технологического процесса и проявлением ряда нежелательных явлений, сопровождающих гидратацию цемента и формирование структуры бетона. Наиболее обсуждаемое противоречие – необходимость длительного сохранения удобоукладываемости смесей и обеспечения заданного темпа нарастания ранней прочности. Падение подвижности вызвано гидратацией, переходом воды из свободного в связанное состояние, а также ее испарением. На строительных площадках В/Ц часто корректируется доливом воды. Другое нежелательное явление – значительное воздухоовлечение, часто пропорциональное продолжительности перемешивания в автобетоносмесителе. Оба примера – потенциальные причины непрогнозируемого снижения прочности бетона. В технологии в целом накоплено много разнообразных решений для их устранения [6, 7]. В этом смысле эффективно поэтапное, запоздалое введение (delayed addition) пластификатора непосредственно перед укладкой бетонной смеси [8].

*Укладка бетонной смеси (формование)*. Преимущества укладки бетонной смеси с помощью бетононасосов очевидны. Естественно при этом использование высокоподвижных смесей с высокими показателями однородности, связности и нераслаиваемости. Способность бетонной смеси обеспечить динамический характер скольжения, преодолевать внутренние и внешние силы трения и сопротивление движению на контакте со стенками трубопровода определяется еще на стадии проектирования составов с оптимальными В/Ц и соотношением между содержанием мелкого и крупного заполнителей.

Таблица 2  
Классификация товарного бетона

Признак	Разновидность
Назначение	Обычный, специальный
Способы подачи	Насосный, бадьями
Способ укладки	Вибрационный, самоуплотняющийся
Условия твердения	Летний, зимний
Уровень развития	Традиционный, нового поколения

Наиболее современный путь решения задач усадки и уплотнения бетонных смесей — использование самоуплотняющихся бетонов, предложенных, как хорошо известно, японскими учеными в конце прошлого века [1]. Новые концепции бетоноведения позволили, в основном за счет применения ПАВ — суперпластификаторов четвертого поколения поликарбоксилатного или акрилатного типов и дисперсных минеральных добавок, получать высокоподвижные бетонные смеси с низким водо-, цемента- и воздуходержанием, а также с очень высокими показателями прочности, плотности, долговечности. Отказ от виброобработки — положительная особенность самоуплотняющихся бетонов.

Технологам СНГ есть что предъявить в этом плане. Прежде всего это работы школы НИИЖБ, выполненные под руководством д-ра техн. наук С.С. Каприелова [9]. При возведении уникальных, сложных с технологической точки зрения объектов разработаны и использованы самоуплотняющиеся бетоны прочностью 50–80 МПа и выше с мультикомпонентными органоминеральными добавками. Подобные разработки реализованы в интенсивных технологиях монолитных каркасных зданий и сооружений из высокопрочного бетона в Минске [10]. На Украине также стартуют в практику новые технологии товарных бетонов с использованием отечественных и импортных комплексных добавок. Вообще ориентация на товарные бетоны нового поколения — магистральное европейское направление [11].

*Роль добавок* в качестве неотъемлемого компонента современного бетона и средства технологического регулирования увеличивается адекватно росту эффективности их влияния на гидратацию и структурообразование цемента, свойства бетонных смесей и бетона [1, 12–14]. Именно добавки, как отмечено выше, позволили успешно развивать новые концепции бетоноведения и прогрессивные строительные технологии. В последнее время заметно усложнился композиционный состав добавок. Комплексные добавки — это несколько реагентов различной природы и механизмов действия, каждый из которых несет свою специальную функцию. Главный принцип формирования составов комплексных добавок — достижение требуемых эффектов в технологическом и экономическом планах. Это непростая задача, так как неясны механизмы влияния многих добавок, далеко не всегда обеспечивается их совместимость с цементами [12] и др. Крайне сложно располагать полной, как мы подчеркивали ранее, симметричной, информацией о свойствах цемента и добавок для оперативного решения производственных задач. Подтверждение сказанному — квалифицированное мнение авторов [15] о необходимости «идентификации реакционной способности цементов и реологической активности суперпластификаторов». Это особенно актуально для применения товарного бетона в быстромеханических погодных условиях. И все же в регулировании составов и свойств бетонной смеси и бетона, а главное, в эффективном использовании материальных, трудовых и энергетических ресурсов ведущая роль принадлежит добавкам.

*Твердение и уход за бетоном* — важнейшие технологические этапы достижения заданных целей, определяющие развитие прочности, плотности и др. свойств бетона в зависимости от температурно-влажностных условий, массивности конструкций и т. п. Собственно, в поддержании соответствующих показателей температуры и влажности заключается уход за бетоном.

Технический комитет RILEM классифицировал методы ухода за твердеющим бетоном. Довольно простая схема определяет две основные разновидности ухода —

внутренний и внешний, каждый из которых разделяется на водный и безводный. Новизна классификации кроется в предложении, например, вводить в бетонную смесь специальные компоненты — заполнители, работающие по типу аккумуляторов, предварительно накапливающих воду и отдающих ее в процессе твердения. Это актуально в связи со значительным снижением В/Ц до 0,3–0,32 в бетонах нового поколения. Низкое В/Ц может обусловить недостаток воды для гидратации цемента и развитие внутренней (аутогенной) усадки цементного камня, формирование крупных сообщающихся пор и капилляров и, как следствие, ухудшение свойств бетона.

Выбор способов ведения бетонных работ и обоснование режимов твердения бетона в летних или зимних условиях регламентируется сильно устаревшими СНиП и др. документами. В настоящее время этот недостаток затрудняет разработку и выполнение технологических регламентов приготовления и карт на строительство объектов из товарного бетона.

*Контроль качества бетона* явно не адекватны достигнутому технологическому уровню. Нормативная база в этом плане безнадежно отстала. Многие важнейшие аспекты обеспечения качества, ведения рабочей документации (журналы бетонных работ, акты и т. п.) определяются теми же устаревшими СНиП и ГОСТ. Не предложены какие-либо способы организации систем обеспечения качества на разных уровнях с определением ответственности исполнителей и процедур решения идентификационных задач. Журналы бетонных работ с результатами испытаний контрольных образцов и разрушающих определений, примитивные температурные измерения ведутся по устаревшим схемам и в общем носят формальный характер.

Подходы к организации контроля качества в разных странах, естественно, отличаются. В Польше, к примеру, функционируют независимые строительные лаборатории, которые обеспечивают контроль на всех стадиях — от проектирования составов и приготовления бетонной смеси до испытаний на стройплощадке и ведения документации. В США руководствуются известными, но систематически обновляемыми нормами ACI 305 R и ACI 306 R по бетонированию в жаркую и холодную погоду. Как и во многих других случаях, образцом может служить система контроля в Японии [16]. Она разделена на три унифицированных уровня — национальный, региональный и производственный с контрольными полномочиями и самым современным оснащением.

*Мониторинг свойств бетона.* Получение и использование технологически целесообразной информации о свойствах бетона, особенно прочности, на самых ранних стадиях твердения в опалубке — сложная задача. Наиболее реально ее решение с помощью современных средств компьютеризированного мониторинга состояния бетона на основе математических моделей взаимосвязи показателей температуры и прочности. Здесь успешно используются калориметрия и температурные измерения для прогноза температурных полей, термонапряженного состояния и нарастания прочности бетона в конструкциях. В этих целях разработаны компьютеризированные модели типа температура — прочность. В ряде стран, например в США, действует стандарт, основанный на определении температурно-временной функции, так называемой степени зрелости бетона (maturity). Для прогноза прочности используется показатель степени превращения (гидратации) цемента, вычисляемый с помощью калориметрии. Основное расчетное уравнение:

$$R_6 = f(\log M),$$

где  $R_5$  — прочность бетона;  $M$  — температурно-временной фактор, или индекс зрелости, вычисляемый по формуле:

$$M = \sum_0^{\tau} (t_{\tau} - \tau_0) \cdot \Delta\tau,$$

в котором  $\Delta\tau$  — временной интервал, сут или ч;  $t_{\tau} - \tau_0$  — температурный интервал, соответствующий временно-м  $\Delta\tau$  (до 24 ч).

Прогноз, судя по приводимым данным, позволяет принимать для каждого состава бетона конкретные технологические решения типа снятия опалубки, режима прогрева и пр. О разработке и использовании компьютеризированного температурно-прочностного прогноза для принятия оперативных решений при скоростном всепогодном монолитном строительстве сообщают авторы из МГСУ [17]. Можно утверждать, что технологии монолитного бетона наполняются информационным смыслом [18].

*Взаимодействие «производитель — потребитель»* товарного бетона, компетенция и ответственность сторон — важнейшие аспекты и задача технико-экономического звучания.

В настоящее время, по существу, эта цепочка, включающая зачастую поставщика, связана формальным заказом на бетон, который регламентируется документом о качестве бетонной смеси. Согласно ДСТУ Б В.2.7-96—2000 — его содержание отражено в следующих пунктах: вид, удобоукладываемость, номер партии и дата приготовления бетонной смеси; класс бетона, вариация прочности; наименование и масса добавки; наибольшая крупность заполнителя; класс компонентов относительно радионуклидов; время сохранения удобоукладываемости.

За рубежом документы, определяющие обязанность и ответственность сторон, более содержательны и конкретны. Они оформляются в виде спецификаций с детальными сведениями об агрессивности среды; типах цементов; конкретных требованиях к свойствам бетона; времени изготовления, длительности доставки, начала и конца выгрузки; условиях твердения, нарастания прочности и т. п.

*Обеспечение условий адекватности проектируемого и достигнутого качества есть искусство, обязанность и ответственность всех участников многостадийного и сложного процесса производства и применения товарного бетона!*

*Товарный бетон — продукт строительного рынка.* Здесь действуют законы ценовой политики, конкуренции, которая обостряется в связи с постоянным ростом цен на компоненты, энергоресурсы, технологическое оборудование, его эксплуатацию и т. п. В этой связи еще актуальнее результативное и корректное решение задач бетоноведения и технологии бетона.

*Заключение.* Товарный бетон — есть сумма современных компонентов, технологий, нормативных документов, средств контроля и мониторинга свойств. Перспективы товарного бетона и необходимость углубления знаний об этом важнейшем и специфичном строительном материале — несомненны.

#### Список литературы

1. *Collepari M.* The new concrete. Italy, 2006. 420 s.
2. *Dewar Y., Andersen R.* Manual of ready-mixed concrete. London, 1992. 245 p.
3. *Биациоли Ф., Волков Ю. С.* Готовые бетонные смеси — мировая практика производства и применения. Тр. II Всероссийской конф. по бетону и железобетону. М.: Дипак, 2005. Т. I. С. 52—64.
4. *Biben K., Dartsch B.* Transport beton. Praxic, 1990. 135 s.
5. EN 206-1 Concrete — part 1. Specification, performance, production and conformity.
6. *Федосеев В. Н. и др.* Учет изменения свойств товарного бетона при транспортировании // Транспортное строительство. 2001. № 11. С. 25—27.

7. *Пилипенко А. С. и др.* Бетоны с суперпластификаторами: жизнеспособность и ранняя прочность // Строительные материалы и изделия. 2003. № 3. С. 14—19.
8. *Гадаев Н. Р. и др.* Опыт поэтапной модификации тяжелого бетона суперпластификатором С-3 // Цемент и его применение. 2005. № 4. С. 61—64.
9. *Каприелов С. С. и др.* Уникальные бетоны и технологии современного строительства России // Тр. конф. Проблемы современного бетона и железобетона. Ч. 2. Технология бетона. Минск, 2007. С. 105—120.
10. *Блещик Н. П., Рак А. Н.* Проблемы технологии современного бетона // Конф. Современные бетоны. Запорожье, 2007. С. 22—29.
11. *Szwabowski Y.* From ordinary to high performance ready-mixed concrete / Konf. Dni betony. Polska, 2002. S. 157—170.
12. Химические и минеральные добавки в бетон / Под ред. А. Ушерова-Маршака. Харьков: Колорит, 2005. 285 с.
13. *Батраков В. Г.* Модифицированные бетоны. Теория и практика. М.: Стройиздат, 1998. 768 с.
14. *Spiratos N. et al.* Superplasticizers for concrete. Fundamentals, technology and practice. Quebec.: 2006. 323 s.
15. *Баженов Ю. М., Демьянова В. С., Калашников В. И.* Модифицированные высококачественные бетоны. М.: Изд-во АСВ, 2006. 306 с.
16. *Nagataki S., Wu C.* Quality control of ready-mixed concrete in Japan / VI Intern. conf. of cem. and concr. China. 2006. P. 799—806.
17. *Ремейко О. А. и др.* Технологическое сопровождение возведения зданий из монолитного железобетона // СтройПРОФиль. 2002. № 8.
18. *Морозов Ю. Л.* Система управления характеристиками товарного бетона на основе информационных технологий // Строит. материалы. 2001. № 8. С. 20—21.

## X Юбилейная Международная научно-практическая конференция «ДНИ СОВРЕМЕННОГО БЕТОНА»

28–30 мая 2008 г. Алушта, Крым, Украина

### Тематика конференции:

- проблемы современной технологии бетона;
- товарные бетоны и ЖБИ с добавками;
- проектирование составов бетона с учетом климатических факторов;
- качество выпускаемой продукции

Доклады, принятые оргкомитетом, будут опубликованы до начала конференции. Тезисы докладов просим направлять в адрес оргкомитета до 30 апреля 2008 г.

Оргкомитет: ООО «Будиндустрия ЛТД»

69057, Украина. Запорожье, пр. Ленина, 158, оф. 223  
Телефон/факс: +380 (61) 224-66-21, 224-67-74,  
289-14-95, 220-04-85

E-mail: m\_bi@a-teleport.com

Секретарь оргкомитета Бабаевская Татьяна Викторовна





# THE 22<sup>ND</sup> CHINA INTERNATIONAL CERAMICS INDUSTRY EXHIBITION



## **CERAMICS CHINA 2008**

### **2008.5.21-24**

**VENUE: Guangzhou International  
Convention and Exhibition Center**

#### **SUPPORTERS**

China National Light Industry Council  
China Building Materials Industrial Association

#### **SPONSORS**

China Ceramic Industrial Association  
CCPIT, Building Materials Sub-council

#### **ORGANIZER**

Unifair Exhibition Service Co., Ltd.

**For more information, please contact:**



**Unifair Exhibition Service Co., Ltd.**

902-903 Daxin Building No.538 Dezheng North Road, 510045 Guangzhou China

Tel: 0086 20 8327 6369 Fax: 0086 20 8327 6330

Unifair@ceramicschina.com.cn www.ceramicschina.com.cn

**Official Publication**  
**asian  
ceramics**



**3 - 6 февраля 2009**

ОКНА. ДВЕРИ. СТЕКЛО. ФАСАДЫ.  
СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. КРЕПЕЖ  
ОБОРУДОВАНИЕ. ИНСТРУМЕНТЫ



**17 - 20 февраля 2009**

ОТОПЛЕНИЕ. ВЕНТИЛЯЦИЯ. КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ  
САНТЕХНИКА. КЕРАМИКА. НАПОЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ  
ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. ИНЖЕНЕРНЫЕ СИСТЕМЫ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ ЗДАНИЕ



ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
СПОНСОРЫ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ  
ОБОРУДОВАНИЕ  
ТЕХНОЛОГИИ XXI  
ВЕКА

ВСЕРОССИЙСКИЙ ОТРАСЛЕВОЙ ЖУРНАЛ  
СТРОИТЕЛЬСТВО  
ПОДВАЛКАМИ ВЕДЕНИЯ РАБОТЫ  
СОЮЗ СТРОИТЕЛЕЙ

ОРБИТА

СТРОИПРОФИЛЬ  
ЖУРНАЛ ДЛЯ ПРОФЕССИОНАЛОВ

KNABZ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ  
ИНТЕРНЕТ-ПАРТНЕР

ОКОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ  
tybet.ru®

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



**СИБИРСКАЯ ЯРМАРКА**  
Россия, 630049, Новосибирск, Красный проспект, 220/10  
Телефон: (383) 210-62-90, 220-83-30, (3812) 24-32-61  
[www.stroisib.sibfair.ru](http://www.stroisib.sibfair.ru)

УДК 667.972

С.С. КАПРИЕЛОВ, д-р техн. наук, В.И. ТРАВУШ, д-р техн. наук, академик РААСН,  
 Н.И. КАРПЕНКО, д-р техн. наук, академик-секретарь РААСН,  
 А.В. ШЕЙНФЕЛЬД, Г.С. КАРДУМЯН, кандидаты техн. наук,  
 Ю.А. КИСЕЛЕВА, О.В. ПРИГОЖЕНКО, инженеры, НИИЖБ (Москва)

## Модифицированные высокопрочные бетоны классов В80 и В90 в монолитных конструкциях\*

### Часть II

В первой части работы [1] было рассмотрено применение модифицированных бетонов на объектах ММДЦ «Москва-Сити» при возведении массивных фундаментных плит из бетонов классов В40 и В50 с низкой экзотермией.

Массовое производство монолитных конструкций из высокопрочных бетонов классов В80 и В90 началось в России в апреле 2005 г. на строительстве комплекса «Федерация» при возведении каркасов башен «Б» высотой 280 м и «А» высотой 340 м (рис. 1, а). Общий объем бетона класса В80 в колоннах, стенах ядра жесткости и узлах сопряжения перекрытий с вертикальными конструкциями башни «Б» составил 28 тыс. м<sup>3</sup>, а бетона класса В90 в таких же конструкциях башни «А» составляет 58 тыс. м<sup>3</sup>.



При этом часть из них — конструкции аутригерного этажа башни «А» объемом 3 тыс. м<sup>3</sup>, представляющие собой сталебетонные конструкции, дополнительно армированные стержневой арматурой, выполнялись из самоуплотняющегося бетона класса В90 (рис. 1, б).

При разработке технологии бетонных работ основывались на уже имевшемся опыте производства конструкций из высокопрочных бетонов менее высоких классов, т. е. В60–В70 [2, 3], и решали связанные со спецификой строительства уникального объекта новые задачи:

- производство бетонных смесей марок БСГ В80 П5 и БСГ В90 П5 должно быть освоено не менее чем тремя заводами;
- консистенция смесей должна характеризоваться повышенной подвижностью (для обычных смесей осадка конуса не менее 24 см, для самоуплотняющихся расплыв конуса 65–70 см), связностью-нерасслаиваемостью (водоотделение не более 0,3%) и перекачиваемостью для подачи насосами на высоту до 300 м;
- прочность бетона через 12–14 ч после укладки в конструкцию должна быть на уровне 20–25 МПа, достаточном для демонтажа опалубки колонн и стен в ранние сроки;
- предотвращение трещин, связанных с резким перепадом температур и усадкой бетона, путем оптимизации процессов выдерживания бетона в конструкциях;



Рис. 1. Общий вид башен (а) и фрагмент конструкции аутригерного этажа (б)

\* Авторы выражают благодарность компаниям: Корпорации MIRAX GROUP, Всекитайской Инженерно-Строительной Корпорации, АНТ ЯПЫ САНАЙИ ВЕ ТИДЖАРЕТ ЛИМИТЕД ШИРКЕТИ и бетонным заводам ООО «СтройПроект», ООО «Инжгеоком», ЗАО «ИНГЕОКОМПРОМ», ООО «БМГ-Трейд» за совместную работу по реализации технологии высокопрочных бетонов.

Таблица 1

№	Расход основных компонентов, кг/м <sup>3</sup>				ОК, см	В/Ц+МБ	Прочность (R) в 28/90 сут, МПа	Класс бетона в 28/90 сут при коэффициенте вариации (V <sub>n</sub> ), %			
	цемент	модификаторы						вода	6	8	10
		МБ-01	МБ-30С	МБ-50С							
1	550	110	–	–	149	24	0,25	102/111	V95/V104	V94/V102	V89/V97
2	520	100	–	–	140	24	0,22	102/112	V95/V105	V94/V103	V89/V98
3	500	110	–	–	140	24	0,23	106/116	V99/V108	V97/V106	V93/V102
4	500	–	110	–	140	25	0,23	105/112	V102/V105	V96/V103	V92/V98
5	500	–	–	60	160	24	0,28	90/104	V84/V97	V83/V95	V79/V91
6	480	–	100	–	145	25	0,25	96/102	V85/V95	V83/V94	V80/V89
7	460	–	90	–	148	24	0,27	87/95	V81/V89	V80/V87	V76/V83

- обеспечение производства бетонных работ в условиях отрицательной (до -20°С) температуры;
- организация эффективной системы контроля качества с использованием комплекса стандартных и специальных методов на заводах – производителях бетонных смесей и на стройплощадке.

Пути решения перечисленных задач отражены в Технологических регламентах, разработанных институтом бетона – НИИЖБ (филиал НИЦ «Строительство»), а опыт реализации технологии приводится ниже.

**О компонентах бетонных смесей.** Для приготовления высокопрочных бетонов классов В80 и В90 применяли обычные для стройиндустрии Москвы материалы: портландцемент марки ПЦМ500Д0 (ЦЕМ I 52,5Н ГОСТ 31108–2003) с содержанием С<sub>3</sub>А не выше 8%; песок кварцевый с М<sub>кр</sub> = 2,5–2,8; щебень гранитный смешанных фракций 5–20 мм и фракции 5–10 мм марки 1400. В качестве добавок применяли модификаторы марок МБ 10-01 (ТУ 5743-073-46854090–98 «Модификатор бетона МБ-01. Технические условия»), МБ 10-30С и МБ 10-50С (ТУ 5743-083-46854090–98 «Модификатор бетона МБ-С. Технические условия») и кремнийорганическую эмульсию КЭ 30-04 (ТУ 2251-035-00209013–2004 «Эмульсия КЭ 30-04 (50%). Технические условия»).

В качестве микрозаполнителя в самоуплотняющихся смесях применяли тонкомолотый известняк – минеральный порошок неактивированный (МП1) фракции от 0,071 до 1,25 мм (ГОСТ Р 52129–2003 «Порошок минеральный для асфальтобетонных и органоминеральных смесей. Технические условия»).

Если качество цементов при прямых поставках от заводов-производителей до потребителей (бетонных заводов) было относительно стабильно, то качество заполнителей варьировалось в широком диапазоне. Это касается гранулометрического состава, содержания посторонних примесей в заполнителях. В частности, разные партии песка могли содержать от 3 до 10% примесей известнякового гравия фракций 2–5 мм, а в немом щебне количество пылевидных частиц могло достигать 5%.

**О составе бетонных смесей.** Многочисленные лабораторные эксперименты показали, что, применяя материалы с вышеизложенными характеристиками для достижения прочности, соответствующей бетонам классов В80–В90 при коэффициентах вариации от 6 до 10%, можно ориентироваться на расход цемента в диапазоне 460–550 кг/м<sup>3</sup>, дозировку МБ-01 или МБ-30С и МБ-50С 12–20% массы цемента и В/(Ц+МБ) не выше 0,27. Основные параметры составов смесей, уровень достигаемых прочностей и классов бетонов в зависимости от коэффициентов вариации приведены в табл. 1.

В производственных условиях, учитывая нестабильное качество заполнителей, составы смесей с подвижностью, соответствующей осадке конуса не менее 24 см, были оптимизированы с расчетом обеспечения требуемой прочности для каждого класса бетона при коэффициенте вариации не ниже 10%. Это условие в дальнейшем принято за один из основных критериев контроля качества бетонов в партиях.

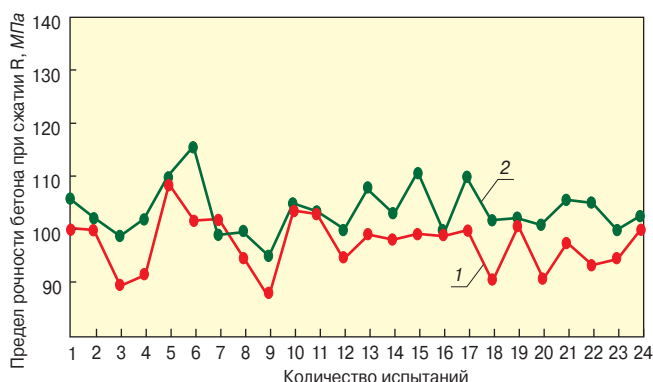


Рис. 2. Статистические данные о прочности бетонов в возрасте 28 сут в образцах-кубах, изготовленных на заводах (1) и стройплощадке (2). Время перемешивания при транспортировке смесей от завода до стройплощадки 30–90 мин

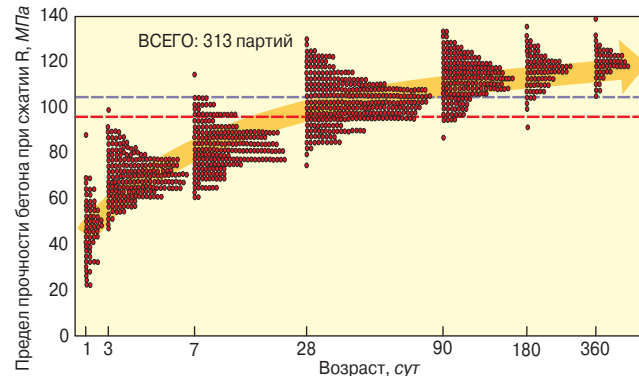


Рис. 3. Статистические данные о прочности бетона класса В90: --- – требуемая прочность бетона (R<sub>тп</sub> = 96,8 МПа) класса В90 при фактическом коэффициенте вариации (V<sub>n</sub> = 6,5%); --- – требуемая прочность бетона (R<sub>ф</sub> = 105 МПа) класса В90 по Техническому регламенту

Таблица 2

Материалы и характеристики бетонов	Ед. измерения	Параметры для бетонов классов		
		В80 П5	В90 П5	В90 П5 (самоуплотняющиеся)
<b>Параметры смесей</b>				
ПЦ500	кг/м <sup>3</sup>	475–485	485–495	475–485
МБ 10-30С	кг/м <sup>3</sup>	98–100	108–110	118–120
МП1	кг/м <sup>3</sup>	–	–	50
Песок	кг/м <sup>3</sup>	745–760	725–740	800–815
Щебень всего, в т. ч.:	кг/м <sup>3</sup>	975–990	975–990	810–825
фракция 5–10 мм	кг/м <sup>3</sup>	350–357	383–390	810–825
фракция 5–20 мм	кг/м <sup>3</sup>	620–630	590–600	–
Вода	л/м <sup>3</sup>	140–141	140–141	150–151
КЭ 30-40	кг/м <sup>3</sup>	0,4	0,4	0,5
Подвижность смесей:				
осадка конуса	см	24–26	24–26	≥28
расплав	см	–	–	65–70
<b>Параметры бетонов</b>				
Прочность бетонов				
3 сут	МПа	60	68	57
28 сут	МПа	101	106	99
90 сут	МПа	106	115	107
180 сут	МПа	109	117	–
360 сут	МПа	110	117	–
Модуль упругости	ГПа	43,8	45,3	–
Коэффициент Пуассона		0,21	0,2	–

**Примечание.** Параметры составов смесей приведены в диапазонах, в которых находится оптимальное для каждого из трех заводов значение. Параметры бетонов – среднearифметические значения результатов испытаний бетонов трех партий.

Кроме того, в связи с необходимостью снижения экзотермии бетонов – важного фактора, влияющего на термическую трещиностойкость конструкций, расход цемента в смесях минимизирован до уровня 480–490 кг/м<sup>3</sup>. В дополнение к этому самоуплотняющиеся смеси отличались присутствием в их составе минерального порошка (молотого известняка) и щебня фракции только 5–10 мм, а также повышенной дозировкой эмульсии КЭ 30-04, что позволило обеспечить сегрегационную устойчивость, стабильную в течение 2 ч консистенцию смесей при высокой подвижности – расплыве стандартного конуса 65–70 см.

В табл. 2 приведены производственные составы смесей и свойства бетонов, в том числе самоуплотняющихся, классов В80 и В90, используемые тремя разными заводами-производителями.

**О влиянии технологических факторов на свойства бетонных смесей и бетонов.** Определялось влияние таких факторов, как длительность транспортировки смесей (при постоянном перемешивании в автобетоносмесителях) и перекачивание насосами к месту укладки на подвижность смесей и прочность бетона в партиях, поставляемых на стройплощадку.

Значение продолжительности транспортировки (перемешивания) оценивалось путем сравнения данных о подвижности и прочности бетона в образцах, приготовленных из 24 партий смесей на заводах – производителях и не стройплощадке. Подвижность смесей

практически не зависит от времени транспортировки в течение 90 мин и либо не изменялась, либо отклонялась от исходной на незначительную величину (не более 2 см) в зависимости от температуры смеси и дозировки КЭ 30-04, выполняющей кроме основного назначения функцию замедлителя.

Однако прочность бетона по образцам, приготовленным из партий смесей, доставленных на стройплощадку, как показывает статистика, выше (рис. 2).

Это прогнозировалось, учитывая известное представление о положительном влиянии длительности перемешивания на гомогенизацию смеси, активацию цемента и повышение степени его гидратации.

Однако указанную закономерность следует расценивать всего лишь как благоприятный технологический фактор, который трудно обобщить и практически использовать, так как количественная его оценка, т. е. величина прироста прочности, разная и зависит от переменных обстоятельств (времени и интенсивности перемешивания при транспортировке, состава смесей, сроков схватывания цемента).

Процесс перекачивания смесей насосами на высоту до 150 м мало влияет на свойства бетона; эксперименты, проведенные с шестью партиями смесей марки БСГ В90 П5, показали, что подвижность (осадка конуса) уменьшается на величину не более 2 см, а прочность бетона из образцов смеси до и после насоса практически неизменна. Это является косвенным

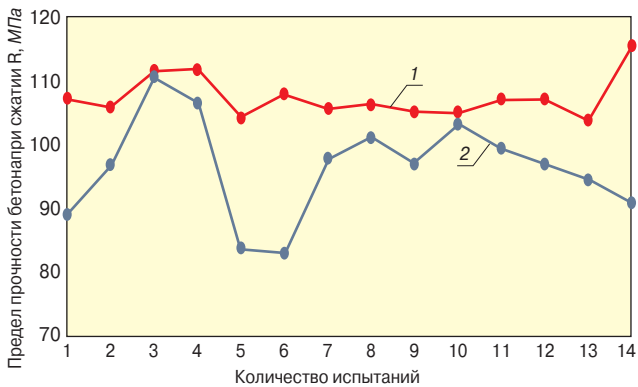


Рис. 4. Средняя прочность бетонов в партиях по образцам-кубам в возрасте 28 сут (1) и в конструкциях по образцам из кернов в возрасте 40–45 сут (2)

свидетельством оптимальной консистенции и сегрегационной устойчивости (связности-нерасслаиваемости) смесей.

**Прочность бетона в партиях и конструкциях; модуль упругости.** На рис. 3 показана кинетика твердения бетонов в течение 360 сут, полученная на основании результатов испытаний образцов, твердевших в нормальных условиях, приготовленных на стройплощадке из 313 партий смесей, произведенных тремя заводами. Можно заметить, что прочность бетона из не менее половины партий смесей в 28 сут соответствует или превышает требуемую прочность при коэффициенте вариации 10% (искусственно завышенном Техническим регламентом), а в более позднем возрасте (180 сут) практически все партии бетона соответствуют классу В90. Однако если основываться на действующем ГОСТ 10180–90 и ориентироваться на требуемую прочность по фактическим коэффициентам вариации (6,5%), все партии бетонов соответствуют проектному классу уже к 90 сут.

Прочность бетона непосредственно в конструкциях определялась по кернам диаметром 95 мм, выбуренным из колонн и стен ядра жесткости. Сопоставление результатов 14 испытаний бетона в конструкциях с прочностью бетона из партий смесей, уложенных в те же конструкции, представлено на рис. 4. Из приведенных данных следует, что прочность в конструкциях, как правило, ниже прочности в партиях, определенной по образцам-кубам. Разница может быть минимальной, но может доходить до 10%.

Одной из причин является пониженная степень уплотнения бетонных смесей в густоармированных конструкциях, что отразилось на меньшей, чем в образцах-кубах, плотности кернов (рис. 5). Второй причиной является температурный фактор. Повышенная экзотер-

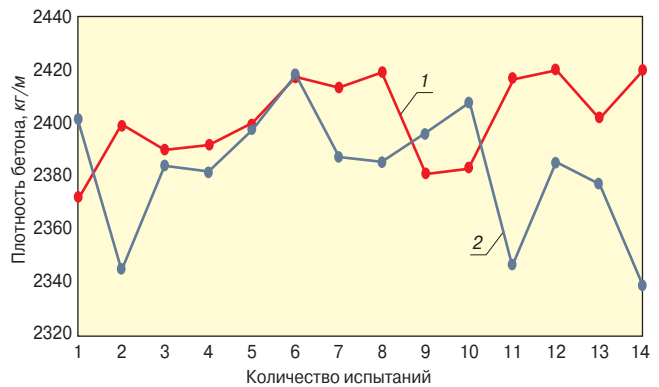


Рис. 5. Плотность бетона в партиях по образцам-кубам в возрасте 28 сут (1) и в конструкциях по образцам из кернов в возрасте 40–45 сут (2)

мия высокопрочных бетонов, связанная с высоким содержанием в них цемента, способствует нагреванию массивных конструкций колонн и стен в начальный период твердения. К 3-суточному возрасту температура в конструкциях может превышать 70°C. Это приводит к двум последствиям. Одно из них – возрастающая вероятность образования трещин термического происхождения, которая зависит от перепадов температур в конструкциях и окружающей среде, а также от интенсивности охлаждения. А второе – снижение кинетики твердения бетона в позднем возрасте после интенсивного (в связи с высокой температурой) набора прочности в ранний период.

На рис. 6 показаны результаты лабораторных испытаний бетонов, твердевших в условиях моделируемых разных температурных режимов выдерживания конструкций. Представленная здесь тенденция изменения прочности бетона в зависимости от начальной температуры в разных контекстах отмечалась многими специалистами, но ближе всего к рассматриваемой теме – в книге [4]. Таким образом, пониженная степень уплотнения бетона в конструкциях и повышенная температура в начальный период твердения могут привести к тому, что прочность бетона непосредственно в конструкциях и партиях (по образцам, выдержанным в нормальных условиях) будет различаться. Это обстоятельство следует учитывать при проведении контроля качества. Кроме того, вышеизложенное приводит к выводу о том, что среди основных задач, которые должны решаться при производстве конструкций из высокопрочных бетонов, снижение экзотермии бетонов и повышение подвижности, по существу удобоукладываемости, смесей.

Модуль упругости и коэффициент Пуассона образцов бетонов из партий смесей, доставленных на стройплощадку, свидетельствуют о том, что для бетонов клас-

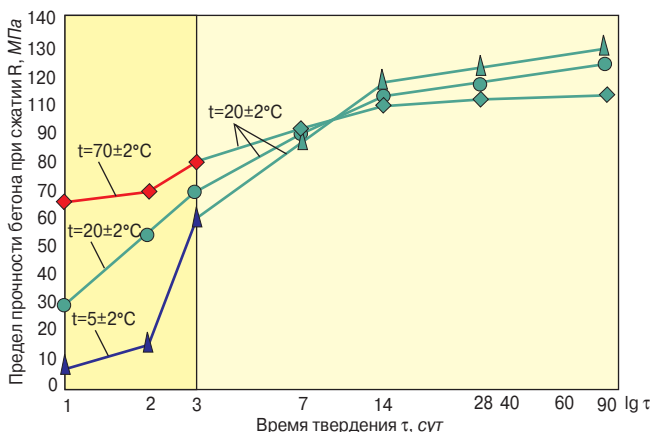


Рис. 6. Кинетика твердения высокопрочных модифицированных бетонов в зависимости от температуры

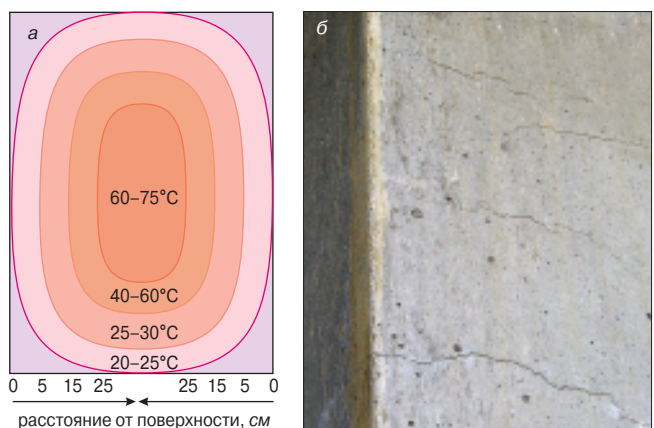


Рис. 7. Распространение изотерм в сечении конструкции (а) и характер вероятных трещин при неудовлетворительном уходе (б)

сов В80 и В90 эти параметры практически одинаковы, а их величины совпадают с ранее опубликованными данными лабораторных испытаний и нормами европейского стандарта EN 1992. Сравним  $E_{b,n} = 43,8-45,3$  ГПа из табл. 2 с данными  $E_{b,n} = 42,3-47$  ГПа из публикаций [5, 6] и с нормой европейского стандарта:  $E_{b,n} = 42-44$  ГПа.

#### Уход за бетоном и режим выдерживания конструкций.

Как отмечалось выше, экзотермия высокопрочного бетона приводит к саморазогреву конструкции. На рис. 7 условно показано распространение изотерм в сечении колонн при максимальном разогреве бетона в 2–3 сут возрасте. Наиболее разогретой зоной является ядро сечения, в котором условия близки к адиабатическим, поэтому снижение температуры замедленное. Периферийные зоны могут охлаждаться более или менее интенсивнее в зависимости от температуры окружающей среды. При разности температур в поверхностной зоне конструкции и в окружающей среде более 20°C термические напряжения могут привести к образованию трещин. Наиболее уязвимыми с этой точки зрения являются угловые зоны конструкции. Именно здесь при неоптимальном режиме выдерживания конструкции могут появиться трещины (рис. 7, б), о чем отмечалось в [4].

В связи с вышеизложенным Технологическим регламентом производства работ предусмотрены следующие процедуры. После распалубки конструкций при достижении бетоном прочности не ниже 20 МПа (обычно через 12–14 ч после бетонирования) открытые поверхности покрывались пленкообразующими водно-дисперсными составами. В дальнейшем после достижения температурного максимума (обычно через 35–40 ч после бетонирования) в целях управления процессом остывания конструкций должны выполняться мероприятия по теплоизоляции поверхности.

**О контроле качества.** Вышеизложенные особенности технологии производства высокопрочных бетонов классов В80 и В90 требовали уточнения принципов проведения контроля качества и некоторых методов.

Уточнения заключались в следующем:

- оценка качества бетонных смесей и бетона в партиях осуществлялась только по образцам, отобранном на стройплощадке;
- требуемая прочность для каждого класса принималась с расчетом на коэффициент вариации не ниже 10%, который, как показывает практика, выше фактического коэффициента, но позволяет, повышая требования к прочности бетона в партиях, гарантировать обеспечение проектного класса бетона непосредственно в конструкциях;
- приемка партий бетонных смесей на стройплощадке осуществлялась по трем обязательным параметрам: подвижности, плотности, водоотделению;
- прочность бетона в партиях оценивалась по приготовленным в неразъемных пластиковых формах образцам, которые после хранения в нормальных температурно-влажностных условиях испытывали в сроки от 1 до 360 сут;
- прочность бетона непосредственно в конструкциях определялась путем испытаний образцов-кернов, которые проводились периодически;
- на основании градуировочных зависимостей между прочностью бетонов в конструкциях по кернам и прочностью в партиях (основным, массовым источником информации) составлялись заключения о соответствии бетонов проектному классу.

Полученный опыт производства бетонов и контроля качества явился основанием для «Инструкции по контролю качества высокопрочных тяжелых и мелкозернистых бетонов в монолитных конструкциях», которая утверждена ФГУП «НИЦ «Строительство» совместно с РААСН и рекомендуется для применения.

**Выводы.** В России налажена технология возведения конструкций из бетонов классов В80 и В90 с применением высокоподвижных и самоуплотняющихся смесей. В основе технологии производства бетонов – отечественные модификаторы МБ-30С и МБ-50С и традиционные для стройиндустрии цемента и заполнители.

Опыт возведения конструкций позволил выявить ряд особенностей технологического процесса и бетона, которые должны стать основанием для планирования исследовательских работ и совершенствования нормативно-технической базы строительства.

#### Список литературы

1. Каприелов С.С., Травуш В.И., Карпенко Н.И. и др. Модифицированные бетоны нового поколения в сооружениях ММДЦ «Москва-Сити» // Строит. материалы. 2006. № 10. С. 13–17.
2. Ильичев В.А., Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Лернер В.Г., Гильштейн С.Р. Монолитно-прессованная обделка из высокопрочного бетона // Подземное пространство мира. 1999. № 2–3. С. 37–41.
3. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Ферджулян А.Г., Пахомов А.В., Лившин М.Я. Опыт применения высокопрочных бетонов // Монтажные и специальные работы в строительстве. 2002. № 8. С. 32–37.
4. Collepard M. The New Concrete. Published by Grafishe Tintoretto, 2006. 421 p.
5. Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Карпенко Н.И., Кузнецов Е.Н. О регулировании модуля упругости и ползучести высокопрочных бетонов с модификатором МБ-50С // Бетон и железобетон. 2003. № 6. С. 8–12.
6. Карпенко Н.И., Каприелов С.С., Кузнецов Е.Н., Шейнфельд А.В., Беззодов И.М. Меры ползучести высокопрочных бетонов на основе МБ // РААСН, Вестник отделения строительных наук. 2004. Вып. 8. С. 203–214.



**ПРЕДПРИЯТИЕ  
МАСТЕР БЕТОН**

**Это – высокие технологии  
бетонов**

**Это – модификаторы:  
МБ-01, МБ-30С, МБ-50С,  
Эмбэлит – основа  
бетонов с уникальными  
свойствами**

**109428, Москва, ул. 2-я Институтская, 6  
Тел./Факс: (495) 174-75-91  
Web: www.masterbeton.ru  
E-mail: mb@niizhb-fgup.ru**

М.Ф. МАРКОВСКИЙ, канд. техн. наук, директор, Ю.Б. КОПЫЛОВ,  
Н.Г. БУРСОВ, научные сотрудники, Институт БелНИИС (Минск, Республика Беларусь)

## Технологии бездефектного возведения монолитных железобетонных конструкций из товарного бетона

Технология возведения монолитных конструкций, технология товарного бетона в Республике Беларусь за последние десятилетия развивается высокими темпами. Конкурентоспособность технологии на внутреннем и внешнем рынках, высокие темпы строительства и качество возводимых конструкций становятся привлекательными для всех участников инвестиционного процесса в строительстве. Товарный бетон требует к себе пристального внимания с позиций окончательной отделки и качества лицевых бетонных поверхностей. Начало этому переходу к технологии монолитного бетона положила отечественная опалубочная система и опалубочные технологии скоростного строительства. Современная опалубочная техника — это семейство специализированных опалубок, парк которых из года в год пополняется. Успешно развиваются и опалубочные технологии строительства различных монолитных конструкций, обеспечивающие высокие темпы строительства, достигающие 3–4 этажа в месяц. Понятие «качество монолитной конструкции» имеет совершенно новое содержание. Нельзя не отметить и достигнутые успехи в технологии товарного бетона, применяемого в монолитном строительстве. Повсеместное применение модифицированных бетонов, малоэнергоёмких технологий прогрева бетона в зимних условиях обеспечивает круглогодичное ведение работ и является слагаемыми качества монолитных конструкций на современном этапе.

**Качество поверхности монолитных конструкций.** В действующих нормативных документах [1] вопрос качества поверхности монолитных конструкций практически не отражен и не нормирован. Если 15–20 лет назад поверхность монолитного бетона не играла особой роли, то в настоящее время это важный вопрос, влияющий на выбор способа окончательной отделки, экономические показатели и определяющий

трудоемкость отделочных работ. Поэтому очевиден пробел в нормативной документации. Каков выход из сложившейся ситуации?

В действующем ГОСТ 13015.0–83 [2] приведены категории бетонной поверхности А1–А7, регламентирующие требования к поверхности сборных железобетонных конструкций заводского изготовления. Попытка ряда проектных организаций распространить требования этого нормативного документа к оценке качества лицевых поверхностей монолитного бетона является во многих случаях не совсем корректной по следующим причинам:

- в монолитном бетоне основной показатель качества лицевых поверхностей — прямолинейность поверхности, от которого зависит необходимость устройства дополнительной подготовки под отделку или самой отделки; на обеспечение показателей прямолинейности поверхности бетона ориентированы современные опалубочные системы и технологии; в Германии, США и др. странах это основной показатель качества поверхности бетона [3, 4];
- количество пор, их распределение по поверхности — второстепенный и несущественный показатель, который при необходимости легко устраняется;
- оценка по категориям поверхности А1–А7 с помощью глубины окола на ребре и по суммарной длине окол на 1 м ребра для лицевых поверхностей стен и потолочных поверхностей перекрытий вообще неуместна; об околах можно вести речь лишь в зоне проеомообразователей и в углах стен;
- для категории поверхности А3 запрещены впадины глубиной более 1 мм, однако практически все щитовые конструкции опалубок, включая и ведущих мировых производителей, выполнены так, что контурные защитные ребра щитов опалубки выступают за лицевую поверхность фа-

нерной палубы на 1–3 мм и образуют отпечатки на бетоне от щитов и элементов крепления палубы (заклепок, винтов);

- аналогично отверстия от защитных трубок с наконечниками для тяжёлой опалубки не вписываются в требования категории поверхности А3.

Следовательно, требуется иное нормирование качества поверхности монолитных конструкций. Теория и практика создания опалубочных систем и технологий базируется на создании ровной, прямолинейной поверхности бетона. По техническим показателям считается более рациональным устранить местные углубления в бетоне от опалубки в сравнении с выступающими частями бетона. Если в первом случае местные углубления устраняют шпатлеванием, то во втором необходимо стесывать или шлифовать выступы бетона, а затем перетирать и шпатлевать. Первый вариант явно предпочтительнее. В проекте разрабатываемого в Республике Беларусь кодекса установившейся практики предложено оценивать качество поверхности монолитного бетона по показателю прямолинейности поверхности, введено четыре класса, дана их количественная оценка, назначение этих классов и др. В нормативных документах Германии применяют пять классов ровности поверхности бетона, в США — три класса. Суть наших предложений следующая.

Для оценки поверхности монолитных бетонных конструкций рекомендуется применять четыре класса поверхности, определяемых по предельным допускам прямолинейности согласно графикам, приведенным на рис. 1. Классы поверхностей распространяются на перекрытия, стены, колонны, фундаменты и другие конструкции с прямолинейными поверхностями. Приведенные данные не распространяются на торкретированные поверхности конструкций. Класс поверхности бетонных конструкций должен оговариваться



Таблица 1

Класс бетонной поверхности	Основное назначение поверхности конструкции
А	Лицевая поверхность стен, колонн и нижняя поверхность перекрытия с повышенными требованиями, где особенно важен внешний вид
Б	Лицевая поверхность стен, колонн и нижняя поверхность перекрытия
В	Лицевая поверхность стен, колонн, нижняя и верхняя поверхности несущих перекрытий, требующих дополнительной отделки, например подвесные потолки, облицовка плиткой, оштукатуривание
Г	Минимальные требования к качеству поверхности бетона, где прямолинейность поверхности не является главной. Как правило, этот класс принимается для скрытых поверхностей бетона, например для фундаментов и оснований бетонного пола

в проектной документации. Основное назначение бетонных поверхностей приведено в табл. 1.

Для бетонных поверхностей без особых требований (классы В и Г) способ возведения монолитных конструкций и вид применяемой опалубки выбираются подрядной организацией.

Бетонные поверхности с особыми требованиями к внешнему виду должны быть оговорены в проектной документации и приведены описание практического исполнения. Так как на бетонную поверхность оказывают влияние расположение щитов опалубок, тяжей, рабочих швов бетонных конструкций, в проектной документации рекомендуется приводить соответствующее описание к образцам лицевой поверхности бетона.

Бетонные поверхности, требующие дополнительной обработки (промывка, заделка трещин, заделка швов щитовых опалубок, заделка отверстий под тяжи, обтесывание, пескоструйная обработка, шлифование, затирка, заполнение пор и т. п.), должны быть оговорены. Бетонные поверхности с особыми техническими требованиями, которые постоянно подвергаются действию движущейся воды, дренажу или другим воздействиям, дополнительно оговаривают в проектной документации. Требования к изогнутым криволинейным поверхностям должны быть также оговорены в проектной документации.

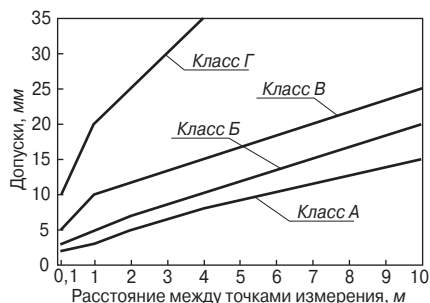


Рис. 1. Допуски прямолинейности бетонной поверхности по классам

На поверхности классов А и Б участки неуплотненного бетона не допускаются, на лицевых поверхностях не допускаются маслянистые и ржавые пятна. На поверхности бетона не допускается оголенная арматура, кроме открытых поверхностей стальных закладных изделий, рабочих выпусков арматуры и монтажных крепежных элементов опалубки.

На поверхности бетонных конструкций допускаются местные выступы или впадины, величина которых определяется по допускам для классов поверхности бетона на рис. 1 при измерении расстоянии, равном 0,1 м. На распалубливаемой поверхности бетона монолитных конструкций допускаются:

- для стеновых конструкций отверстия под тяжи с оставляемыми в них пластмассовыми защитными

трубками тяжа, отверстия под анкера;

- отпечатки щитов и элементов опалубки;
- оголенная арматура от арматурных фиксаторов опалубки в нижней зоне стены, колонны, оговоренная в технологических картах на опалубочные работы, кроме поверхностей с особыми требованиями, оговоренными в табл. 1;
- для нижней поверхности перекрытий — отпечатки щитов и элементов палубы (фанеры, доски и т. п.), элементы крепления пластмассовых конструкций электропроводки и т. п.

Способы заделки отверстий под тяжи должны быть оговорены в проектной документации или проекте производства работ.

На поверхности бетона, предназначенного под оклейку обоями,

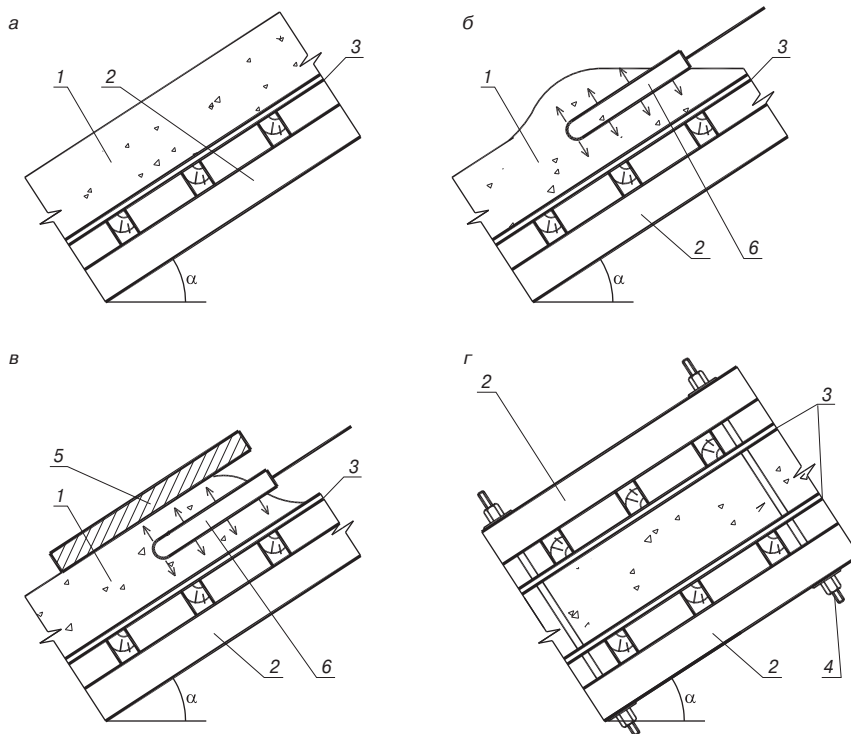


Рис. 2. Способы бетонирования наклонной плиты в односторонней опалубке (а, б); с использованием плиты-пригруза (в); в двухсторонней опалубке (г): 1 – бетонная смесь, 2 – опалубка, 3 – палуба, 4 – тяж, 5 – плита-пригруз, 6 – вибратор

Таблица 2

Консистенция бетонной смеси по [11]	Коэффициент трения	
	без учета вибрации	с учетом вибрации
Жесткая	0,3	0,19
Пластичная	0,3	0,15
Мягкая	0,17	0

местные наплывы (выступы) или впадины не должны быть высотой или глубиной более 1 мм. С целью обеспечения таких требований для бетонных поверхностей классов А и Б рекомендуется способ шлифования местных выступов и шпаклевания местных впадин для достижения требуемых показателей.

Технические требования к качеству монолитных конструкций лифтовых шахт, монолитных лестниц и др. конструкций под технологическое оборудование должны быть оговорены в проектной документации.

**Технология бетонирования наклонного перекрытия.** В последнее время в современном строительстве наблюдаются тенденции к возведению сложных монолитных конструкций с наклонными и криволинейными поверхностями. Обеспечение качества бетонирования таких конструкций с применением современных конструктивных систем является важной технологической задачей.

Наклонная плита перекрытия в зависимости от угла наклона может бетонироваться тремя способами (рис. 2).

При бетонировании в односторонней опалубке угол ее наклона определяют из условия сохранения бетонной смесью требуемой геометрической формы. При использовании вибратора в зоне вибрирования смесь разжижается, и возникают дефекты в виде наплывов. В таких слу-

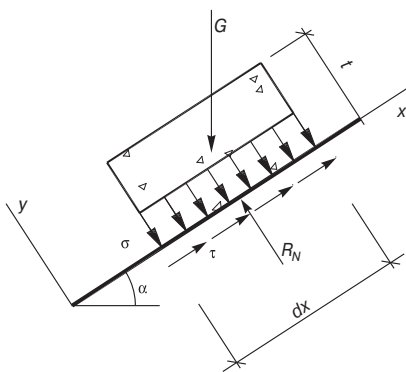


Рис. 3. Расчетная схема равновесия бетонной смеси на наклонной поверхности опалубки

чаях в зоне вибрирования рекомендуется прикладывать плиту-пригруз (рис. 2, в). При невозможности обеспечения неизменяемости формы бетонируемого перекрытия устраивают двухстороннюю опалубку (рис. 2, г).

Согласно [5] одностороннюю опалубку следует применять при ее наклоне до 18–22° при использовании жестких бетонных смесей с ОК < 2 см и при наклоне до 15° при ОК < 6 см. Согласно нормативным документам Великобритании [6] для любых смесей двухсторонняя опалубка применяется при углах  $\alpha > 150$ . Опыт строительства показывает отличие установленных величин от реальных.

Рассмотрим равновесие элементарного объема свежеложенной бетонной смеси высотой  $t$  и площадью  $dF$ , который находится на наклонной поверхности с углом наклона  $\alpha$  к горизонту вне зоны действия вибратора (рис. 3):

$$\tau \geq \gamma_{\text{см}} t \sin \alpha, \quad (1)$$

где  $\gamma_{\text{см}}$  – плотность бетонной смеси;  $t$  – толщина слоя бетонной смеси;  $\tau$  – касательное напряжение сдвига бетонной смеси по опалубке;  $\alpha$  – угол наклона поверхности опалубки.

Для описания поведения бетонной смеси принимаем трехчленное реологическое уравнение бетонной смеси Н.П. Блещика [7]:

$$\tau = \tau_0 + \mu \cdot \sigma + \eta_{\text{стр}} \cdot \dot{\gamma}, \quad (2)$$

где  $\tau_0$  – предельное напряжение сдвига бетонной смеси по опалубке;  $\mu$  – коэффициент внешнего трения бетонной смеси с опалубкой;  $\sigma$  – нормальное напряжение в плоскости сдвига;  $\eta_{\text{стр}}$  – структурная вязкость бетонной смеси;  $\dot{\gamma}$  – градиент скорости течения материала.

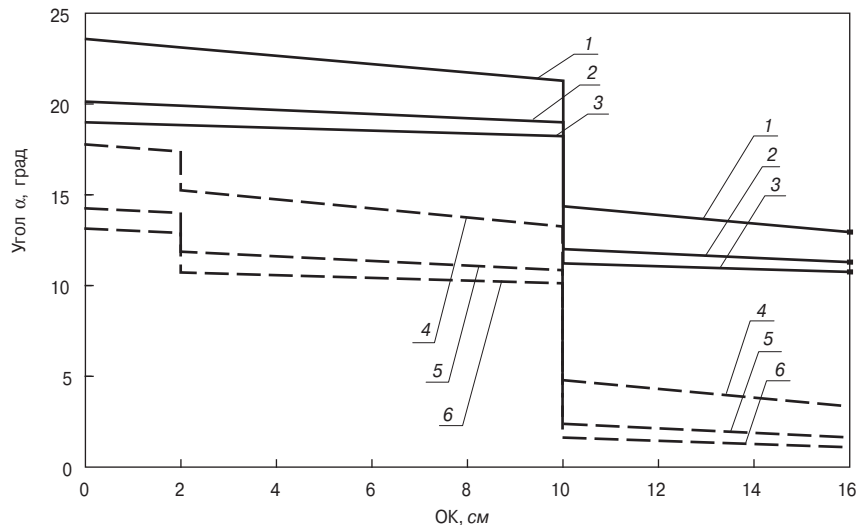


Рис. 4. Зависимость расчетного предельного угла наклона опалубки от подвижности бетонной смеси и толщины перекрытия: 1 –  $t = 0,1$  м; 2 –  $t = 0,2$  м; 3 –  $t = 0,3$  м; 4, 5, 6 – то же, что и 1, 2, 3 с вибрированием соответственно

Третье слагаемое в уравнении (2) определяет течение бетонной смеси в объеме, но поскольку рассматривается сдвиг смеси в начальный момент по опалубке, то скорость, а следовательно, и градиент скорости стремятся к нулю, поэтому этим слагаемым можно пренебречь. Подставляя в уравнение (2) выражение (3)

$$\sigma = \gamma_{\text{см}} \cdot \tau \cdot \cos \alpha, \quad (3)$$

а затем в формулу (1), находим предельный угол наклона опалубки:

$$\alpha > k \cdot \arcsin \frac{\tau_0 + \mu \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{\tau_0}{\gamma_{\text{см}} \cdot t}\right) + \mu^2}}{1 + \mu^2}, \quad (4)$$

где  $k$  – коэффициент безопасности.

При применении высокоподвижных и литых смесей коэффициент трения имеет небольшое значение и им можно пренебречь, тогда формула (4) принимает вид:

$$\alpha > k \cdot \arcsin a = k \cdot \arcsin \left[ \frac{\tau_0}{\gamma_{\text{см}} \cdot t} \right]. \quad (5)$$

Для количественной оценки предельного угла наклона опалубки воспользуемся исследованиями реологических параметров бетонной смеси [7–9]. Для ориентированной оценки угла  $\alpha$  воспользуемся методикой Морианаги [10] определения предельного напряжения сдвига бетонной смеси в пристенном слое  $\tau_0$ , который можно рассчитать по эмпирической формуле в зависимости от подвижности самой смеси:

$$\tau_0 = 100 \cdot (3 - 0,1 \text{ ОК}), \quad (6)$$

где ОК – подвижность смеси, определяемая по осадке конуса, см.

Коэффициент трения для гладкой опалубки принимаем по данным исследований Шпехта [11] (табл. 2).

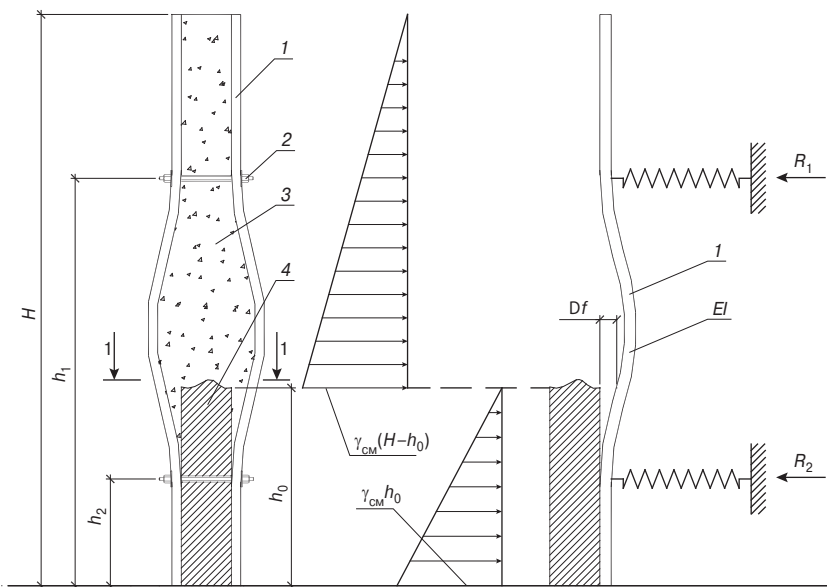


Рис. 5. Схема дефектообразования лицевой поверхности бетонной стены: а – схема укладки бетонной смеси; б – эпюры бокового давления; в – расчетная схема щита; 1 – щит опалубки; 2 – тяж; 3 – бетонная смесь; 4 – затвердевший бетон

График зависимости предельного угла наклона опалубки приведен на рис. 4.

Таким образом, можно сделать вывод, что предельный угол наклона опалубки зависит от реологических параметров бетонной смеси и толщины бетонируемого перекрытия.

**Бетонирование стен в опалубке.** Современные интенсивные технологии возведения монолитных конструкций предусматривают применение высокопроизводительной трубопроводной подачи и укладки бетонной смеси в опалубку. При этом к опалубочной системе предъявляются требования повышенной несущей способности и жесткости, герметичности и возможности контрольной выверки опалубки при бетонировании. Укладка бетонной смеси в опалубку бетононасосными установками характеризуется повышенным боковым давлением бетонной смеси на опалубку, характер распределения которого по высоте опалубки близок к гидростатическому давлению. При наличии горизонтального рабочего шва возможно образование дефектов на лицевой поверхности бетонной стены (рис. 5). Такие случаи имеют место на практике при вынужденном устройстве горизонтального шва. Расчетная схема опалубки представляет балку с жесткостью  $EI$ , соответствующей жесткости щитовой опалубки, а тяжи заменяются упругими опорами с деформативными показателями, соответствующими применяемым тяжам. При начальной укладке нижнего слоя бетонной смеси высотой  $h_0$  возникают определенные деформации в опалубке и

тяжах. Рассмотрим сечение 1–1 в опалубке, наиболее опасное с точки зрения образования дефектности (наплыв, уступ) при бетонировании. В состоянии укладки всего нижнего слоя  $h_0$  нижний тяж и сама опалубка получают деформацию соответственно  $f_2^0, f_n^0$ .

Величину деформации тяжа от действия бокового давления бетонной смеси можно определить по формуле:

$$f_2^0 = \frac{\gamma_{cm} h_0 (h_1 + h_2 - \frac{h_0}{3}) \nu \cdot \delta}{2 h_2 \cdot E_T F_T}, \quad (7)$$

где  $\gamma_{cm}$  – плотность бетонной смеси;  $\nu$  – расстояние между тяжами в плане стены;  $\delta$  – толщина стены;  $h_0$  – высота уложенного слоя бетонной смеси;  $E_T, F_T$  – соответственно модуль упругости и площадь сечения тяжа.

Величину деформации самого щита  $f_n^0$  опалубки в сечении 1–1 следует определять известными способами по схеме загрузки балки жесткостью  $EI$ . Суммарная деформация опалубки в этом сечении равна:

$$f_0 = \frac{h_0}{h_1 + h_2} f_2^0 + f_n^0. \quad (8)$$

При возобновлении бетонирования стены с горизонтальным рабочим швом боковое давление бетонной смеси верхнего слоя приводит к дополнительной деформации как нижнего, так и верхнего слоя, а также самого щита. При этом нижний затвердевший слой бетона уже не оказывает дополнительного воздействия на опалубку и тяжи. Аналогично предыдущему случаю определяют и деформацию опалубки  $f_n$  в сечении

1–1 от действия бокового давления бетонной смеси верхнего слоя. Суммарная деформация опалубки в рассматриваемом сечении составит:

$$f = (f_2 - f_1) \left( 1 + \frac{h_0}{h_1 + h_2} \right) + f_n. \quad (9)$$

Разность деформации опалубки в сечении 1–1 от бокового давления бетонной смеси нижнего и верхнего слоев дает дефектность лицевой поверхности монолитной конструкции в виде уступов или наплывов на поверхности:

$$\Delta f = f - f_0. \quad (10)$$

В зависимости от допускаемой величины перепадов на поверхности бетонных конструкций по известным жесткостным параметрам опалубки можно установить технологические параметры устройства горизонтальных рабочих швов. Жесткостные параметры опалубки должны относиться к паспортным данным самой опалубки наравне с несущей способностью.

**Список литературы**

1. СНиП 3.03.01–87. Несущие и ограждающие конструкции.
2. ГОСТ 13015.0–83. Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные.
3. АСІ 347–01. Guide to Formwork for Concrete.
4. DIN 18202. Toleranzen im Hochbau.
5. Руководство по конструкциям опалубок и производству опалубочных работ / ЦНИИОМТП СССР. М.: Стройиздат, 1983. 501 с.
6. Civil Engineer's Reference Book / Ed. L.S. Blake. 4th ed. Oxford: Butterworth-Heinemann, 1989. 456 p.
7. Блещик Н.П. Структурно-механические свойства и реология бетонной смеси и пресс-вакуумбетона. Минск: Наука и техника, 1977. 232 с.
8. Ким К.Н., Соинова Л.И. О сопротивлении движению бетонной смеси по трубе // Технология и свойства тяжелого бетона. 1974.
9. Шалимо Т.Е., Тулунов И.И., Марковский М.Ф. Особенности трубопроводного транспорта бетонных смесей бетононасосами. Минск: Наука и техника, 1989. 175 с.
10. Morinaga S. Pumpability of Concrete and Pumping Pressure in Pipelines // RILEM Seminar: Fresh Concrete, Univ. Leeds. Paper, 1973.
11. Шнехт М. Давление свежей бетонной смеси на наклонную поверхность опалубки // Beton- und Stahlbetonbau (Строительство из бетона и железобетона). 1975. № 11.

## Болевые точки отрасли

Выявление и решение проблем, стоящих перед производителями бетона и изделий из него, является одной из основных задач Союза производителей бетона.

*Основными болевыми точками отрасли в настоящее время являются нехватка сырья в строительный сезон, несоответствие нормативной базы современному уровню технологии, снижение общего уровня квалификации как строителей, так и специалистов бетонного производства, снижение темпов обновления производственных фондов.* Но самым болезненным вопросом в отрасли является постоянное, из года в год ухудшающееся **качество продукции**.

Все чаще в СМИ появляются сообщения специалистов, выезжающих на обследование сооружений, о разваливающихся домах, которые только построили. Вполне возможно, что это лишь начало тех техногенных катастроф, которые придется испытать обществу в ближайшее время из-за необдуманных действий политиков, принимающих сырые законопроекты в области строительства. Бетон — основной материал, используемый в жилищном и транспортном строительстве, и поэтому есть все основания считать его стратегическим материалом.

На гражданском форуме Д.А. Медведев назвал наше государство государством правового нигилизма. Так что надеяться на сознательность граждан пока не приходится. Тем не менее сначала в 2002 г. было отменено лицензирование производства бетона, а затем ст. 33 п. 2 ФЗ «О техническом регулировании», по сути отменила **государственный надзор** за качеством производства бетонных смесей и его компонентов. В то же время определить наличие скрытых дефектов, возникающих при изготовлении железобетонных изделий, можно только на стадии изготовления. Таким образом, был нарушен один из основных элементов управления — контроль. Соблюдение принципа «доверяй, но проверяй», т. е. осуществление контроля, отвечает интересам как предприятия, желающего выпускать качественную продукцию, так и общества, желающего жить в безопасных домах.

Принятие этих поправок в законы было следствием того, что пока еще законодатели не привыкли просчитывать последствия принимаемых решений на несколько шагов вперед. Скорее всего это было сделано с благими намерениями уменьшения административной нагрузки на производителя. Но, сняв административные барьеры, государство взамен ничего не предоставило. В результате этого на рынке появились бесконтрольные производители, которые мало что понимают в бетоне, но хорошо чувствуют запах денег. Это приводит к неисполнению стандартов, норм и правил в угоду выгоде. Можно возразить: был принят закон о саморегулируемых организациях — они и разберутся. Только при этом забыли наделить организации соответствующими правами и полномочиями. Государство должно тесно взаимодействовать с общественными отраслевыми объединениями и оказывать им активную поддержку.

Как бы то ни было, пока ситуация с качественным бетоном и его составляющими в России можно признать критической. За последнее десятилетие практически не ведется обновления нормативной базы производства бетона, из-за чего невозможно создать технический регламент на бетон в рамках технического регулирования. Производство некачественных бетонных смесей приобрело массовый характер. Причем ситуация такова, что не все зависит от самих производителей бетона.

Предприятие, рассчитывающее выпустить на рынок качественный бетон, должно осуществлять поэтапный контроль качества бетонной смеси на всех технологических переделах. Известно, что конечное качество бетона во многом зависит от качества исходного сырья. Качественное исходное сырье — одна из основных проблем. В рамках существующей вакханалии с цементом производители бетона вынуждены использовать цементы нескольких поставщиков сразу. Невозможно получить бетонную смесь стабильного качества, изготовленную из цементного коктейля и нерудных материалов, из которых поставщик отсеял мелкую фракцию для последующей ее перепродажи.

Качество цемента является в настоящее время основной проблемой строительства. Генеральный директор НИЦ «Гипроцемент-Наука» Л.Г. Бернштейн считает, что существующее низкое качество бетона напрямую связано с ситуацией в цементной отрасли: «На рынок теперь тонны некачественного цемента».

На новый строительный сезон уже заключены многочисленные контракты на поставку цемента из Китая, Турции, Индии. А контроль качества отменен. Те, кто этот цемент попробовал в производстве, отзываются о нем неоднозначно. Эффективных экспресс-методов проверки качества цемента пока не существует. Это значит, что такой цемент пойдет в производство и из него будут построены дома.

В настоящее время сложилась ситуация, когда практически невозможно заключить договор на поставку цемента напрямую с заводом. Цементному заводу выгодно продавать цемент через посредников. НП «Союз производителей бетона» обратился к ряду цементных заводов с просьбой о выделении гарантированных квот на поставки цемента непосредственно производителям бетона. Из большинства предприятий цементной отрасли на это решился только один завод.

Нужны радикальные системные изменения. Необходимо восстановить обязательное лицензирование производства бетона, отмененного в 2002 г., разработать современную нормативную документацию и добиться ее неуклонного исполнения через службы государственного строительного надзора.

Можно полностью согласиться с мнением ведущего специалиста Службы государственного строительного надзора и экспертизы Санкт-Петербурга С.Н. Коноплева: «Если ситуация не изменится в самое ближайшее время, то президенту и правительству скоро придется отдельно обсуждать этот вопрос, как недавно обсуждалась тема состояния авиационной промышленности. Дома будут падать, как самолеты».

**О дефиците цемента.** Эксперты НП «Союз производителей бетона» считают, что дефицит цемента создан искусственно с целью повышения цены на него. Таким образом, повышение цены на цемент — это попытка перераспределить сверхприбыли строителей в пользу производителей строительных материалов. На это нацелились цементники. Но эти манипуляции с дефицитом цемента ставят под угрозу выполнение национального проекта «Доступное и комфортное жилье — гражданам России», а растущие цены на цемент и на строительные материалы, изготовленные из него, приводят к удорожанию жилья, делая его недоступным для основной категории граждан.

Уже стало очевидно, что национальный проект проработан недостаточно, строительная индустрия не готова к наращиванию объемов строительства. Вдруг оказалось, что для полномасштабной реализации национального проекта не хватает мощностей стройиндустрии. В советское время об этом заботилось государство. В условиях существующего дикого рынка, да еще при монополизации цементной промышленности тем более необходим государственный контроль решения государственной программы, но уже рыночными методами.

**Нужны инвестиции.** К примеру, для того чтобы построить один современный цементный завод производительностью 1 млн т/год, потребуется вложить как минимум около 250 млн USD. Цементная наука в России и производство оборудования для цементных заводов практически уничтожены, поэтому необходимо покупать импортные заводы и технологии. Экспертам НП «Союз производителей бетона» представляется необходимым создать цементные предприятия с государственным контрольным пакетом акций. Выделить под эти цементные заводы карьеры сырья, привлечь инвестиции производителей строительных материалов, использующих цемент. Под этот проект дать часть государственных инвестиций и построить цементные заводы с государственным регулированием ценовой политики. Причем в такие предприятия с государственным контролем можно включать иностранных инвесторов. Этот цемент станет основой строительства доступного и недорогого социального жилья для российских граждан. Появление части такого цемента на рынке позволит положительно влиять на ценовую политику цементных монополистов.

То же касается и предприятий, производящих строительное оборудование. Рынок наводнен строительным оборудованием из Китая, Турции, которое хорошо работает в лучшем случае год-два. Отечественное строительное оборудование пока не конкурентоспособно, новейшие строительные технологии не развиваются — на это нет средств. Для возрождения стройиндустрии России под нужды национального проекта возможно создание современного предприятия строительного оборудования с государственным контрольным пакетом акций и государственным заказом. По мере выхода предприятия на создание конкурентоспособной продукции мирового уровня и выполнения задач национального проекта государственные акции могут быть проданы частному бизнесу.

Для восстановления стройиндустрии и появления современных производств строительных материалов тоже нужны системные изменения. Должен быть поставлен заслон производству чиновников на местах. Оформление документов на объект стройиндустрии не может длиться год. А еще лучше, чтобы муниципальная власть сама, взяв землю под застройку, полностью ее оформила, проложила дорогу и коммуникации, а потом продала инвестору-застройщику, получив дополнительные доходы в муниципальный бюджет. Бизнес готов платить деньги за готовый продукт — оформленную землю с лицензиями и т. д. Он не хочет давать взятки.

Сложившаяся ситуация может быть преодолена только через формирование единой политики со стороны государства и участников рынка в лице их общественных объединений.

Выиграв конкурс на проведение зимней Олимпиады в 2014 г., наша страна приступила к сооружению олимпийских объектов в Сочи. Основным конструкционным материалом этих объектов будет монолитный бетон и железобетон. В условиях отсутствия национального стандарта по бетону и обновления нормативной базы на производство строительных работ из него наличие существенных проблем в отрасли производства бетона вызывает большую тревогу.

## Компания "ВНИИР"

Компания "ВНИИР" поставляет оборудование для промышленных лабораторий различного профиля:



Строительные лаборатории  
Дорожно-строительные лаборатории  
Мостостроительные лаборатории  
Лаборатории неразрушающего качества  
Материаловедческие и металлографические лаборатории  
Лаборатории механических, температурных и климатических испытаний  
Спектральные и химические лаборатории  
Оборудование для механических испытаний

СТРОИТЕЛЬНОЕ ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Твердомеры  
Оборудование для климатических испытаний  
Оборудование для температурных испытаний  
Приборы для испытания цемента, бетонных смесей  
Приборы для испытаний бетонных и железобетонных конструкций



Испытание лакокрасочных материалов  
Весовое оборудование  
Приборы неразрушающего контроля качества  
Приборы для измерения температуры и влажности  
Геодетическое оборудование  
Приборы для испытания грунтов  
Приборы для испытания битумов

Приборы для испытания битумов  
Приборы для испытания заполнителей  
Приборы для испытания асфальтобетона  
Приборы для контроля параметров автомобильных и железных дорог  
Оборудование для выбуривания кернов



Комплексные передвижные лаборатории



Отдел продаж: тел./факс +7 (495) 735-6531, 437-9800, 430-0428, 437-2274  
Отдел сервиса и метрологического сопровождения: тел./факс +7 (495) 437-5110  
Адрес: 119361 г. Москва, ул. Озерная, д.44  
Internet: www.vniir.ru E-mail: vniir@aha.ru  
Режим работы: с 9:30 до 18:00, выходные - сб, вскр.  
Условия работы: 100% предоплата, отгрузка со склада в Москве.

Реклама

## Промышленность нерудных строительных материалов и будущее бетонов

В статье А.В. Лазуткина, В.И. Эйриха и В.П. Жукова [1] сформулирована важная народнохозяйственная задача: «Одна из важнейших проблем, которую решают предприятия по производству гранитного щебня, — поиск рынков объекта отсевов дробления или продуктов их переработки». Эта задача актуальна не только для гранитных карьеров, но и для всех карьеров скальных горных пород, на которых выход отсевов камнедробления фракций 0–5 или 0–10 мм составляет 20–35% от добычи каменных пород. Как правило, реализация отсевов камнедробления на некоторых карьерах не превышает 30–40% от их производства. В основном же, как сообщается в статье Г.Р. Буткевича [2], горные предприятия накопили в отвалах примерно 5 млрд м<sup>3</sup> пород, из которых, по разным оценкам, осваивается не более 9–12%. Из размещенных в отвалах скальных пород около 1 млрд м<sup>3</sup> пригодно для выпуска щебня [3]. Хотя опыт ряда отечественных предприятий, построенных даже по старым проектам, показал [1], что проведя реконструкцию, можно расширить номенклатуру нерудных строительных материалов (НСМ). В частности, сообщается, что на Орском карьероуправлении номенклатура НСМ расширена до 10 видов, на Каменногорском — до 8.

В отсевах камнедробления сосредоточены самые высокопрочные фракции щебня (3–10 и 5–10 мм), так как при дроблении происходит обогащение материала по прочности, материала разрушается по наиболее слабым зонам. Зарубежная практика изготовления высокопрочных и особовысокопрочных бетонов М1400–М1500 свидетельствует о том, что наиболее эффективно в таких бетонах использовать щебень с крупностью зерен не более 12–16 мм. Для самоуплотняющихся и саморастекающихся бетонных смесей с суперпластификаторами предпочтительнее фракции 3–10 мм [4, 5]. При использовании мелких щебеночных зерен с более низким гравитационным фактором, вызываемым силой тяжести ( $F = mg$ ), повышенная взвешивающая способность цементного теста при одинаковой прослойке реологической цементно-водно-песчаной матрицы снижает силы трения между остроугольными контактами мелкого щебня в большей степени, чем крупного. Это значительно улучшает растекаемость смесей. В связи с этим карьеры, производящие отсевы камнедробления фракции 0–10 мм, должны извлекать из них щебень 2,5–3–10 мм, отделяя его от тонкой фракции. Затраты на эту операцию будут минимальны, ибо грохочение является малоэнергоёмкой операцией технологического процесса.

Фракционированные отсевы камнедробления (фракция 3–10 мм) — наиболее экономичный щебень для вибропрессованных мелкоштучных изделий широкой номенклатуры, выпускаемых зарубежными автоматизированными линиями с установками Besser, Hess и т. п. и отечественной Рифей. Таких зарубежных линий функционирует в России более 40. Они способны освоить около 4,5 млн т высококачественного щебня из отсевов камнедробления. В настоящее время большинство этих

линий работает неэкономично, так как они используют практически повсеместно очень мелкие, мелкие, в лучшем случае средние пески. **Из-за использования таких песков с совершенно непригодной гранулометрией заполнителей существенно увеличивается расход портландцемента.** Фирма «Besser», основанная в начале прошлого столетия, постоянно совершенствовала свою технологию и оптимальную гранулометрию смесей заполнителей и добилась высочайших экономических показателей. Вместе с поставкой оборудования в различные страны передается рецептурно-технологическая документация, в которой даны гранулометрические составы заполнителей, обоснованные многолетней практикой. Только за счет оптимальной гранулометрии можно изготовлять изделия из тощих составов 1:6–1:11 (цемент:заполнитель) с высокими физико-техническими показателями для каждого вида изделий. В нашей стране установки Besser становятся малорентабельными или нерентабельными в связи с повышением стоимости портландцемента.

Ряд предприятий, оборудованных линиями Besser, стал использовать гранитные отсевы камнедробления без анализа гранулометрического состава и их смеси с местным мелким кварцевым песком. В результате доля тонких частиц фракции 0–0,315 мм существенно возросла. И в мелком кварцевом песке, и в отсевах камнедробления фракции 0–5 мм количество частиц размерами 0–0,14 мм составляет более 30–35%. Экономические показатели по снижению расхода цемента при использовании нефракционированных отсевов возросли не столь существенно, если учесть транспортные тарифы и то, что карьеры для улучшения своей рентабельности стали отпускать нефракционированные отсевы камнедробления по более дорогой цене. В результате этого они лишь в 2–3 раза стали дешевле для потребителя, чем фракционированный щебень.

Таким образом, *проблема реализации карьерами отсевов камнедробления для заводов железобетонных изделий и бетоносмесительных узлов монолитного бетона связана в первую очередь с необходимой их подготовкой, то есть с отсевом тонких фракций 0–3 мм.* В соответствии с опубликованной статьей [1] средняя цена реализации 1 м<sup>3</sup> нефракционированных отсевов Питкяранским карьероуправлением составляет 20 р. Чтобы работать более рентабельно, карьеру необходимо отсеять тонкозернистую фракцию, назначить реальную отпускную цену мелкозернистого фракционированного щебня фракции 3–10 или 2–5 мм (учитывая, что затраты на грохочение в 2 раза ниже, чем на дробление). Необходимо сделать соответствующую рекламу на мелкозернистый гранитный фракционированный щебень для высокопрочных самоуплотняющихся бетонных смесей или для вибропрессованных бетонов, выпускаемых автоматизированными линиями Besser и Рифей.

При дополнительном отсеве тонких фракций 0–3 мм у карьероуправления возникает проблема, куда реализовать этот побочный продукт. А этот побочный продукт в виде базальтовой, карбонатной муки за рубежом уже востребован. Он станет наиболее востребованным

сырьем для получения каменной муки для производства супербетонов, геотрастовых и геосинтетических вяжущих. Современные высокопрочные зарубежные бетоны марок 1000–2000 изготавливаются в последние годы с добавками микрокремнезема и каменной муки. **Каменная известняковая, кварцевая, базальтовая, андезитовая каменная мука в современных бетонах становятся неотъемлемыми, почти равнообъемными компонентами в смешанном вяжущем для бетонов общего назначения**, не заменяя часть цемента, как рекомендовалось ранее, а дополняя его равнодисперсным компонентом. Она, увеличивая объем реологической матрицы, улучшает растекаемость бетонных смесей, если используются суперпластификаторы. Это позволяет существенно снизить расход воды, повысить плотность, прочность бетона и другие физико-механические его свойства.

Безусловно, переходу на новые виды бетонов способствовали не только революционные достижения в области пластифицирования бетонных и растворных смесей, но и появление наиболее активных пуццолановых добавок – микрокремнезема (МК), дегидратированных каолинов и высокодисперсных реакционно-активных золь ТЭЦ, более плотных, чем природные высокопористые пуццоланы. Сочетание суперпластификаторов и особенно экологически чистых гиперпластификаторов на поликарбонатной, полиакрилатной и полигликолевой основе с каменной мукой позволяет получать сверхтекучие цементно-минеральные дисперсные системы и бетонные смеси. Благодаря этим достижениям количество компонентов в бетоне с суперпластификаторами достигло 6–8, водоцементное отношение снизилось до 0,24–0,28 при сохранении пластичности, характеризующейся осадкой конуса 4–10 см и более. В самоуплотняющихся бетонах [4, 5] (Selbstverdichtender Beton-SVB) с добавкой каменной муки (КМ) или без нее, но с добавкой МК в высококачественных, высокопрочных бетонах (Ultrahochfester Beton, Ultra hochleistung Beton) [6, 7] на гиперпластификаторах в отличие от литых на традиционных СП совершенная текучесть бетонных смесей (осадка большого конуса 50–55 см) сочетается с низкой седиментацией и самоуплотнением при самопроизвольном удалении воздуха.

Высокая реология при значительном водопонижении в суперпластифицированных бетонных смесях обеспечивается жидкотекучей реологической матрицей, которую можно разделить в высокопрочных бетонах на несколько масштабных уровней по размеру структурных элементов, составляющих ее. В обычных щебеночных бетонах низких марок для щебня реологической матрицей на сложном структурном уровне, а именно на мезомикроуровне, служит цементно-песчаный раствор. В свою очередь, для песка в обычных бетонных смесях реологической матрицей на микроуровне является цементно-водная паста, увеличить долю которой для обеспечения текучести можно за счет увеличения количества цемента. Но это, с одной стороны, неэкономично, особенно для бетонов классов В10–В30, с другой – как это ни парадоксально, все самые сильные суперпластификаторы являются плохими водоредуцирующими добавками для портландцемента, хотя все они создавались и создаются для него. Практически все суперпластификаторы, как было доказано начиная с 1979 г. и систематизировано в многочисленных работах, действуют значительно лучше на многих водных дисперсиях оксидов, минеральных порошков или смесей их с цементом вследствие эффекта «соразжижения», чем на дисперсиях чистого цемента. В дальнейшем это подтверждено в щебеночных бетонных смесях с использованием смешанных цементов, в реакционно-порошковых бесщебеночных бетонах нового поколения [8, 9]. Цемент – нестабильная в воде, гидратирующаяся система, образующая суперколлоидные частицы сразу же

после контакта с водой и быстро загустевающая. А коллоидные частицы и гели в воде трудно диспергировать суперпластификаторами. Примером являются глинистые суспензии, слабо поддающиеся суперразжижению. Частицы целого ряда горных пород, даже самые тонкие, не видоизменяются в воде в течение сотен и тысяч лет.

В сильно пластифицированных бетонных смесях для высокопрочных бетонов для щебня как макроструктурного элемента реологической матрицей является более сложная дисперсия, состоящая из песка, цемента, каменной муки, микрокремнезема и воды. Доля такой матрицы должна быть значительно выше, чем в обычных бетонах. Поэтому к цементу надо добавлять каменную муку, она увеличит не только реологическое воздействие СП на смесь, но и, что не менее важно, объем самой реологической матрицы. В результате появляется возможность значительно снизить количество воды, чем в цементно-водной матрице, повысить плотность и увеличить прочность бетона. Добавление каменной муки и снижение доли щебня для достижения высокой реологии практически будет равносильно увеличению цемента, если водоредуцирующие эффекты будут значительно выше, чем при добавлении цемента.

Важно акцентировать внимание не на замене части цемента каменной мукой, как это рекомендовалось ранее при использовании СП, а на добавлении ее в значительном объеме – до 40–100% массы портландцемента. В первом случае при замене цемента объемом реологической матрицы останется неизменным или несколько понизится за счет существенного снижения количества воды, а во втором он значительно увеличивается. На основе полиструктурной теории в 1985–2000 гг. все разработки по изменению структуры путем наполнения цемента преследовали цель замены на 30–40% портландцемента минеральными наполнителями для экономии его и сохранения прочности бетонов марок М200–М500. *Наполненные цементы в бетонах с суперпластификаторами явились новым этапом экономии цемента.* Однако на современном этапе стратегия экономии портландцемента в бетонах с сохранением той же прочности за счет замены цемента дисперсными наполнителями должна уступить место стратегии значительного уменьшения объема высокопрочного бетона в железобетонных конструкциях. Добавление реологически-активной по отношению к СП каменной муки и особой пуццоланической добавки без уменьшения доли цемента, а в некоторых случаях с повышением содержания его для достижения высокой прочности не только при сжатии, но и при изгибе и осевом растяжении, при наличии дисперсного армирования, позволит снизить расход бетона в 2–3 раза. Важно при этом из совокупности горных пород оценить их реологическую активность и выбрать наиболее активную, которая в сочетании с тем или иным суперпластификатором в водно-минеральной суспензии обеспечит наименьшее сопротивление при гравитационном растекании бетонных смесей с минимальным количеством воды.

В современных высокопрочных бетонах для смеси цемента и каменной муки как микроструктурных элементов смесь микрокремнезема, воды и суперпластификатора должна быть еще одной реологической матрицей с наномасштабным уровнем. Размеры частиц микрокремнезема обычно укладываются в диапазон 0,1–1 мкм, то есть в верхний уровень наночастиц. Микрокремнезем кроме структурно-топологической функции в реологической матрице выполняет реакционно-химическую, связывая гидрозольную известь – портландит в высокопрочные гидросиликаты кальция [10].

Для щебеночных бетонов эти масштабы структурных элементов реологических матриц соответствуют масштабам оптимальной гранулометрии зернисто-дис-

персных сухих компонентов бетона для получения высокой его плотности.

Таким образом, каменная мука, улучшая реологическую функцию СП, должна быть матрично-наполняющим компонентом как в высокопрочных и особовысокопрочных бетонах, так и в бетонах общего назначения, увеличивая объем реологической матрицы второго масштабного уровня. Для бетонов не менее важна реакционно-химическая функция каменной муки. Именно сочетание реологической активности каменной муки с реакционно-химической активностью по отношению к продуктам гидратации портландцемента определяет ее высокую ценность в бетонах. Оценка как первой функции муки в смеси с цементом и суперпластификатором, так и второй должна быть основным критерием при выборе горной породы. Естественно, что наиболее реакционно-активными добавками являются микрокремнезем, микродегидратированный каолин и отдельные зола ТЭЦ. Однако это не значит, что при отсутствии указанных добавок специально выделенная тончайшая фракция реакционно-активной каменной муки с удельной поверхностью 2000–3000 м<sup>2</sup>/кг не может быть использована в бетонах. Можно с уверенностью утверждать, что в будущем в связи с недостатком микрокремнезема, получаемого как отход других производств, начнется промышленный выпуск реакционно-активных нанодобавок на карьерах рудной и нерудной промышленности, в частности сепарационной пыли.

Таким образом, скоро каменная мука будет очень востребована, и в первую очередь на предприятиях бетона и железобетона, где образовательный уровень технических работников достигнет понимания приоритетного значения реологии в повышении прочности бетона при прочих равных условиях, а исходя из этого экономики строительства из высокопрочного бетона. К сожалению, на тех заводах железобетона России, где до сих пор бетоны изготавливаются четырехкомпонентными, этот уровень очень низок.

Более масштабное потребление каменной муки ожидается в высокопрочных реакционно-порошковых бесщебеночных тонкозернистых бетонах нового поколения [8, 11] и в щебеночных бетонах общего назначения марок 200–500 МПа.

Порошковые бетоны не содержат естественного природного песка в обычном его понимании и состоят из цемента, каменной муки, тонких от 0,1 до 0,5 (0,7 мм) фракций песка (возможно горного из отсевов), микрокремнезема, суперпластификатора и тонких волокон стальной фибры или объемных тканых каркасов из стальных нитей диаметром 10–40 мкм. В щебеночные бетоны общего назначения можно вводить муку в соотношении к цементу 1:0,5–1:1. Это означает, что каменные карьеры в перспективе будут иметь мощности по выпуску каменной муки, не уступающие мощностям по производству портландцемента.

Естественно, на карьерах должна быть создана соответствующая инфраструктура с технологическими операциями грохочения отсевов на мелкозернистый щебень, выделения из отсева тонких фракций песка размером 0,1–0,5 (0,7 мм), помола с одновременной сушкой каменной муки до удельной поверхности  $S_{уд} = 300–350$  м<sup>2</sup>/кг (остаток на сите 0,08 не более 10%), хранения и отгрузки ее потребителю в цементовозах.

Горы отсевов камнедробления, с одной стороны, – дешевая сырьевая база, с другой – качественный продукт для бетонов общего назначения настоящего и высокопрочных бетонов будущего. И чем быстрее бетонные заводы и карьеры перестроят свою техническую политику в отношении отходов камнедробления, тем более рентабельно они будут работать.

Производство мелкозернистого щебня фракции 3–5 мм и каменной муки может быть организовано в

любом регионе, не имеющем месторождений прочных каменных пород, используя привозные отсевы камнедробления. Например, при разработке стратегии развития строительного комплекса в Пензенской области в программу развития включено строительство цеха по производству мелкозернистого щебня и каменной муки.

У каменной муки не менее перспективное будущее. Созданные на кафедре технологии бетонов, керамики и вяжущих Пензенского государственного университета архитектуры и строительства минерально-шлаковые, геослаковые и геосинтетические безобжиговые вяжущие из молотых горных пород отверждаются за счет их реакции с химическими добавками [12]. За геосинтетическими бетонами из дисперсных горных пород, получаемыми синтезом без использования обжиговых процессов спекания при высоких температурах, большое будущее. Пока что получены прессованные и вибропрессованные бетоны прочностью 60–200 МПа. Появление щелочных суперпластификаторов будет знаменовать революционный этап в производстве геосинтетических бетонов на каменной муке. К сожалению, химическая промышленность России не разрабатывает пластификаторы, которые бы хорошо работали в минерально-водных системах при наличии щелочей NaOH, KOH или щелочных солей Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> и др., выделяющих щелочи при реакции каустикации с добавкой Ca(OH)<sub>2</sub>.

#### Список литературы

1. Лазуткин А.В., Эйрих В.И., Жуков В.П. Использование отсевов дробления – важный фактор экономического роста предприятий нерудной промышленности // Строит. материалы. 2003. № 11. С. 6–7.
2. Буткевич Г.Р. Промышленность нерудных строительных материалов: достигнутое и перспективы // Строит. материалы. 2003. № 11. С. 2–5.
3. Буянов Ю.Д. Экономическая безопасность России при разработке сырья для промышленности строительных материалов // Строит. материалы. 2001. № 4. С. 21.
4. Gröbe P., Lemmer C., Rühl M. Vom Gussbeton zum Selbstverdichtenden Beton. S. 243–249.
5. Kleingelhöfer P. Neue Betonverflüssiger auf Basis Polycarboxilat // Proc. 13. Jbasil Weimar. 1997. Bd. 1. S. 491–495.
6. Bornemann R., Fenling E. Ultrahochfester Beton-Entwicklung und Verhalten // Leipziger Massivbau-seminar. 2000. Bd. 10. S. 1–15.
7. Schmidt M., Bornemann R. Möglichkeiten und Crensen von Hochfester Beton // Proc. 14. Jbasil. 2000. Bd. 1. S. 1083–1091.
8. Калашиников С.В. Тонкозернистые реакционно-порошковые дисперсно-армированные бетоны с использованием горных пород: Дисс. ... канд. техн. наук. Пенза. 2007. 175 с.
9. Калашиников В.И., Ананьев С.В., Горюнов И.А., Осолов К.Ю. От высокопрочных и особовысокопрочных бетонов будущего к суперпластифицированным бетонам общего назначения: Сб. международной научно-практической конференции «Композиционные строительные материалы. Теория и практика». Пенза, 2007. С. 18–22.
10. Баженев Ю.М., Демьянова В.С., Калашиников В.И. Модифицированные высокопрочные бетоны. М.: АСВ. 2007. 368 с.
11. Richard P., Cheurezy M. Composition of Reactive Powder Concrete. Scientific Division Bougies // Cement and Concrete Research. 1995. Vol. 25. No. 7. Pp. 1501–1511.
12. Калашиников В.И., Хвастунов В.Л., Кузнецов Ю.С. Перспективы направления в области получения геосинтетических строительных материалов // Строит. материалы. 2007. № 2. С. 16–19.





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

Лицензия Госстандарта РФ на изготовление средств измерений №003110-ИР  
Приборы сертифицированы, имеют энергонезависимую память, режим связи с ПК.

**ПС-30(50)МГ4 "Отрыв"**



Измеритель прочности бетона методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.  
Диапазон.....5...100 МПа  
Максимальное усилие вырыва анкера:  
ПС-30МГ4.....23,4 кН (2300 кгс)  
ПС-50МГ4.....49,0 кН (5000 кгс)

**ПСО-МГ4**



Измеритель прочности сцепления защитных и облицовочных покрытий с основанием по ГОСТ 28059, ГОСТ 28574, а также усилие вырыва анкерных болтов и тарельчатых дюбелей.  
Максимальное усилие отрыва:  
ПСО-2.5МГ4.....2,45 кН (250 кгс)  
ПСО-5МГ4.....4,9 кН (500 кгс)  
ПСО-10МГ4.....9,80 кН (1000 кгс)

**Влагомер-МГ4У**



Измеритель влажности древесины, бетона, сыпучих по ГОСТ 16588 и ГОСТ 21718.  
Может комплектоваться зондовым преобразователем.  
Диапазон измерения влажности .....1...60%

**ИПА-МГ4**



Измеритель защитного слоя бетона, расположения и диаметра арматуры железобетонных конструкций магнитным методом по ГОСТ 22904.  
Диапазон измерения  
Защитного слоя.....3...150 мм  
При диаметре стержней.....3...40 мм

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

тел./факс в Челябинске:(351) 790-16-85, 790-16-13  
796-64-13, 796-64-14  
в Москве:(495) 964-95-63, 220-38-58

454084, г. Челябинск, ул. Калинина 11-г, а/я 8538  
E-mail: stroypribor@chel.surmet.ru http://www.stroypribor.ru

**ПГМ-100 / ПГМ-500 / ПГМ-1000**

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



**ИПС-МГ4.03**



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

**ПСО-50МГ4 "Скол"**



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

**ПС-2МГ4П**



Измеритель прочности лещеных бетонов методом вырыва спирального анкера. Предусмотрена возможность корректировки результатов испытаний в зависимости от влажности бетона.  
Диапазон.....0,5...3 МПа

**ИТП-МГ4 «100/250»**



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

**ПНО ПРОМАВТОМАТИКА**

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



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

Г.В. НЕСВЕТАЕВ, д-р техн. наук,  
Ростовский государственный строительный университет (Ростов-на-Дону)

## Технология самоуплотняющихся бетонов

Самоуплотняющиеся бетонные смеси (в дальнейшем SCC – self compacting concrete) позволяют осуществлять бетонирование практически любых, в том числе густоармированных, конструкций с высокой интенсивностью при минимальных трудозатратах за счет отказа от уплотнения, обеспечивая высокое качество поверхности после распалубки. В России применение SCC интенсивно развивается при строительстве уникальных объектов в Москве [1]. В связи с отсутствием в нормах России определения SCC в отечественных публикациях встречаются различные понятия. EN 206-1 предусматривает 6 классов подвижных смесей, удобоукладываемость которых характеризуется диаметром расплыва стандартного конуса из бетонной смеси (flow classes F1–F6 соответственно с диаметром расплыва D от менее 340 до более 630 мм), но понятия SCC не оговаривает. Правила [2] предусматривают три класса SCC по удобоукладываемости: SF 1 с диаметром расплыва D=550–650 мм; SF 2 с D=660–750 мм; SF 3 с D=760–850 мм. Таким образом, ключевым показателем, определяющим принадлежность бетонной смеси к соответствующему классу SCC, является диаметр расплыва. Показатели водоотделения, L-box, V-funnel тестов и других рассматриваются как дополнительные. Между величиной D и показателем осадки стандартного конуса ОК существует зависимость (рис. 1), показывающая, что с увеличением диаметра расплыва (величины ОК) бетонная смесь по своим свойствам все более приближается к вязкой жидкости.

Диаметр расплыва стандартного бетонного конуса определяется количеством вяжущего теста (Ц+В+Н, где Н – минеральный наполнитель с размером частиц менее 0,16 мм; Ц – цемент; В – вода) и его текучестью,

которая зависит от  $K_{НГ}$ , численно равного отношению истинного В/Ц к величине нормальной густоты цемента, и свойств суперпластификатора (СП) (рис. 2).

Согласно [8] между величиной ОК и показателем водоредуцирующей способности СП  $B_d$  существует зависимость:

$$B_d = 3 \left( \frac{ОК}{2,5} - 1 \right), \quad (1)$$

из которой следует, что для обеспечения величины ОК, соответствующей классу SF 1 SCC (ОК > 26 см), значение  $B_d$  должно составлять не менее 29%, т. е. для получения SCC целесообразно применять высокоэффективные СП (гиперпластификаторы – ГП) с показателем  $B_d$  более 30%. Но как следует из рис. 2, получение SCC в принципе возможно и при использовании традиционных СП.

Согласно [8] для оценки реологической активности СП в сочетании с конкретным цементом можно использовать величину предельного напряжения сдвига суспензии цементного теста:

$$\tau_0 = \frac{hd^2}{kD^2} \rho, \quad (2)$$

где  $h$ ,  $d$  – соответственно высота и диаметр, м, минивискозиметра Суттарда – прибора, используемого для контроля текучести наливных полов при производстве и применении сухих строительных смесей;  $D$  – диаметр расплыва цементной суспензии, м;  $k=2$  [8];  $\rho$  – средняя плотность цементной суспензии, кг/м<sup>3</sup>.

Такая методика оценки текучести цементной суспензии, содержащей СП, позволяет с минимальными затратами выявить эффективность любых СП в сочетании с конкретным цементом (рис. 3, 4).

Таблица 1

Характеристика цемента

Показатель	Цемент			
	К:СЕМ I 42,5 (Китай)	П:ПЦ500Д0 (Россия)	В:ПЦ500Д0 (Россия)	Т:СЕМ I 42,5 R (Турция)
ППП	2,02	1,29	0,81	1,83
SiO <sub>2</sub>	19,85	21,07	20,09	19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,63	5,11	4,62	4,84
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,49	3,79	4,48	2,53
CaO	61,73	64,93	64,22	64,58
MgO	3,89	0,51	1,74	2,9
SO <sub>3</sub>	3	3,99	3,79	2,63
TiO <sub>2</sub>	0,48	0,35	0,37	0,4
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,092	0,11	0,1	0,09
K <sub>2</sub> O	0,57	0,63	0,36	0,37
Na <sub>2</sub> O	0,051	0,17	0,15	0,15
C <sub>3</sub> A (расчет)	11,03	7,33	4,83	8,77
C <sub>3</sub> S (расчет)	60,9	66,5	61,7	64,6

Таблица 2

Расчетные и фактические значения распыла конуса бетонной смеси

СП	V	[ $\tau_0$ ] <sub>цт</sub> , Па	D <sub>БСфакт</sub> , см	D <sub>БС</sub> расчет, см, при a	
				2,1	2,6
СП-1	0,61	13,4	46	53,9 (17,1%)	46,3 (0,7%)
Melment F 10	0,604	11,7	56	58 (3,6%)	50 (-10,7%)
Structuro 530	0,58	8,7	65	69 (6,2%)	59,7 (-8,2%)
Structuro 530	0,63	8,7	62	65,5 (5,6%)	56 (-9,7%)
Sika ViscoCrete 3	0,614	7,5	64	74 (15,6%)	61,5 (-3,9%)
Glenium 51 (FM)/(BV)	0,6	8,4	69	69 (0%)	59 (-14,5%)

**Примечание.** В скобках – величина погрешности.

Таблица 3

Параметры тепловыделения цементного теста

Цемент	СП	Параметры тепловыделения				
		T <sub>max</sub> , °C	$\tau$ , ч	$\tau_1$ , ч	Q, кДж/кг	Q <sub>1</sub> , кДж/кг
В:ПЦ500ДО (Россия)	Нет	54,8	8	3	68	10,8
	СП-1	46,7	11,1	6	65,2	12,8
	Melment F 10	50,7	10,4	5,5	70	18
	Structuro 530	35,9	48	22	55,2	17,4
	Sika ViscoCrete 3	35,9	74,9	57	48,2	26,6
	Glenium 51 (FM)/(BV)	45	24,25	15,4	57,4	13,7
П:ПЦ500ДО (Россия)	Нет	64,9	8,3	2	98,7	12,6
	СП-1	62,4	11,1	5,5	94	20
	Melment F 10	51,9	14,5	5	106,7	17
	Structuro 530	39,9	53,7	23	66,6	16,6
	Sika ViscoCrete 3	42,7	68	58	55,6	14,8
	Glenium 51 (FM)/(BV)	49,9	27,7	11,9	77	12,7
К:СЕМ I 42,5 (Китай)	Нет	61,7	7,8	2	80	5,8
	СП-1	61,8	9,7	6	82,6	15
	Melment F 10	53,7	10,7	7	70,3	15,8
	Structuro 530	44,9	30,6	18	72,8	24,6
	Sika ViscoCrete 3	47,1	40,3	29	71,6	16,4
	Glenium 51 (FM)/(BV)	36,9	22,7	7,3	43,7	10,4
Т:СЕМ I 42,5 R (Турция)	Нет	68,5	5,9	1,75	99,4	10,5
	СП-1	66,8	6,7	3,75	90,8	15
	Melment F 10	62,5	7,9	4	91,3	14,8
	Structuro 530	48,9	29,2	23	77,1	21,7
	Sika ViscoCrete 3	46,9	50,5	41,3	57,3	10
	Glenium 51 (FM)/(BV)	59,7	14,6	3,15	87,3	8,64

**Примечание.** T – максимальная температура, соответствующая второму пику тепловыделения в термосном калориметре; Q, Q<sub>1</sub> – соответственно количество тепла, выделившееся к моменту  $\tau$  достижения второго пика и к моменту начала индукционного периода;  $\tau_1$  – момент начала второго пика.

Таблица 4

Значения коэффициента гидратационной активности различных цементов в присутствии суперпластификатора

Данные	Суперпластификатор		
	Нафталиноформальдегидный (С-3, СП-1)	Меламиноформальдегидный (Melment F10)	Поликарбоксилатный (Flux-1, Melflux PP100F, Structuro 530, Sika ViscoCrete 3, Glenium 51 (FM)/(BV))
Данные, полученные при анализе прочности			
Несветаев Г.В.	0,72–1,15	0,88–1,16	0,5–1,03
Демьянова В.С.	0,82–0,91	0,82–0,83	0,65–0,7
Калашников В.И.	0,76–1,07		
Батраков В.Г.	0,857–1,176		
Вовк А.И.	> 0,75		
Иванов Ф.М. и др.	0,774–1,05		
Усов Б.А.	0,76–0,97		
I. Banjad Recur			0,68–1,07
Данные, полученные при анализе степени гидратации			
Комохов П.Г.	0,59		
Несветаев Г.В.	0,75		
Данные, полученные при анализе тепловыделения			
Несветаев Г.В.	0,91–1,03	0,88–1,08	0,56–0,91

Как следует из данных рис. 4, влияние СП на реологические свойства цементных суспензий в меньшей степени зависит от химического (минералогического) состава цемента в случае применения поликарбоксилатных ГП в сравнении с традиционными СП нафталино- и меламиноформальдегидного состава.

При условии равенства значений В/Ц цементной суспензии, используемой для оценки эффективности СП по формуле (2), и «истинной» величины В/Ц бетонной смеси диаметр расплыва конуса бетонной смеси может быть определен как:

$$D_{BC} = \sqrt{\frac{140000}{[\tau_0]_{BC}}}, \quad (3)$$

где

$$[\tau_0]_{BC} = [\tau_0]_{CT} e^{aV}; \quad (4)$$

здесь  $[\tau_0]_{CT}$  – предельное напряжение сдвига цементной суспензии по формуле (2);  $V$  – относительная концентрация заполнителей;  $a$  – коэффициент, равный 2,1–2,6 (вероятно, в зависимости от свойств СП (табл. 2)).

В табл. 2 представлены данные, подтверждающие достоверность предлагаемой методики подбора состава SCC с требуемым показателем текучести. Бетонные смеси изготавливались на цементе П по табл. 1.

В [9] предлагается для количественной оценки влияния СП на формирование прочности цементного камня использовать показатель «гидратационной активности цемента в присутствии СП». И хотя на прочность бетона может оказывать влияние дополнительное воздуховлечение при применении СП [10], именно влияние СП на процессы гидратации представляет первостепенный интерес. Исследование процесса тепловыделения различных цементов (табл. 1) в присутствии различных СП подтверждает факт существенного влияния СП на процессы гидратации в ранний период (табл. 3). Можно также утверждать, что в настоящее время не представляется возможным дать количественную оценку степени этого влияния по известным данным о СП и цементе. Пока,

Таблица 5

Показатель	По модели формула (5)	По СНБ 5.03.01–2002
$(E_0)_{SF1} / (E_0)_{П1}$	0,856	0,84
$(\varphi)_{SF1} / (\varphi)_{П1}$	1,64	1,7

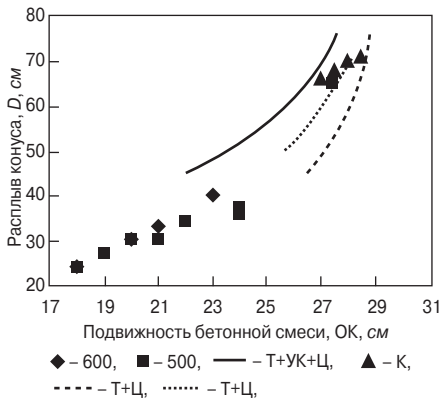
используя, например, экзотермию, можно только экспериментально предварительно установить индивидуальную совместимость цемента и СП.

Существенное влияние СП на гидратацию цемента в ранний период твердения неизбежно отражается как на кинетике прочности (рис. 5), так и на значении прочности бетона в проектном возрасте. Учитывая этот факт, проектирование состава SCC по критерию прочности целесообразно вести с учетом влияния СП как на возможное изменение водосодержания смеси, а следовательно, и величину В/Ц, так и на формирование прочности цементного камня (бетона):

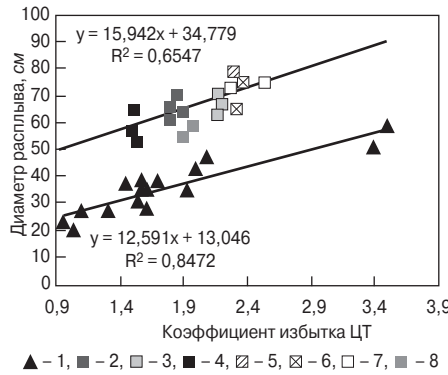
$$R = k_{SP} \frac{aR_{II}}{\left(\frac{B}{II}\right)^x},$$

где параметр  $k_{SP}$  определяется для конкретной пары цемент – СП. По некоторым данным [11] (табл. 4), значение  $k_{SP}$  может изменяться в широком диапазоне. Это зависит как от методики определения, так и от индивидуальной совместимости системы цемент – СП. Но для постоянной пары цемент – СП величина  $k_{SP}$  является достаточно стабильной [11], т. е. существует перспектива каталогизации.

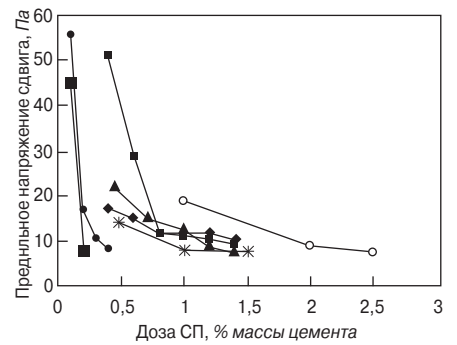
Деформативные свойства SCC (начальный модуль упругости, мера или коэффициент (характеристика) ползучести, усадка) будут существенно отличаться от этих показателей у бетонов равных классов, полученных по традиционной технологии из умеренно подвижных смесей П1, П2. Это отличие обусловлено двумя факторами –



**Рис. 1.** Соотношение между величиной ОК и диаметром расплыва конуса: ■, ◆ – экспериментальные данные автора при расходе вяжущего соответственно 600 и 500 кг/м<sup>3</sup>; К – данные [1]; Т+УК+Ц, Т+Ц, Т+Ц+С – теоретическое соотношение при моделировании диска бетонной смеси после расплыва различными геометрическими фигурами (УК – усеченный конус; Ц – цилиндр; С – шаровой сегмент)



**Рис. 2.** Зависимость диаметра расплыва конуса из бетонной смеси от коэффициента избытка вяжущего теста: 1, 2, 8 – данные автора соответственно при использовании СП-1, поликарбоксилатных СП различных производителей, СП Melment F10; 3–7 – по экспериментальным данным [1, 3–7]



**Рис. 3.** Влияние дозировки и вида СП на предельное напряжение сдвига теста портландцемента П (по табл. 1); СП-1, Melment F10, Flux-1, Melflux 2641 дозировались в сухом виде, остальные – в виде жидкого товарного продукта

отличием макроструктуры (количество цементного камня в структуре SCC выше) и влиянием СП на указанные выше свойства цементного камня [10, 12].

Секущий модуль деформаций бетона, позволяющий определить параметры простой линейной ползучести, может быть определен по формуле:

$$E = \frac{2}{\frac{1}{\frac{E_{0,C}}{1+\varphi_C} + \frac{E_{0,A}}{1+\varphi_A} + \frac{E_{0,TZ}}{1+\varphi_{TZ}}} + \frac{V_C(1+\varphi_C)}{E_{0,C}} + \frac{V_A(1+\varphi_A)}{E_{0,A}} + \frac{V_{TZ}(1+\varphi_{TZ})}{E_{0,TZ}}} \quad (5)$$

где  $E_{0,C}$ ;  $E_{0,A}$ ;  $E_{0,TZ}$  – соответственно начальный модуль упругости цементного камня, заполнителя, контактной зоны;  $V_C$ ,  $V_A$ ,  $V_{TZ}$  – соответственно относительный объем цементного камня, заполнителя, контактной зоны;  $\varphi_C$ ,  $\varphi_A$ ,  $\varphi_{TZ}$  – соответственно коэффициент (характеристика) ползучести цементного камня, заполнителя, контактной зоны.

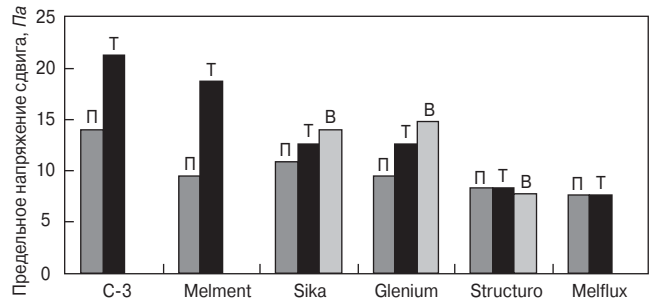
Формула (5) при  $\varphi_i = 0$  трансформируется в модифицированную [13] для трехкомпонентной системы матрица – контактная зона – заполнитель модель Хирча – Доугилла для расчета начального модуля упругости бетона. Использование модели для расчета начального модуля упругости бетона обеспечивает погрешность не более 6% [13].

СП 52-101–2003, EN 1992-1-1 не регламентируют значения начального модуля упругости бетона  $E_0$  и коэффициента ползучести  $\varphi$  с учетом подвижности бетонной смеси. Нормы Беларуси СНБ 5.03.01–2002 устанавливают значения  $E_0$  и  $\varphi$  в зависимости от подвижности бетонной смеси. В табл. 5 приведены данные о соотношении указанных параметров для бетона класса по прочности В50, полученного из смеси П1 и SF 1.

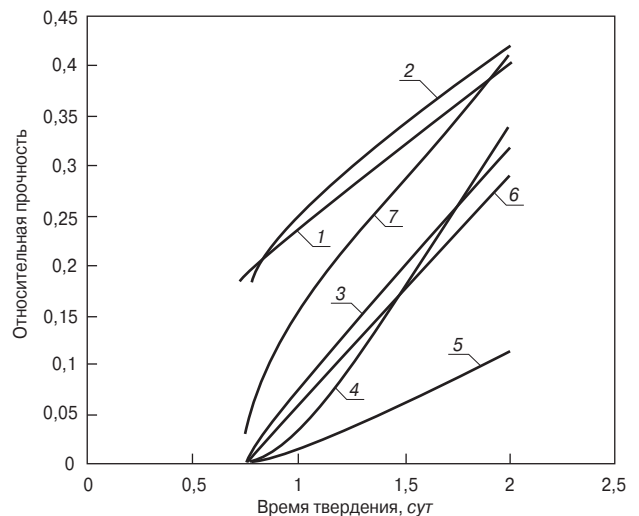
Поскольку усадка бетона может быть определена как:

$$\epsilon_{SH,B} = (1 - V_A)^X \left( 2 \frac{B}{C} + 0,18 \right) \epsilon_{SH,CK} = k \epsilon_{SH,CK}, \quad (6)$$

где  $\epsilon_{SH,CK}$  – базовая усадка цементного камня по методике Оргэнергостроя;  $k = 0,13–0,16$  для жестких бетонных смесей,  $0,21–0,28$  для подвижных,  $0,21–0,33$  для SCC, то очевидно, что для SCC повышение усадки может быть обусловлено как за счет изменения макроструктуры, так и за счет влияния СП на усадку цементного камня [11]. В итоге повышение усадки бетонов SCC равных классов в сравнении с бетонами из смесей П1 без добавок возможно более чем в 2 раза.



**Рис. 4.** Влияние вида СП и цемента на величину предельного напряжения сдвига цементных суспензий (П, Т, В – соответственно цементы по табл. 1)



**Рис. 5.** Рост прочности бетонов с СП в ранний период: 1 – EN 1992; 2 – Э; 3 – СП-1; 4 – Structuro; 5 – Sika; 6 – Glenium; 7 – Melment F10

### Список литературы

1. Каприелов С.С., Травуш В.И., Карпенко Н.И., Шейнфельд А.В., Кардунян Г.С., Киселева Ю.А., Пригоженко А.В. Модифицированные бетоны нового поколения в сооружениях ММДЦ «Москва-Сити» // Строит. материалы. 2006. № 10. С. 13–17.
2. EG SCC European Guidelines for Self Compacting Concrete. Specification, Production and Use, 2005. 68 p.

3. *Ajdkiewicz A., Kliszczewicz A., Wegiorz M.* Wplyw modyfikacji forwowania powierzchni betonu na rysoodpornosc elementow zelbetowych: «Krynica 2004»: Warszawa-Krynica. Т. 3. Рр. 11–18.
4. *Czkwianianc A., Pawlica J., Ulanska D.* Wlasciwosci mechaniczne I reologiczne betonow samozageszczalnych: «Krynica 2004»: Warszawa-Krynica. Т. 3. Рр. 109–116.
5. *Yen T., Pann K.S., Lin S.K.* Strength development of high strength high-performance concrete at early ages // Бетон и железобетон – пути развития: науч. труды конф. Москва, 2005. Т. 3. С. 81–87.
6. *Житкевич Р.К., Шейнфельд А.В., Ферджулян А.Г., Пригоженко О.В.* Опыт приготовления, применения и контроля высокопрочных модифицированных бетонов на объектах ЗАО «Моспромстрой» // Бетон и железобетон – пути развития: науч. труды конф. Москва, 2005. Т. 3. С. 92–100.
7. *Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С., Киселева Ю.А., Пригоженко О.В.* Уникальные бетоны и технологии в практике современного строительства России // Проблемы современного бетона и железобетона. Минск: НП ООО «Стринко», 2007. Т. 2. С. 105–120.
8. *Баженев Ю.М., Демьянова В.С., Калашиков В.И.* Модифицированные высококачественные бетоны. Изд-во АСВ, 2006. 368 с.
9. *Калашиков В.И., Демьянова В.С., Борисов А.А.* Классификационная оценка цементов в присутствии суперпластификаторов для высокопрочных бетонов // Известия вузов. Строительство. 1999. № 1. С. 39–42.
10. *Вовк А.И.* О качестве нафталиноформальдегидных суперпластификаторов // Бетоны и сухие смеси. 2007. № 1Б. С. 16–19.
11. *Несветаев Г.В.* Эффективность применения суперпластификаторов в бетонах // Строит. материалы. 2006. № 10. С. 23–25.
12. *Несветаев Г.В.* Применение модификаторов с целью управления модулем упругости бетона // Новые научные направления строительного материаловедения: Мат-лы Акад. чтений РААСН. Ч. 2. Белгород, 2005. С. 51–55.
13. *Несветаев Г.В.* Закономерности деформирования и прогнозирование стойкости бетонов при силовых и температурных воздействиях (методология и принципы рецептурно-технологического регулирования): Дисс. ... д-р техн. наук: РГСУ. Ростов н/Д, 1998. 468 с.



## Материалы для бетона от компании Sika

– мирового лидера в строительной химии

Качественные решения сегодня – надежное будущее завтра!

### Добавки в бетон:

- суперпластификаторы для товарного бетона
- суперпластификаторы для сборного железобетона заводского изготовления
- воздухововлекающие добавки
- регуляторы твердения бетона
- добавки для жестких бетонных смесей (технологии вибропрессования, экструзии)
- пенообразующие добавки
- добавки для улучшения перекачиваемости бетонных смесей
- добавки для строительных растворов
- специальные добавки
- противоморозные добавки
- добавки для торкрет-бетона



● Смазки для опалубки ● Защита оборудования от нарастания бетона ● Средства по уходу за твердением бетона ● Материалы для изготовления бетонных элементов с обнаженной структурой заполнителя

### Преимущества работы с компанией Sika:

- Собственная лаборатория
- Компетентная консультация специалистов
- Подбор состава бетона в лаборатории в соответствии с заказом
- Опыт использования технологий компании Sika во всем мире

### Зарегистрированные торговые марки:

**Sikament®**, **Sikacrete®**, **Viscocrete®**, **Sigunit®**, **Sikagard®**, **Inertol®**, **Icosit®**, **Sika® Repair®**

### Другие направления продукции компании Sika:

- ◆ промышленные полы
- ◆ гидроизоляция
- ◆ клеи и герметики
- ◆ подливочные и анкерочные составы
- ◆ усиление конструкций
- ◆ антикоррозийная защита металлоконструкций

**ООО «Зика»** E-mail: [info@ru.sika.com](mailto:info@ru.sika.com) [www.sika.ru](http://www.sika.ru)

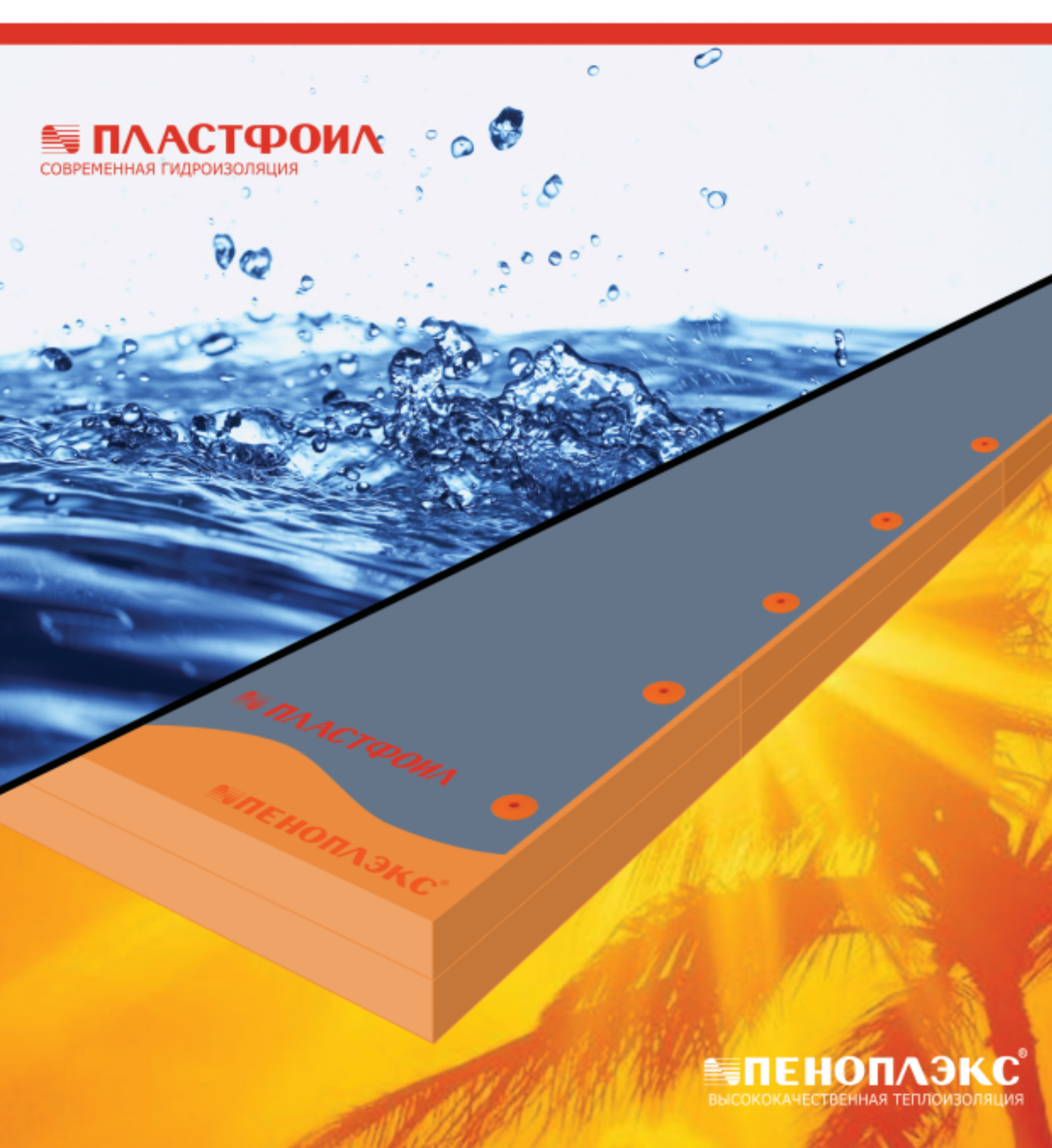
**Центральный офис в Москве:**  
103006, Россия, Москва,  
ул. Малая Дмитровка, д. 16/6  
Тел.: +7 (495) 771 74 88, 980 77 90  
Факс.: +7 (495) 771 74 80

**Филиал в Санкт-Петербурге:**  
196240, г. Санкт-Петербург,  
ул. Предпортовая, д. 8,  
Тел.: +7 (812) 723 10 78,  
Факс.: +7 (812) 723 03 72

**Филиал в Екатеринбурге:**  
620016, г. Екатеринбург,  
ул. Предельная 57 бизнес-центр,  
стр. 4, офис 1  
Тел.: +7 (343) 216 53 50

**Филиал в Краснодаре:**  
350080, г. Краснодар,  
ул. Уральская, д. 99, оф. 45  
Тел.: +7 (861) 210 41 58, 210 41 59  
Факс.: +7 (861) 210 41 60

 **ПЛАСТФОИЛ**  
СОВРЕМЕННАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ



 **ПЕНОПЛАЭКС**<sup>®</sup>  
ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННАЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ

# У КАЧЕСТВА НЕТ АНАЛОГОВ

ЭКСТРУЗИОННЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ ПЛИТЫ ПЕНОПЛАЭКС<sup>®</sup>  
И СОВРЕМЕННАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННАЯ ПВХ МЕМБРАНА ПЛАСТФОИЛ

[WWW.PLASTFOIL.RU](http://WWW.PLASTFOIL.RU)  
[PLASTFOIL@PLASTFOIL.RU](mailto:PLASTFOIL@PLASTFOIL.RU)

ТЕЛ.: +7 (812) 329-54-11  
ФАКС: +7 (812) 329-54-21

[WWW.PENOPLEX.RU](http://WWW.PENOPLEX.RU)  
[PENOPLEX@PENOPLEX.RU](mailto:PENOPLEX@PENOPLEX.RU)

УДК 691.3

Д.И. ШТАКЕЛЬБЕРГ, д-р техн. наук, Б.И. ВИЛЬГЕ, канд. техн. наук,  
С.В. БОЙКО, канд. техн. наук, компания Concretex Ltd (Израиль)

## Мониторинг твердения и упрочнения цементно-бетонных композиций

**Введение.** В строительной области сложилась парадоксальная ситуация: понятие «марочной, или 28-дневной прочности», определяемой стандартными способами, автоматически переносится на прочность изделий и конструкций, режимы уплотнения и твердения которых в подавляющем большинстве случаев не имеют ничего общего с идеальными лабораторными условиями. Следовательно, в реальной ситуации можно только гадать о характере упрочнения и фактической величине прочности бетона.

Поэтому создание надежного и достоверного способа неразрушающего контроля и оценки прочности бетона в режиме on line — это проблема, над решением которой работают инженеры и ученые во всех развитых странах мира.

В компании Concretex Ltd (Израиль) созданы новые принципы мониторинга твердения и упрочнения цементно-бетонных композиций, оборудование для их реализации, основанное на кондуктометрических измерениях состояния жидкой проводящей фазы в формирующейся капиллярно-пористой структуре материала [1–3].

**Обоснование метода.** Жидкая фаза обладает чрезвычайно важным свойством: она всегда находится в термодинамическом равновесии с твердой фазой, на которой она адсорбирована, или которой абсорбирована. Именно поэтому физически связанная вода является наиболее информативным компонентом водно-силикатных дисперсий. Изменение ее состояния адекватно отражает закономерности упрочнения на всех стадиях твердения.

Очевидно, что именно этим объясняется существование устойчивых корреляционных зависимостей  $S=f(\rho)$  между прочностью цементно-бетонных композиций  $S$  и их электропроводностью  $\rho$  (сопротивлением  $R$ ) [4–6] и др. Предположительно основой корреляций является взаимосвязь электропроводность → пористость → прочность. Однако, во-первых, до сих пор отсутствует строгое физическое обоснование такой взаимосвязи; во-вторых, экспериментальные исследования в подавляющем большинстве случаев ограничены изучением упрочнения цементных паст и растворных смесей, а кондуктометрические исследования бетона практически не проводились.

Обобщение результатов огромного количества работ, посвященных определению прочности капиллярно-

но-пористых тел, позволяют утверждать, что соотношение прочность ( $S$ ) — пористость ( $\Pi$ ) определяется степенной зависимостью вида:

$$S = S_0 \Pi^n \quad (1)$$

для цементно-бетонных [7, 8], керамических [9], в том числе и для металло-керамических [10], материалов.

Определение прочности как функции пористости цементного камня (бетона) начинается с введенного в 1897 г. R. Feret соотношения цемент — пространство [11]: «После экспериментов, проведенных на очень большом количестве образцов раствора, был установлен следующий закон: для всех серий образцов пластичного раствора, изготовленных на одном и том же цементе и инертном песке, прочность при сжатии при одинаковой продолжительности хранения в идентичных условиях есть единственная функция коэффициента:

$$\left( \frac{V_C}{V_W + V_A} \right) \text{ или } \left( \frac{V_C}{1 + (V_C + V_S)} \right) \quad (2)$$

для песка любой природы и размеров зерен и соответствующего соотношения составляющих композицию цемента, инертного песка и воды».

Здесь  $V_C$ ,  $V_W$ ,  $V_S$ ,  $V_A$  — абсолютные объемы цемента, воды, песка и воздуха соответственно.

Современные представления о характере зависимости  $S=f(\Pi)$  для твердеющих минеральных вяжущих и бетонов базируются на различных определениях их пористости.

Так, согласно развитой Т. Пауэрсом [7] концепции геля — пространство, пористость, определяющая прочность цементного камня, — это отношение объема цементного геля  $V_G$  к сумме объемов геля и капиллярного пространства  $V_{SC}$ .

А.Е. Шейкин [8] использует вместо пористости величину относительной плотности, связанную со степенью завершенности химической реакции гидратации цемента.

Следует подчеркнуть, что в обоих случаях речь идет о влажном материале, поры которого содержат структурированную жидкую фазу; это принципиально отличает зависимость  $S=f(\Pi)$ , полученные в [7, 8] от формулы (1), которая определяет прочность полностью сформированной и обезвоженной (!) капиллярно-пористой



Рис. 1. Общий вид измерительного блока системы ConTest-8

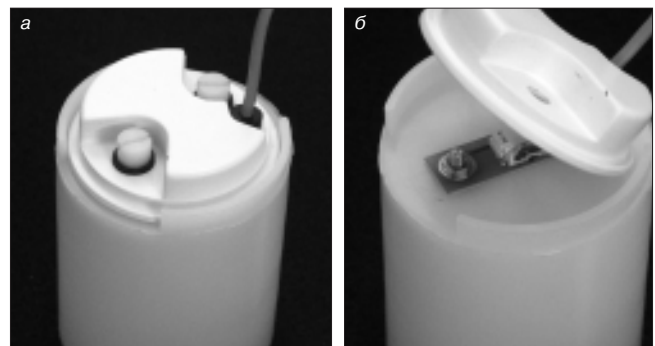


Рис. 2. Конструкция датчиков-контейнеров



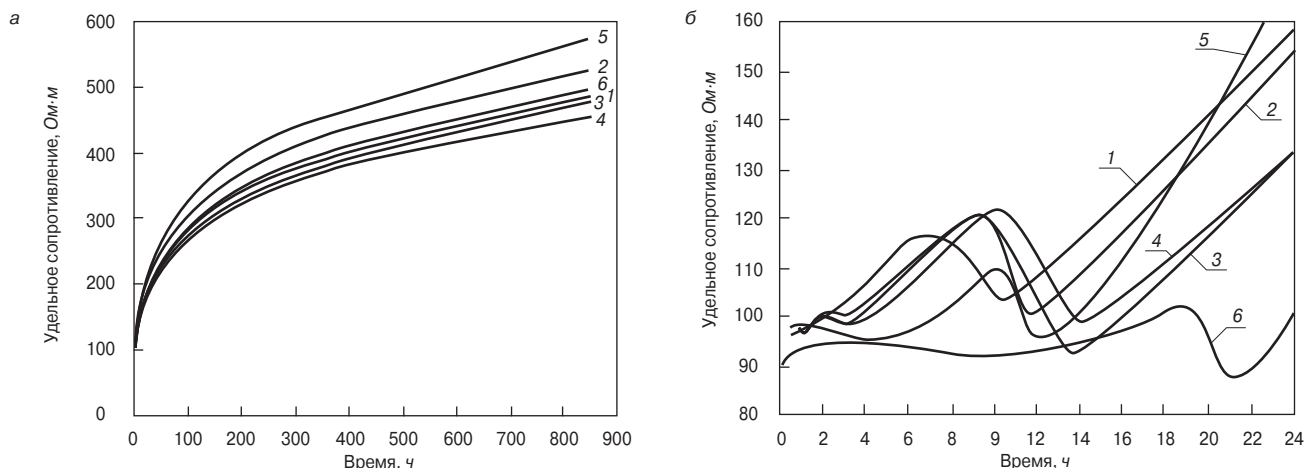


Рис. 3. Изменение удельного электрического сопротивления: а – во всем диапазоне твердения бетона; б – на ранней стадии твердения бетона. 1 – Тн-М; 2 – Тн-0,5; 3 – Тн-1,0; 4 – Тн-1,5; 5 – Тн-2,0; 6 – Тн-3,0

структуры с фиксированными физико-механическими свойствами.

Г. Арчи [12], изучая электрофизические свойства скальных пород, насыщенных проводящей жидкостью, получил следующее соотношение между электропроводностью  $\rho$  и пористостью  $\Pi$ :

$$\rho = \frac{\rho_0 \Pi^a}{k}, \quad (3)$$

где  $\rho_0$  – проводимость поровой жидкости;  $a$  и  $k$  – константы.

В дальнейшем формула Арчи была применена для изучения твердения цементных паст и растворов [5, 13] и др.; в частности, в [13] приведены следующие значения констант для цементного раствора:  $a = 0,126$  и  $m = 5,77$ .

Формула (3) может быть получена также аналитически, путем анализа проницаемости капиллярно-пористого тела, насыщенного проводящей жидкостью, на основании закона Пуазейля [8].

Объединив зависимости (1) и (3), получим выражение, устанавливающее взаимосвязь между прочностью цементного камня и удельным электрическим сопротивлением поровой жидкости (электролита):

$$S = \text{const} \cdot S_0 R^k, \quad (4)$$

где  $\text{const} = (a/\rho_0)^k$ , а показатель степени  $k = -n/m$ .

**Аппаратура ConTest-8.** Для практического использования применяется измерительная система Contest-8, которая одинаково успешно может быть использована в цементной промышленности, на заводах товарного бетона и сборного железобетона, а также непосредственно на строительных объектах. Система может быть использована в качестве оперативного и надежного средства технологического контроля для стабилизации производства, уменьшения потерь материалов, оптимизации трудозатрат и т. д.

Contest-8 базируется на измерении электрического импеданса цементных паст, растворов и бетонных смесей в процессах их твердения. Основным элементом является блок электронного контроля (рис. 1), позволяющий одновременно принимать и передавать информацию с восемью чувствительных датчиков-контейнеров. Конструкция ССИ позволяет работать одновременно с восемью измерительными каналами или раздельно с каждым из них.

Специальные датчики-контейнеры объемом 380 см<sup>3</sup> представляют собой цилиндры, изготовленные из полиэтилена (рис. 2). С целью стабилизации потока электричества между двумя электродами, расположенными на дне датчика, цилиндр разделен специальной перегородкой, отношение высоты которой  $h$  к высоте датчика-контейнера  $H$  равно  $h/H = 0,65$ . В нижней части датчика-контейнера на контактной панели рядом с электродами расположен термистер для измерений температуры твердеющего материала с точностью 0,1°C. Конструкция датчиков-контейнеров позволяет размещать их непосредственно внутри строительных изделий и конструкций, а также рядом с ними, например в камерах тепловой обработки. Блок электронного контроля посредством кабеля USB соединен с компьютером.

Математическое обеспечение включает в себя систему управления, методику обработки и калибровки, хранение результатов в базе данных и графическое представление результатов в режиме on-line.

Одновременно с измерением электрического импеданса исследуемой смеси – бетона или раствора в каждом канале осуществляется измерение ее температуры. Величина температуры позволяет учесть ее влияние на прочность и другие параметры, используя соответствующую методику обработки сигналов.

**Влияние добавки-замедлителя.** В качестве иллюстрации рассмотрим результаты контроля твердения и

**Сравнение характерных времен при определении сроков схватывания бетона**

Образец	Сроки схватывания по методу Proctor, ч		Сроки схватывания по методу Concretec Ltd., ч		
	Начало	Конец	$R_{EFF}$ (max)	$R_{EFF}$ (min)	$t$ (max)
Тн-М	6,3	7,2	6,8	10,8	9,8
Тн-0,5	8,4	8,9	8,7	11,9	10,7
Тн-1,0	8,1	9,9	9,6	13,9	12,9
Тн-1,5	10,3	11,4	10,3	14,8	13,5
Тн-2,0	10,2	11,9	10,4	12,6	11,9
Тн-3,0	19,5	20,8	18,9	21,4	20,2

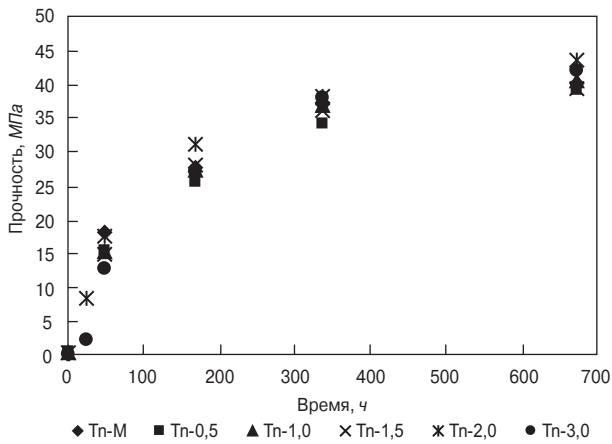


Рис. 4. Изменение прочности бетонов с различным содержанием добавки-замедлителя

упрочнения бетона состава Ц : П : Ш = 1 : 2,46 : 4,27 при В/Ц = 0,7 (цемент СЕМ I-52,5N). Бетонная смесь модифицировалась добавкой – замедлителем твердения типа Reobild-300; количество добавки составляло 0; 0,5; 1; 1,5; 2,5 и 3% массы цемента. Твердение проводилось при температуре 20°C.

Кондуктометрический контроль твердения осуществлялся непрерывно в течение 28 сут (рис. 3, а). Одновременно контролировался рост прочности бетона путем стандартных измерений в 1, 2, 7, 14 и 28 сут (рис. 4).

Детальный анализ кривых  $R_{EFF}=f(\tau)$ , которые на рис. 3а выглядят монотонными, показывает, что изменение эффективного электрического сопротивления  $R_{EFF}$  на ранней стадии твердения (в течение первых 24 ч) происходит немонотонно (рис. 3, б), что связано с интенсивным развитием химико-структурных превращений в бетоне на этой стадии, и прежде всего с процессами схватывания.

Сопоставление времени фиксирования экстремальных точек на кривых  $R_{EFF}=f(\tau)$  (рис. 3, б) с результатами определения сроков схватывания стандартным методом Proctog (ASTM C-403) показывает хорошее соответствие обоих методов (см. таблицу, рис. 5).

Сопоставление результатов на рис. 3, а и 4 показывает, что характер изменения удельного электрического сопротивления при твердении бетона отражает закономерности структурообразования и упрочнения материала.

Действительно, сопоставление значений прочности при сжатии, измеренных в возрасте 1, 2, 7, 14 и 28 сут, и соответствующих величин эффективного электрического сопротивления позволило получить весьма высокий уровень корреляционной взаимосвязи  $S - R_{EFF}$ ;

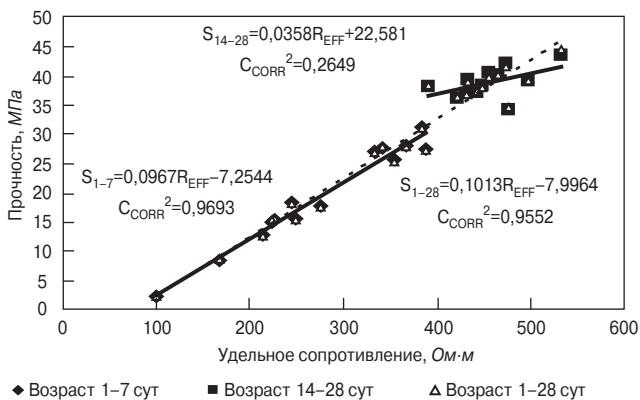


Рис. 6. Корреляции прочность – удельное электрическое сопротивление для бетонов с различным содержанием добавки-замедлителя

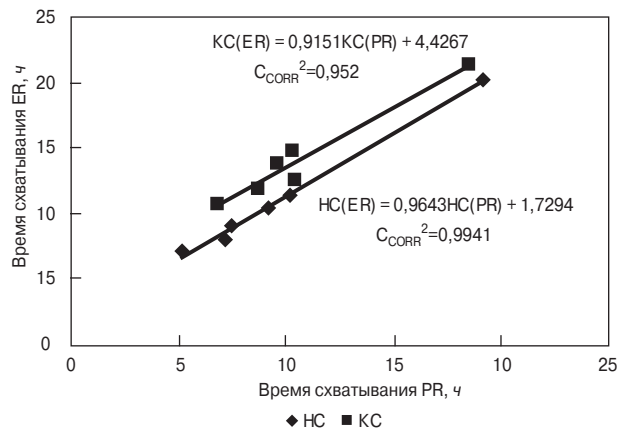


Рис. 5. Корреляция между значениями сроков схватывания, определенных стандартным (PR) и кондуктометрическим (ER) методами (НС – начало схватывания, КС – конец схватывания)

коэффициент корреляции  $C_{CORR}=0,964$  (пунктирная линия на рис. 6). В то же время видно, что в области высоких значений прочности разброс результатов существенно выше. Поэтому весь массив экспериментальных данных разделен на две части: на рис. 6 представлены корреляции для ранней (в возрасте 1, 2 и 7 сут) и поздней (в возрасте 14 и 28 сут) прочности.

Видно, что уровень корреляционной взаимосвязи  $S - R_{EFF}$  для ранней (до 7 сут) прочности очень высок,  $C_{CORR}=0,985$ ; в то же время поздняя прочность весьма плохо коррелируется с электрическим сопротивлением,  $C_{CORR}=0,375$ .

Столь низкий уровень корреляционной взаимосвязи в этом случае объясняется тем, что на более поздних этапах твердения ( $\tau \geq 14$  сут) проводящая (жидкая) фаза в объеме бетона уже не является непрерывной дисперсионной средой, в ней имеются многочисленные разрывы сплошности. В результате состояние структурированной влаги уже не соответствует параметрам пористости затвердевшего материала. В силу этого исчезает строгое физическое соответствие между измеряемыми значениями  $R_{EFF}$  и прочностными свойствами бетона.

Очевидно, что высокий уровень корреляции на раннем этапе твердения до 7 сут позволяет с достаточно высокой точностью экстраполировать прочность бетона и на более зрелый возраст. Практически такое прогнозирование может быть выполнено уже на основании результатов, полученных в 1–2-е сут твердения.

**Влияние температуры.** Кондуктометрические измерения при твердении бетона проводились с помощью измерительной системы Contect-8 при температуре  $t=10, 20, 30, 40, 50$  и  $60^\circ\text{C}$ . Датчики-контейнеры содержались в специальной камере при  $t=\text{const}$  в течение 7 сут. Измерение удельного электрического сопротивления осуществлялось непрерывно с шагом 6 мин (рис. 7, а). Для предотвращения испарения влаги из датчиков-контейнеров их верхние поверхности закрывали специальными крышками.

Одновременно в камере твердели стандартные образцы-кубы. Прочность при сжатии определяли в возрасте 24, 48, 72, 96 и 168 ч (рис. 7, б). Сопоставление величины прочности при сжатии с соответствующими значениями удельного электрического сопротивления представлено на рис. 8.

Анализ зависимостей прочность – удельное сопротивление показывает существование двух диапазонов температуры, в которых влияние температурного фактора на характер упрочнения бетона проявляется по-разному.

Так, в области  $t=10-40^\circ\text{C}$  функционал  $S=f(R_{EFF})$  аппроксимируется логарифмической зависимостью с коэффициентом корреляции  $C_{CORR}=0,965$ , которая

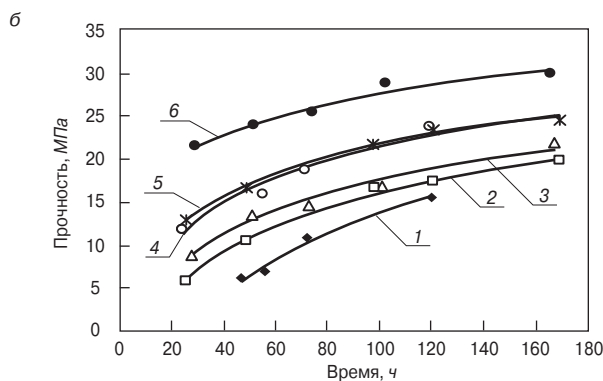
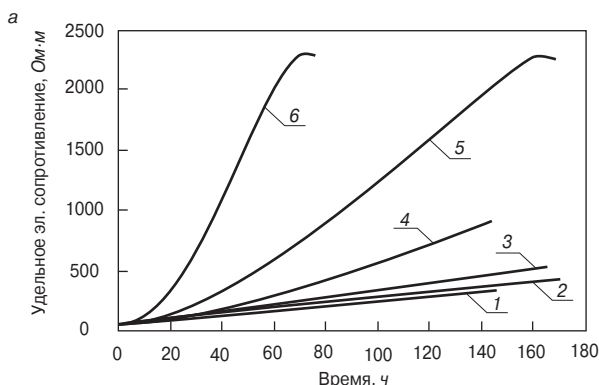


Рис. 7. Процесс твердения бетона при различной температуре: а – изменение удельного электрического сопротивления; б – упрочнение бетона. 1 – 10°C; 2 – 20°C; 3 – 30°C; 4 – 40°C; 5 – 50°C; 6 – 60°C

может быть заменена линейной корреляцией также достаточно высокого уровня ( $C_{CORR} \approx 0,92$ ). В то же время в области  $t = 50-60^\circ\text{C}$  функция  $S = f(R_{EFF})$  однозначно логарифмическая при коэффициенте корреляции  $C_{CORR} = 0,975$ .

**Некоторые практические приложения.** В настоящее время технология Concretex Ltd. применяется в проектах различной направленности. На цементном заводе Pova ská cementáren (Словакия) измерительная система Contest-8 используется для стабилизации производства клинкера и повышения качества цемента. В исследовательском центре факультета гражданского строительства технологического колледжа Shamoon (г. Беер-Шева, Израиль) система Contest-8 применяется при разработке специальных бетонов на базе быстротвердеющих вяжущих и при мониторинге их свойств в чрезвычайно агрессивных условиях окружающей среды на предприятиях химической промышленности в районе Мертвого моря. В компании Chemocrete Ltd. (Cemex Group) система Contest-8 применяется для оценки свойств различных химических добавок и их влияния на сроки схватывания и характер упрочнения бетонных смесей, модифицированных этими добавками, с целью разработки рекомендаций при использовании на строительных объектах. В компании Nesher Ltd. (CRH Group) система Contest-8 применяется для сравнительной оценки свойств цементов и влияния этих свойств на сроки схватывания и удобоукладываемость бетонных смесей, используемых строительными компаниями. На одном из объектов система Contest-8 использована для установления момента достижения бетоном крупноразмерных объемных элементов заданной прочности (10 МПа), позволяющей производить их распалубку и транспортирование на строительный объект. На факультете гражданского строи-

тельства и охраны окружающей среды Израильского технологического института (г. Хайфа) осуществляется долгосрочный совместный проект, конечной целью которого является разработка нового стандарта на применение технологии Concretex Ltd. и измерительной системы Contest-8 в строительной отрасли.

Список литературы

1. Shtakelberg D.I., Boiko S.V., Wilge B.I. Methods and apparatus for nondestructive control and forecasting concrete strength. US Patent No 6396265 on may 2002.
2. Shtakelberg D.I., Boiko S.V., Wilge B.I. Method, apparatus and system for forecasting strength of cementitious material. US Patent No 7181978 on januar 2007.
3. Shtakelberg D.I., Wilge B.I., Boiko S.V., Milman O. Methods, apparatus and system for monitoring hardening and forecasting strength of cementitious material. US Patent No 7225682 on june 2007.
4. Beek A. van, Breugel K. van, Hilhorst M.A. Monitoring system for hardening concrete based on dielectric properties. Creating with concrete. Utilizing ready-mixed concrete and mortar. Dundee, 1999. Pp. 303–312.
5. Backe K.R., Lile O.B., Lomov S.K. Characterizing curing cement slurries by electrical conductivity. SPE Drilling & Completion, December 2001. Pp. 2001–2007.
6. Trimbak P.V., Jolicoeur C., Khayat K.H. Multi-probe conductivity method for monitoring time-dependet processes in fresh cementitious and other slurry systems. Canada Patent: CA 2322931, 2002.
7. Powers T.C. The Non-evaporable Water Content of Hardened Portland-Cement Paste – Its Significance for Concrete Research and Its Methods of Determination. ASTM Bulletin № 158 (may 1949). Pp. 68–76.
8. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. М.: Стройиздат, 1979. 344 с.
9. Kingeri W.D. The physics and chemistry of ceramics. Proc. Symp. Penn. State univ. N.-Y.: Gordon and Breach Science Publ., 1963. Pp. 286–305.
10. Бальшин М.Ю. Зависимость механических характеристик порошкообразных материалов от их пористости и свойства пористых металлокерамических материалов // ДАН СССР. 1949. Т. 34. № 5. С. 831–834.
11. Feret R. Etudes Sur la Constitution Intime des Mortiers Hidrauliques // Bulletin de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale. 1987. Vol. 2. 5-th series. Pp. 1591–1625.
12. Archie G.E. The electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. Trans., AIME. 1942. № 146. P. 54.
13. Christensen B.J. and al. Impedance spectroscopy of hydrating cement-based materials: measurement, interpretation and application // J. Amer. Ceramic Soc. 1994. Vol. 77. № 11. P. 2789.

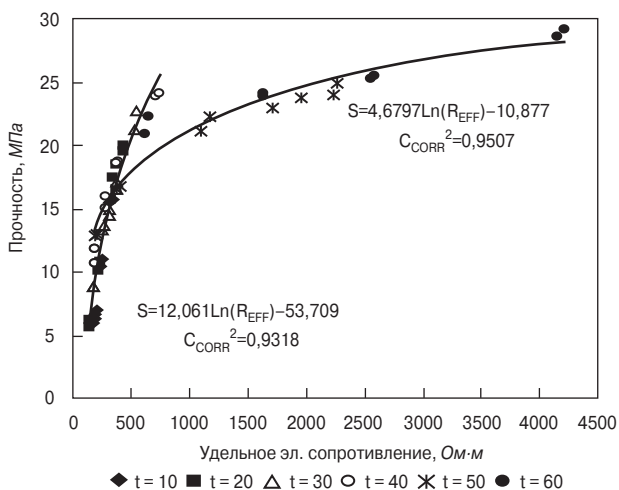


Рис. 8. Зависимость прочность – удельное сопротивление при твердении бетона в диапазоне температуры 10–60°C

С.В. ФЕДОСОВ, д-р техн. наук, член-корр. РААСН,  
А.М. ИБРАГИМОВ, д-р техн. наук, С.А. НЕСТЕРОВ, инженер,  
Ивановский государственный архитектурно-строительный университет

## Моделирование тепловых процессов при монолитном бетонировании с учетом теплового эффекта гидратации цемента

Технология монолитного бетонирования в современных условиях строительства приобретает все более широкое развитие [1, 2]. Вместе с тем срок службы конструкций и сооружений во многом определяется проектными решениями по выбору рациональных режимов бетонирования. Ошибки при подборе состава бетона, режимов укладки, тепловой обработки, теплоизоляции могут привести к незамеченной закладке пороков, которая неизбежно проявится негативным образом при работе будущей конструкции в условиях внешних нагрузок [3, 4].

Одним из факторов, существенно влияющих на качество бетона, является тепловой эффект гидратации цемента. В работе [5] показано, что влияние этого эффекта в расчетах тепловых процессов, протекающих при монолитном бетонировании, весьма существенно.

Ниже излагается математическая модель теплопереноса в неограниченной пластине с учетом распределенного теплового источника. Эта модель характерна для процессов бетонирования плит в опалубке, а также может быть применена и для других технологий, например тепловлажностной обработки бетонных изделий.

Запишем краевую задачу теплопроводности для неограниченной пластины с действующим тепловым источником для системы, описанной нами в [5]:

$$\rho c \frac{\partial t(x, \tau)}{\partial \tau} = \lambda \frac{\partial^2 t(x, \tau)}{\partial x^2} + q_{VT}, \quad \tau > 0, \quad 0 < x < R; \quad (1)$$

$$t(x, 0) = t_0; \quad (2)$$

$$\frac{\partial t(0, \tau)}{\partial x} = 0; \quad (3)$$

$$\alpha [t_c - t(R, \tau)] = \lambda \frac{\partial t(R, \tau)}{\partial x}, \quad (4)$$

где  $\rho$  – плотность, кг/м<sup>3</sup>;  $c$  – теплоемкость, Дж/(кг·К);  $\lambda$  – теплопроводность, Вт/(м·К);  $q_{VT}$  – объемная мощность источника теплоты, обусловленная тепловым эффектом гидратации цемента, Дж/(м<sup>3</sup>·с);  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К). Уравнение (2) означает начальное условие, характеризующее распределение температуры по толщине пластины в момент времени. Уравнение (3) является условием симметрии для центра пластины. Условие (4), являющееся граничным условием третьего рода, означает равенство тепловых потоков на границе пластины с внешней средой или опалубкой.

Введем безразмерные переменные вида:

$$T(\bar{x}, Fo) = \frac{t_c - t(x, \tau)}{t_c - t_0}; \quad \bar{x} = \frac{x}{R}; \quad Fo = \frac{\alpha \tau}{R^2}, \quad (5)$$

где  $\bar{x}$  – безразмерная координата;  $Fo$  – тепловой критерий Фурье;  $\tau$  – время;  $R$  – половина толщины пластины, м;  $\alpha$  – коэффициент теплопроводности, м<sup>2</sup>/с;  $T$  – безразмерная температура.

С учетом принятых обозначений система (1)–(4) преобразуется к виду:

$$\frac{\partial T(\bar{x}, Fo)}{\partial Fo} = \frac{\partial^2 T(\bar{x}, Fo)}{\partial \bar{x}^2} - Po; \quad Fo > 0; \quad 0 \leq \bar{x} \leq 1; \quad (6)$$

$$T(\bar{x}, 0) = 1; \quad (7)$$

$$\frac{\partial T(0, Fo)}{\partial \bar{x}} = 0; \quad (8)$$

$$\frac{\partial T(1, Fo)}{\partial \bar{x}} = -Bi \cdot T(1, Fo), \quad (9)$$

где  $Po = q_{VT} R^2 / \lambda (t_c - t_0)$  – критерий Померанцева, физический смысл которого заключается в том, что он характеризует отношение количества теплоты, выделяющейся вследствие теплового эффекта фазовых или химических превращений, к количеству теплоты, проводимому материалом вследствие теплопроводности [6];  $Bi$  – критерий Био, равный  $Bi = \alpha R / \lambda$ .

Решение задачи (6)–(9) ищем методом интегральных преобразований Лапласа [7]. В области изображений по временной переменной имеем:

$$\frac{dT(\bar{x}, s)}{d\bar{x}^2} - sT(\bar{x}, s) - \frac{Po}{s} + 1 = 0; \quad (10)$$

$$\frac{dT(0, s)}{d\bar{x}} = 0; \quad (11)$$

$$\frac{dT(1, s)}{d\bar{x}} = -Bi \cdot T(1, s), \quad (12)$$

где  $s$  – комплексная переменная.

Опуская дальнейшие преобразования, запишем окончательное решение в области изображений:

$$T(\bar{x}, s) = \frac{ch(\sqrt{s} \cdot \bar{x})}{[Bi \cdot ch\sqrt{s} + \sqrt{s} \cdot sh\sqrt{s}]} \left\{ \left( \frac{Po}{s} - 1 \right) \int_0^1 ch\sqrt{s}(1-\xi) d\xi - \right. \\ \left. - Bi \left( \frac{Po}{s\sqrt{s}} - \frac{1}{\sqrt{s}} \right) \int_0^1 sh\sqrt{s}(1-\xi) d\xi \right\} + \left( \frac{Po}{s\sqrt{s}} - \frac{1}{\sqrt{s}} \right) \int_0^{\bar{x}} sh\sqrt{s}(\bar{x}-\xi) d\xi. \quad (13)$$

Решение выражения (13) в области оригиналов имеет вид:

$$T(\bar{x}, Fo) = \frac{Po(Bi+2)}{2Bi} - 2Bi \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(Po + \mu_n^2) \cdot \cos \mu_n \cdot \cos(\mu_n \bar{x})}{\mu_n^3 [(Bi+1) \cdot \sin \mu_n + \mu_n \cdot \cos \mu_n]} \times \\ \times [(Bi^2 - 1) \cdot \cos \mu_n + 2] \cdot \exp(-\mu_n^2 Fo), \quad (14)$$

где  $\mu_n$  – корни характеристического уравнения  $\text{tg} \mu_n = Bi / \mu_n$ .

Ниже приведены графики распределения температуры по толщине конструкции в зависимости от изменения критерия  $Bi$  (рис. 1) и критерия Померанцева (рис. 2).

Данные графики иллюстрируют частные случаи распределения температуры по толщине плиты при конкретных значениях критериев  $Bi$ ,  $Fo$ ,  $Po$ . Учитывая фактические показатели (толщину конструкции, коэффициент

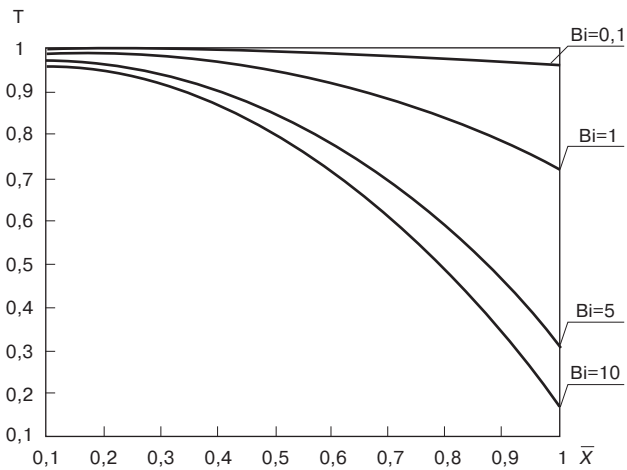


Рис. 1. График распределения температуры по толщине конструкции в зависимости от изменения критерия  $Bi$ :  $Po = 0$ ;  $Fo = 0,1$

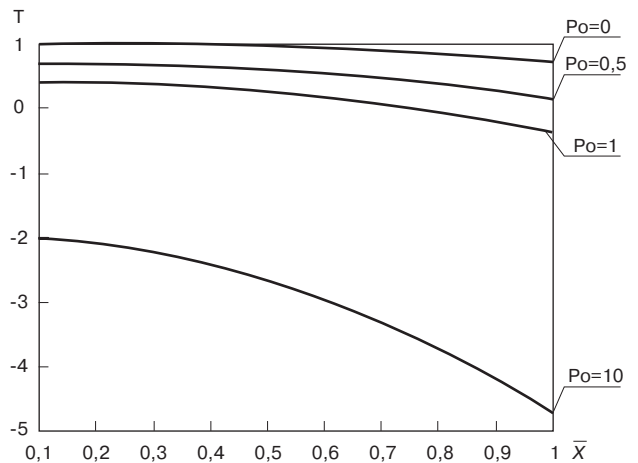


Рис. 2. График распределения температуры по толщине конструкции в зависимости от изменения критерия Померанцева  $Po$ :  $Bi = 1$ ;  $Fo = 0,1$

теплоотдачи, теплопроводность и др.), можно определить реальное распределение температуры по толщине конструкции и выбрать оптимальную интенсивность теплового воздействия для прогрева, что на данном этапе является важной инженерно-технологической задачей.

Список литературы

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. М: Изд-во АСВ, 2002. 500 с.
2. Крылов Б.А., Амбарцумян С.А., Звездов А.И. Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях. М: Красный пролетарий, 2005. 275 с.
3. Федосов С.В., Базанов С.М. Сульфатная коррозия бетона. М.: АСВ, 2003. 192 с.

4. Федосов С.В., Алоян Р.М., Ибрагимов А.М. и др. Промерзание влажных грунтов, оснований и фундаментов. М.: АСВ, 2005. 277 с.
5. Федосов С.В., Ибрагимов А.М., Нестеров С.А. Двусторонний прогрев бетона в монолитной железобетонной фундаментной плите с использованием термоактивной опалубки // Строит. материалы. 2007. № 12. С. 26–27.
6. Федосов С.В., Кисельников В.Н., Шертаев Т.У. Применение методов теории теплопроводности для моделирования процессов конвективной сушки. Алма-Ата: Гылым. 1992. 168 с.
7. Диткин В.А., Прудников А.П. Справочник по операционному исчислению. М.: Высшая школа, 1965. 466 с.

**ИНТЕРПРИБОР** Научно-производственное предприятие

ПРИБОРЫ НЕРАРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

<p><b>Пульсар-1.1/1.2</b> УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ПРИБОРЫ</p> <p>Измерение прочности, плотности и глубины трещин в бетоне и др. материалах. Дефектоскопия изделий и конструкций.</p> <p>Диапазон измерений, мес. 50...20000 Рабочая частота, кГц. 50...100</p>	<p><b>Оникс-2.5/2.6</b> ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ</p> <p>Принципиально новый многопараметрический измеритель прочности бетона и др. материалов с визуализацией и многофакторным анализом сигнала.</p> <p>Диапазон прочности, МПа 0,5...100 Погрешность измерения, % 7</p>	<p><b>ОНИКС-ОС</b> ИЗМЕРИТЕЛЬ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА</p> <p>Измерение прочности бетона открытым со сплавляющим. Исключено прожаривание анкера.</p> <p>Диапазон прочности, МПа 5...100 Макс. усадка, т.с. 8,3 Масса, кг 3,7</p>
<p><b>Бетон-Frost</b> ИЗМЕРИТЕЛЬ МОРОЗОСТОЙКОСТИ</p> <p>Ускоренное определение морозостойкости бетона (ГОСТ 10060.3-95) по образцам - кубам или веркам. Составит из измерительных камер и электронного блока.</p> <p>Время измерения, час 4...5 Количество камер, шт. 1...3</p>	<p><b>ОНИКС-СР</b> ИЗМЕРИТЕЛЬ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА</p> <p>Определение прочности бетона методом скола ребра на объектах строительства, при обследовании зданий, восток, ригелей и др.</p> <p>Диапазон прочности, МПа 5...100 Предельное усилие, кН 35 Погрешность измерения, % 2</p>	<p><b>Вимс-2</b> ВЛАГОМЕРЫ</p> <p>Измерение влажности: грунтов, песка, бетона, древесины, ... Шесть модификаций. Четыре вида датчиков.</p> <p>Диапазоны влажности, %: 0...100</p>
<p><b>Инк-2.4/Вист-2.4</b> ИЗМЕРИТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЙ И КОЛЕБАНИЙ</p> <p>Измерение частотным методом напряжений в арматуре ж/б изделий и конструкций, а также параметров колебаний виброплощадок и др. объектов.</p> <p>Измерения частоты, Гц 5...100 Напряжения, МПа 50...2000</p>	<p><b>Поиск-2.5</b> ИЗМЕРИТЕЛЬ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ</p> <p>Определение толщины защитного слоя бетона, диаметра и расположения арматуры в ж/б изделиях и конструкциях.</p> <p>Защитный слой, мм 2...170 Диаметры 3...50</p>	<p><b>Спектр-2.0</b> СЕЙСМОСТАНЦИЯ ДВУХКАНАЛЬНАЯ</p> <p>Диагностика свай и грунтов по временным и спектральным характеристикам. Локализация дефектов, определение длины свай. Сейсмопрофилирование. Режимы оффлайн-регистрации.</p> <p>Диапазоны частот, Гц 10...8000 Количество линий в спектре 1000 Масса, кг 6,3</p>

А также: системы мониторинга, дефектоскопы, вибронализаторы, адгезиметры, системы управления ТВО бетона, ...

<http://www.interpribor.ru> E-mail: [info@interpribor.ru](mailto:info@interpribor.ru)  
 г. Москва НИИЖБ тел.: (495) 174-75-13, 789-28-50  
 г. Челябинск т.ф.: (351) 729-88-85, 262-91-69, 262-91-70 г. Санкт-Петербурга тел.: (812) 998-45-86, 570-64-96

Реклама

## MC-Bauchemie Russia

Совместное российско-германское предприятие MC-Bauchemie Russia – известный разработчик проверенных на практике инновационных материалов предлагает продукцию Construction Chemicals:

- Пластифицирующие и суперпластифицирующие добавки
- Гиперпластификаторы
- Добавки для вибропрессованных изделий
- Воздухововлекающие добавки
- Добавки для кладочных растворов
- Противоморозные добавки
- Средства по уходу за оборудованием
- Косметика для бетона

**Обратитесь к нам — и мы предложим Вам решение!**

MC-Bauchemie Russia,  
Россия, 197373, Санкт-Петербург,  
пр. Авиаконструкторов, д. 35, корпус 4  
Тел.: +7 (812) 327-44-45, Факс: +7 (812) 331-93-97  
[www.mc-bauchemie.ru](http://www.mc-bauchemie.ru), [www.cc.mc-bauchemie.ru](http://www.cc.mc-bauchemie.ru)



## СТРОММАШКОМПЛЕКТ

ТОРГОВЫЙ ДОМ ЗАВОДА "СТРОММАШИНА"



Мельницы шаровые и стержневые  
Сушильные барабаны и сушильные комплексы  
Гомогенизаторы, элеваторы, конвейеры  
Циклоны, сепараторы



Оборудование для производства керамзита, гипса,  
минерального порошка, минеральной ваты, ВНВ  
Фильтры рукавные, бетоноукладчики

Россия, 443022, г. Самара, ул. 22 Партсъезда, 10А  
Тел./факс: (846) 992 10 55, 279 29 04, 992 05 79, 279 26 31, 279 28 04  
E-mail: [strommash@samtel.ru](mailto:strommash@samtel.ru)  
[www.strommashcomplect.ru](http://www.strommashcomplect.ru)



# СтройХИМИЯ2008

## V Юбилейная Международная научно-техническая конференция

“Производство и применение композиционных материалов  
строительной химии (ССС и готовые к применению полимерные составы):  
современные технологии, маркетинг, бизнес,  
организация обучения”

### 16-18 апреля 2008г

Международный Выставочный Центр (IEC)  
Броварской проспект,15, М.Левобережная, Киев, Украина

Генеральный спонсор:



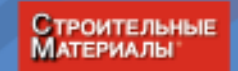
Спонсоры:



Партнеры:



Информационные партнеры:



Организаторы:

- Киевская городская администрация
- Министерство образования и науки Украины
- Министерство жилищно-коммунального хозяйства
- Министерство регионального развития и строительства
- Украинская Строительная Ассоциация
- Ассоциация производителей сухих строительных смесей Украины
- Гос НИИ строительных конструкций
- ООО "НТЦ Полирем" "Современные технологии строительной химии"

При поддержке:

- Союза производителей сухих строительных смесей России
- Ассоциации производителей сухих строительных смесей и систем утепления Беларуси
- Киевского национального университета строительства и архитектуры
- Киевского национального технического университета "КПИ"

За информацией по поводу участия обращайтесь:

ООО "НТЦ Полирем" "Современные технологии  
строительной химии"

02660, г.Киев, ул.Вискозная,3, тел./факс +38044 239 15 19, e-mail: ok@polirem.ua, www.polirem.ua

Б.В. ГУСЕВ, д-р техн. наук, член-корр. РАН,  
 Московский государственный университет путей сообщения;  
 А.С. ФАЙВУСОВИЧ, д-р техн. наук,  
 Луганский государственный национальный аграрный университет (Украина)

## Построение математической теории процессов коррозии бетона

В течение длительного времени разделы общей теории коррозии, связанные с количественным описанием особенностей протекания во времени, развивались обособленно от механики бетона и железобетона, поскольку методы расчета поврежденных коррозией конструкций не разрабатывались. В последние 10 лет ситуация существенно изменилась. В связи с запросами практики достаточно интенсивно разрабатываются методы расчета конструкций в условиях коррозионных воздействий (В.М. Бондаренко, Е.А. Гузев, И.Г. Овчинников, А.И. Попеско, И.Н. Савицкий и др.). В качестве исходных для расчета, например изгибаемых конструкций, используются текущие значения глубин полного и частичного повреждения бетона сжатой зоны. Теория коррозии в существующем виде, в котором она представлена в исследованиях последних 30 лет, не позволяет получить указанные характеристики в полном объеме. Другим недостатком теории коррозии, связанной в конечном счете с расчетом долговечности и надежности конструкций, является разработка частных моделей или эмпирических зависимостей с использованием недостаточно обоснованных расчетных схем или с использованием произвольно выбранных характеристик. Предложенные для расчетов феноменологические модели процессов коррозии содержат эмпирические коэффициенты, не имеющие физического смысла, их невозможно получить на основе материалов обследования, а создание базы справочных данных, получаемых на основе экспериментов в лабораторных условиях, учитывая многообразие видов коррозии, представляет достаточно сложную, а во многом невыполнимую задачу [1, 2].

Представляется, что решение всех вышеуказанных вопросов может быть в значительной степени облегчено путем разработки математической теории процессов коррозии, позволяющей установить параметры процессов, их взаимосвязь и разработать на указанной основе усовершенствованные методики экспериментальных исследований и соответственно инженерные методики расчета.

Развиваемое авторами направление теории коррозии характеризуется тем, что для всех видов коррозии принята единая схема процесса, принципиально отличная от изучавшихся ранее [3, 4]. В частности, принимается, что при химическом (физическом) взаимодействии агрессивной жидкости с равномерно распределенным в цементной матрице компонентом в бетоне (капиллярно-пористой среде) вокруг капилляров (пор) образуется подвижная граница химического превращения как в радиальном, так и в продольном направлениях. Таким образом, в отличие от линейной схемы, согласно которой подвижная граница зоны разрушения перемещается параллельно наружной поверхности пропорционально  $t^{1/2}$ , а переходная зона отсутствует, предполагается наличие переходной зоны с различной степенью нейтрализации бетона [3, 4].

На основе указанной схемы были построены математические модели процессов коррозии бетонов различных видов. Было установлено, что наиболее общей является математическая модель процессов коррозии в газовых средах, включающая четыре дифференциальных уравнения, из которой в качестве частных могут быть получены модели других видов коррозии. Ниже приводится характеристика основных элементов общей теории процессов коррозии.

Поровое пространство бетона рассматривается в качестве капиллярно-пористой среды. В процессе влаго- и/или массопереноса жидкой фазой заполняются макро- и мезокапилляры. Во влажной воздушной среде вследствие процессов сорбции капилляры в зависимости от их радиуса полностью или частично заполняются влагой с образованием пленок на внутренней поверхности, толщина которых зависит от относительной влажности воздуха. Далее реальная структура порового пространства заменяется моделью монокапиллярной с капиллярами эквивалентного радиуса  $r_0$ , равного отношению объема капиллярных пор к половине удельной поверхности. Таким образом, протекание процессов во всем объеме бетона в среднем совпадает с процессами в структурном элементе, представляющем собой цилиндр радиусом  $R_0$  с изолированной боковой поверхностью и расположенным в центре сквозным капилляром, к которому примыкают хаотически расположенные капилляры, по которым происходит массоперенос преимущественно в радиальном направлении [3, 4].

Математические модели процессов с подвижными границами, на которых происходят фазовые переходы или химические превращения, относятся к задачам типа Стефана. С целью упрощения дальнейшего решения рассмотрим плоскую задачу Стефана для частного случая, когда в капилляре поддерживается постоянное значение концентрации  $\tilde{C}_0$  агрессивного вещества жидкой фазы.

Уравнение баланса веществ на подвижной границе для случая газовой коррозии записывается в виде [3]:

$$\omega D \frac{\partial C}{\partial x} = -\lambda m_0 \frac{\partial \eta}{\partial t}, \quad (1)$$

где  $D$ ,  $C$  – коэффициент диффузии и концентрация агрессивного вещества в жидкой фазе;  $m_0$  – концентрация растворимого (нейтрализованного) вещества в цементном камне;  $\omega$  – объемное влагосодержание бетона в радиальном направлении;  $\eta$  – текущее значение радиуса подвижной границы ( $r_0 \leq \eta \leq R_0$ );  $\lambda$  – стехиометрический коэффициент.

Из решения соответствующей плоской задачи Стефана получено [3]:

$$\eta = (Rt + r_0^2)^{1/2}, \quad (2)$$

где

$$R = \frac{2D\tilde{C}_0\omega}{\lambda m_0}.$$



При этом скорость  $q(t)$  связывания агрессивного вещества в растворе равна:

$$q(t) = \frac{2D\tilde{C}_0\omega}{(Rt + r_0^2)} \quad (3)$$

Величина  $q(t)$  называется функцией стока.

Исходная система для описания процессов коррозии в газовых средах включает четыре дифференциальных уравнения, а граничные условия включают зависимость (1) [3, 4].

Решение пространственной задачи типа Стефана с граничным условием вида (1) возможно только численными методами, причем разработка программ представляет большие трудности. Поэтому применительно к рассматриваемому случаю был разработан алгоритм численного расчета, в соответствии с которым геометрическая и временная координаты разбиваются на определенное число интервалов, для них усредненное значение концентрации принимается постоянным. Таким образом, зависимость (1) обобщается на случай переменного значения концентрации и значение радиуса подвижной границы определяется в виде суммы приращений.

С учетом указанного пространственная задача сводится к одномерной с массообменом на ФХП (фронте химического превращения), значение которого определяется из решения плоской задачи Стефана, обобщенной на случай переменного значения концентраций.

При выводе определяющей системы уравнений учитывались только элементарные процессы, лимитирующие коррозию в целом, в данном случае это процессы массопереноса и сорбции. Принимается, что толщина пленки конденсата в капилляре в пределах глубины коррозионных воздействий является постоянной. Аналогично рассмотренному ранее в данном случае приводится постановка и решение более простой задачи, позволяющей, однако, учесть наиболее существенные особенности процесса [4]. В частности, принято, что концентрация газообразного вещества внутри капилляра равна некоторому усредненному значению  $C_{r0}$  — меньшей величины, чем  $C_{r1}$  на границе. Кроме того, принимается, что значения массообменных коэффициентов реакции сорбции внутри капилляра  $\alpha_M$  и на границе различны по величине. При этом учитывается, что величина  $\alpha_H$  пропорциональна влагосодержанию (толщине пленки конденсата).

Постановка задачи записывается в виде:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\alpha_M}{h} (C_{r0} - GC) - q(t); \quad (4)$$

$$t = 0, \quad C(x, 0) = 0; \quad (5)$$

$$x = 0, \quad \frac{\partial C(0, t)}{\partial x} = 0; \quad (6)$$

$$x = l, \quad D \frac{\partial C}{\partial x} + \alpha_H (C_{r1} - C) = 0; \quad (7)$$

$$\frac{1}{h} = \frac{2(r_0 - \delta)}{\delta(2r_0 - \delta)},$$

где  $C$ ,  $C_{r0}$ ,  $C_{r1}$  — соответственно концентрации агрессивного вещества в жидкой и газообразной фазах внутри капилляра и на границе;  $G$  — коэффициент Генри;  $h$  — отношение площади сечения водной пленки к периметру ее внутренней поверхности;  $\tilde{C}_0$  — усредненное значение концентрации агрессивного вещества в жидкой фазе для фиксированных значений координат.

Решение уравнения (1) с учетом (5–7) имеет вид:

$$C(x, t) = U_0 + \omega(x) + v(x, t) + v_r. \quad (8)$$

Оно включает общее и частное решение. С учетом краевых условий получено:

$$\omega(x) = Nch\beta x, \quad (9)$$

где

$$N = \frac{\alpha_H(U_1 - U_0)}{\alpha_H ch\beta l - D\beta sh\beta l}; \quad \beta = \sqrt{\frac{\alpha_M G}{Dh}}; \quad U_0 = \frac{C_{r0}}{G}; \quad U_1 = \frac{C_{r1}}{G};$$

$$v(x, t) = -\sum_{n=1}^{\infty} M_n \exp\left[-\left(\frac{\alpha_M G}{h} + \frac{D\mu_n^2}{l^2}\right)t\right] \cos\mu_n \frac{x}{l}; \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

$$M_n = A_n \left( \frac{U_0 \sin\mu_n}{\mu_n} + N\beta_n \right); \quad A_n = \frac{4\mu_n}{2\mu_n + \sin 2\mu_n};$$

$$\mu_n \operatorname{tg} \mu_n = \frac{\alpha_H G l}{D}; \quad \beta_n = \frac{\beta l \sin \beta l \cdot \cos \mu_n + \mu_n ch \beta l \cdot \sin \mu_n}{ch \beta l (l^2 \beta^2 + \mu_n^2)}.$$

В случае малых значений чисел Фурье  $Fo_1 = DT^2/l^2$ , что в большинстве случаев выполняется, частное решение уравнения (5) имеет вид:

$$v_r = -m_0 \lambda \ln \left( \frac{Rt}{r_0^2 + 1} \right) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{M_n}{\tilde{C}_0} + \exp \left[ -\left( \frac{\alpha_M G}{h} + \frac{D\mu_n}{l^2} \right) \left( t + \frac{r_0^2}{R} \right) \right] \cos \mu_n \frac{x}{l}. \quad (10)$$

Отметим, что при  $\alpha_M = 0$ ,  $\omega = \varepsilon_k$ ,  $C_{r0} = 0$ ,  $C_{r1} = C_0$  из (8–10) в качестве частного получается решение для случая коррозии в жидкой среде. Значение  $v_r(x, t)$  характеризует изменение концентрации нейтрализованного вещества в бетоне и не может быть определено вне рассмотренной задачи. Метод последовательных приближений дает надежный способ такого решения. Нулевое приближение без учета  $q(t)$  характеризует процесс без учета массообмена в радиальном направлении. Первое приближение с учетом в  $q(t)$  нулевого решения дает несколько завышенное, а последующие приближаются к точному значению. Введем функцию повреждаемости  $\theta(x, t)$ , характеризующую степень нейтрализации бетона. Для простоты дальнейшего анализа введем обобщенные переменные:

$$\theta(x, t) = \ln(Fo_2 \cdot \varphi + 1) \sum_{n=1}^{\infty} M_n \left( \frac{1}{\tilde{C}_0} \right) \times \exp \left[ -\left( \frac{Bi_2 Dt}{h^2} + Fo_1 \mu_n^2 \right) \left( 1 + \frac{1}{Fo_2 \cdot \varphi} \right) \right] \times \cos \mu_n \frac{x}{l}, \quad (11)$$

где

$$Bi_1 = \frac{\alpha_H G l}{D}; \quad Bi_2 = \frac{\alpha_M h G}{D};$$

$$Fo_1 = \frac{Dt}{l^2}; \quad Fo_2 = \frac{D\omega}{r_0^2 t};$$

$$\varphi = \frac{2\tilde{C}_0}{\lambda m_0}; \quad \theta(x, t) \leq 1.$$

Здесь  $Bi_1$ ,  $Bi_2$  — критерии Био, характеризующие массообмен в продольном и радиальном направлениях;  $Fo_1$ ,  $Fo_2$  — числа Фурье, характеризующие протекание процесса во времени соответственно в продольном и радиальном направлениях.

Проанализируем полученные зависимости, используя справочные данные и решения аналогичного типа задач (без учета частного решения) [9].

Общее решение (8) содержит стационарный член, который в частном случае для граничного условия  $x = l$ ,  $C = U_1$  вырождается в экспоненту:

$$\omega = (U_1 - U_0) \exp[-\beta(l - x)]. \quad (12)$$

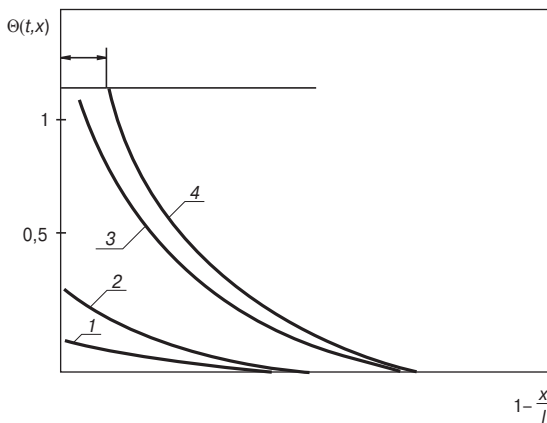


Рис. 1. Зависимость степени нейтрализации бетона от  $Fo_2$  и  $x/l$  для различных значений времени  $t_4 > \dots > t_1$

В частном решении (11) логарифмическая функция характеризует продвижение ФХП в радиальном направлении, а члены под знаком ряда – в продольном. Кроме того, следует учесть, что  $Fo_2 \gg Fo_1$ . Указанное означает, что влияние процессов, протекающих в радиальном направлении, существенно выше. В представленном решении можно выделить еще один процесс, протекающий в радиальном направлении, характеризуемый числом Фурье  $Fo_3^*$ :

$$Fo_3^* = Fo_3 \cdot Bi_2; \quad Fo_3 = \frac{Dt}{h^2}. \quad (13)$$

Поскольку значение  $Fo_3^* \gg Fo_1$ , очевидно, что его влияние на процесс существенно. Качественный анализ особенностей протекания процесса представлен на рис. 1. Вначале наблюдается рост параметра  $\theta(t, x)$ , а после достижения в сечении  $x=l$   $\theta(t, l) = 1$  происходит перемещение фронта разрушения  $h_p$ .

Оценим влияние влажосодержания  $\omega$  (относительной влажности) на процессы коррозии в газовой среде. С увеличением  $\omega$  увеличивается значение  $Fo_2$  и  $Bi_1$ , т. е. с увеличением относительной влажности растет значение  $\theta(t, x)$ . Указанное особенно важно, так как единого мнения о кинетике процесса коррозии бетона в газовых средах нет.

На рис. 2 представлены результаты обработки результатов экспериментальных данных процессов коррозии в газовой среде, содержащей соединения хлора [5]. Экспериментальные значения соответствуют средним величинам в слоях толщиной 1 см. Здесь и далее из-за отсутствия ряда справочных данных сохранена авторская форма представления данных.

Обработка результатов экспериментов выполнена с использованием зависимости (11), которая может быть представлена в виде:

$$S = A \ln(Bt + 1). \quad (14)$$

Значения  $A$  и  $B$  ясны из (11). Получено, что зависимость (14) хорошо описывает экспериментальные данные. На рис. 3 представлена зависимость распределения хлоридов по глубине слоя для различных значений времени.

Из полученных данных следуют два важных факта, имеющих принципиальное значение. Наличие логарифмической зависимости подтверждает справедливость схемы коррозии с образованием подвижной цилиндрической границы химического превращения. Также подтверждается факт наличия переходной зоны. Аналогичные результаты получены в работах для случая карбонизации бетонов в газовых средах [6, 7].

Определенное представление о глубине переходной зоны может быть получено из зависимости (12).

На рис. 4 представлены результаты обработки экспериментальных данных для случая коррозии в жидких

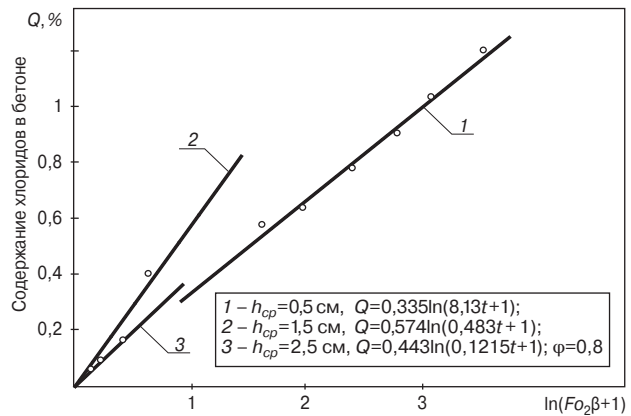


Рис. 2. Распределение содержания хлоридов по глубине бетона в зависимости от продолжительности процесса  $t$

средах [5]. Кроме того, обработан еще ряд экспериментальных данных о коррозии в жидких средах из [5] и получено также хорошее соответствие экспериментальных и теоретических результатов. Данные о переходной зоне отсутствуют, но сравнение зависимостей (12) для случая газовой коррозии и коррозии в жидких средах ( $Fo_3^*$ ,  $\alpha_M = 0$ ,  $\delta = r_0$ ,  $U_1 = C_0$ ) показывает, что в последнем случае величина переходной зоны значительно меньше.

Остановимся на анализе предлагаемых зависимостей для описания глубины зоны разрушения бетона при коррозии в газовых средах [8, 9]. В них сравниваются зависимости типа  $At^{1/2}$  и  $At^{1/3}$ . Анализ экспериментальных данных, выполненных ранее Л.А. Вандаловской, показал, что на начальной стадии лучше согласуется с экспериментальными данными первая, а на заключительной – вторая зависимость. На рис. 5 показаны результаты экспериментов, обработанные с учетом зависимости (12). В данном случае также имеется хорошее соответствие расчетных и экспериментальных данных на всем интервале значений времени. Таким образом, сравниваемые зависимости являются лишь частными аппроксимациями общей теоретической зависимости. Причем коэффициент  $A$  в действительности не является константой, а определяется значением ряда в (11), т. е. изменяется по глубине зоны коррозии.

Использование для расчетов уравнения (4) без учета двух последних членов в правой части и введение вместо значения  $D$  эффективного коэффициента диффузии  $D_{эф}$  не позволяет сколько-нибудь повысить точность

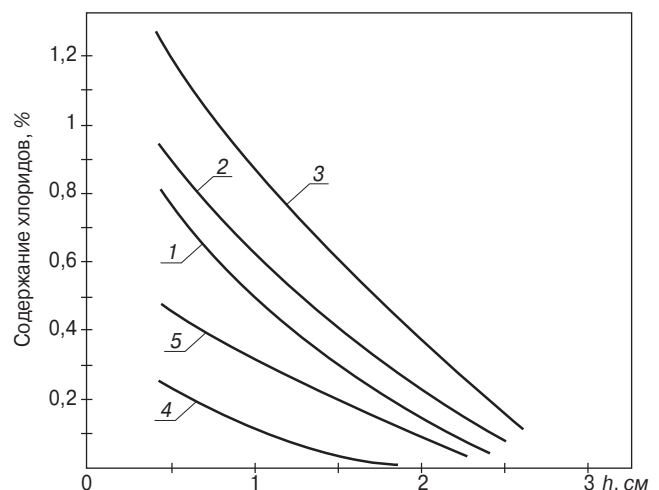


Рис. 3. Распределение содержания хлоридов по глубине слоя бетона: для  $\phi = 0,8$  1 –  $t = 1,333$ ; 2 –  $t = 2,08$ ; 3 –  $t = 4,08$ ; для  $\phi = 0,5$  4 –  $t = 2,08$ ; 5 –  $t = 10,08$  лет

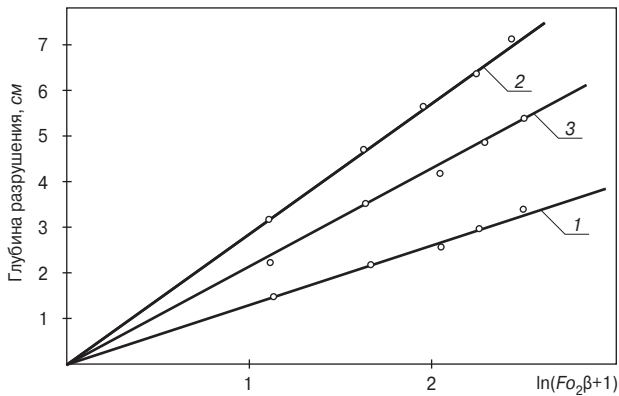


Рис. 4. Кинетика процессов коррозии бетона в растворах серной (1) и молочной кислот (2, 3): 1 – бетон W8, pH=2; 2, 3 – W8 и W20;  $C_f=9$  г/л  $h_1=1,313\ln(0,222t+1)$   $h_2=2,87(0,21t+1)$   $h_3=2,19(0,221t+1)$  t, лет

расчетов, так как в этом случае он учитывает целый ряд структурных, массообменных и др. характеристик, т. е. имеет смысл эмпирического коэффициента. Введение целого ряда дополнительных поправочных коэффициентов не может дать должного эффекта, поскольку они в большинстве случаев не имеют четкого физического смысла. Так, в ряде экспериментов зависимость глубины разрушения бетона определялась в зависимости от водоцементного фактора, а также без учета размеров испытываемых образцов и т. д. Очевидно, что использование физически и химически необоснованных параметров не позволяет удовлетворительно описать процесс.

Выводы:

- разрабатываемая авторами в течение ряда лет теория процессов коррозии бетона в различных средах хорошо согласуется с имеющимися экспериментальными данными, отвечает требованиям универсальности и позволяет получать в полном объеме данные для расчетов;
- теория позволяет усовершенствовать методики проведения экспериментальных исследований, так как содержит перечень физически (химически) обоснованных параметров, характеризующих процесс, и устанавливает взаимосвязи между ними;
- в конечном счете теория может стать научной основой для разработки надежных методов определения параметров, используемых в расчетах бетонных и железобетонных конструкций и сооружений.

**Список литературы**

1. *Гарибов Р.Б., Овчинников И.Г., Маринин А.Н.* Моделирование напряженно-деформированного состояния железобетонных конструкций при совместном воздействии хлоридной коррозии и карбонизации // Бетон и железобетон. 2007. № 6. С. 25–29.
2. *Бондаренко В.М.* Предложения к теории силового сопротивления поврежденных коррозией железобетонных конструкций // Труды РААСН. 2006. Т. 2. С. 23–27.
3. *Гусев Б.В., Кондращенко В.И., Маслов Б.П., Файвусович А.С.* Формирование структуры композиционных материалов и их свойства. М.: Научный мир, 2006. С. 165–278.
4. *Гусев Б.В., Файвусович А.С.* Математическая модель процессов коррозии в газовых средах // «Строительное материаловедение. Теория и практика». Мат-лы Всерос. научн.-практ. конф. РИА, МГУПС. М.: Изд-во СИП РИА, 2006. С. 72–76.
5. *Розенталь Н.К.* Коррозионная стойкость цементных бетонов низкой и особо низкой проницаемости. М.: ФГУП ЦПП, 2006. 510 с.
6. *Maekawa K, Ishida T., Kishi T.* Multi-scale Modeling of Concrete Performance. Integrated Material and

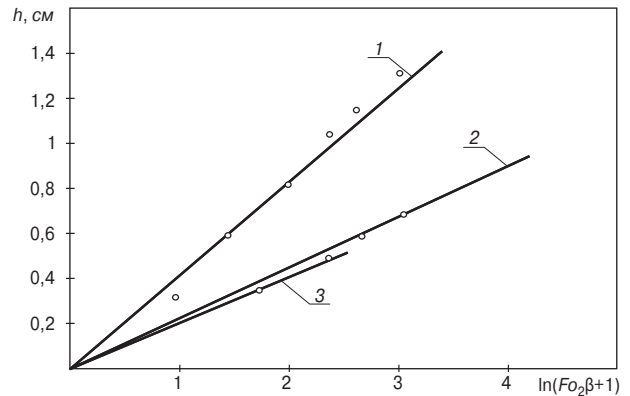


Рис. 5. Кинетика карбонизации в газовой среде: 1 – В/Ц=0,6; 2 – В/Ц=0,5; 3 – В/Ц=0,4;  $h_1=0,409\ln(6,68t+1)$ ;  $h_2=0,223\ln(10t+1)$ ;  $h_3=0,218\ln(1,5t+1)$  (данные Л.А. Вандаловской)

Structural Mechanics // Journal of Advanced Concrete Technology. 2003. Vol. 1. No. 2. P. 91–126.

7. Service Life Prediction of Concrete Structures. Sydney: Austroads, 2000. 79 p.
8. *Луцык Е.В., Латыпов В.М.* Обеспечение гарантированной долговечности железобетонных конструкций при воздействии углекислого газа воздуха // Мат-лы междунар. конф. «Проблемы долговечности зданий и сооружений в современном строительстве». Санкт-Петербург. 10–12 окт. 2007. С. 98–104.
9. *Анваров А.Р., Латыпов Т.В., Латыпов В.М.* Учет химического взаимодействия при построении математических моделей коррозии бетона // Там же. 10–12 окт. 2007 г. Санкт-Петербург. С. 43–50.
10. *Лыков А.В.* Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 599 с.

**СТРОИТЕЛЬНАЯ ВЫСТАВКА**

**ЧЕРНОМОРСТРОИ**

**АНАПА**

**22–24 НОЯБРЯ**

---

**СТРОИТЕЛЬСТВО. БЛАГОУСТРОЙСТВО**

**ЕВРОРЕМОНТ**

**МУНИЦИПАЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО**

**ТЕПЛОЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Генеральный спонсор

**МСО**  
Международная Строительная Организация

**РОСТЭКС**  
ВЫСТАВКИ ЮГА РОССИИ

Т/ф: (863) 240-32-60  
rostex@aanet.ru  
www.rostex-expo.ru

## Оптимизация составов бетонов высокоэффективными поликарбоксилатными пластификаторами

Снижение дозировки цемента при производстве бетонов всегда являлось целевой функцией задачи оптимизации состава бетонной смеси. Это важно как с экономической точки зрения, так и с точки зрения повышения характеристик бетонов, в частности снижения их ползучести и усадочных деформаций.

Экономическая сторона вопроса становится особенно актуальной в последнее время в связи с интенсивным ростом цен на цемент. Если несколько лет назад даже применение недорогого отечественного суперпластификатора С-3 было экономически оправданно только для высокомарочных бетонов, то при действующих в настоящее время ценах на цемент экономически эффективными становятся даже дорогие европейские поликарбоксилатные гиперпластификаторы.

Важность задачи снижения дозировки цемента в составах товарных бетонов с целью снижения усадочных деформаций и ползучести под нагрузкой также возрастает в последнее время. Это связано с неуклонно растущей долей монолитного строительства, в котором применяются высокоподвижные бетоны марок по подвижности П4 и даже П5. Такие подвижные бетоны без высокоэффективных пластификаторов должны содержать большое количество цемента, что приводит к большому усадочным деформациям и нежелательным трещинам в конструкциях.

Для оценки целесообразности замены в обычных бетонах широко распространенных в России пластификаторов на основе нафталиноформальдегидных смол и лигносульфонатов на высокоэффективные поликарбоксилатные гиперпластификаторы, поставляемые компанией «МетаПро», были проведены сравнительные испытания различных суперпластификаторов для бетонов.

Испытаниям были подвергнуты растворные смеси, содержащие 40% цемента и 60% песка. Примерно такое сочетание можно наблюдать в подвижных бетонных смесях. Добавление к этой смеси 100% крупного заполнителя превратит ее в классический бетон.

В процессе испытаний исследовалась пластифицирующая способность различных пластификаторов, а

также возможность снижения дозировки цемента при сохранении исходной подвижности раствора и водоцементного отношения за счет применения различных суперпластификаторов.

В настоящем исследовании использовались два жидких поликарбоксилатных гиперпластификатора под условным названием РС-1 (поставляется ЗАО «МетаПро») и РС-2 (производства стран ЕС) и нафталинсульфоформальдегидный суперпластификатор С-3.

Специалистам хорошо известна проблема избирательности многих пластификаторов (различной эффективности с разными видами цемента), поэтому испытания были проведены на бездобавочном цементе ПЦ500Д0 и на цементе, содержащем 10% высокоактивной алюмосиликатной добавки – метакаолина (ВМК).

На рис. 1 приведена зависимость подвижности растворной смеси от различных дозировок испытываемых пластификаторов. Очевидно, что поликарбоксилатные гиперпластификаторы показывают значительно более высокую эффективность по сравнению с С-3.

Кроме того, эффективность С-3 и РС-2 снижается в два раза на цементе с добавкой по сравнению с бездобавочным цементом. Совместимость пластификатора РС-1 с различными цементами оказалась существенно выше, и он почти не снизил своей эффективности в присутствии алюмосиликатной добавки.

Но значительно больший интерес представляют стоимостные данные увеличения подвижности смеси за счет применения различных пластификаторов. Вывод, который можно сделать из рис. 2: несмотря на высокую эффективность, применение поликарбоксилатных гиперпластификаторов существенно менее экономически выгодно для повышения подвижности бетонных смесей с заданным количеством портландцемента по сравнению с применением экономичного С-3.

Рассмотрим возможность снижения дозировки цемента при сохранении исходной подвижности раствора и водоцементного отношения за счет использования различных дозировок суперпластификаторов.

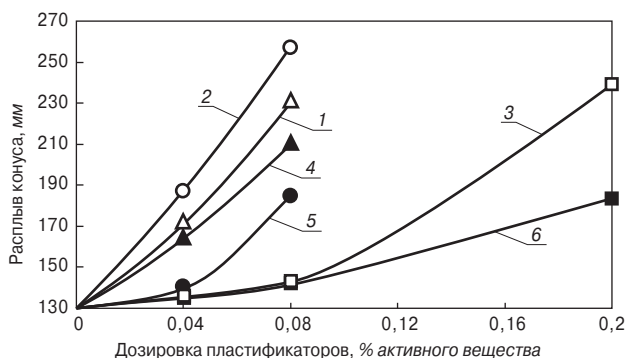


Рис. 1. Зависимость подвижности смеси от количества пластификатора: 1 – РС-1, бездобавочный цемент; 2 – РС-2, бездобавочный цемент; 3 – С-3, бездобавочный цемент; 4 – РС-1, смесь с ВМК; 5 – РС-2, смесь с ВМК; 6 – С-3, смесь с ВМК

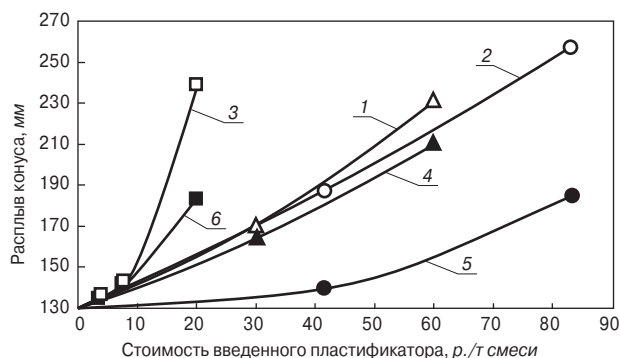


Рис. 2. Зависимость подвижности смеси от количества пластификатора в стоимостных показателях: 1 – РС-1, бездобавочный цемент; 2 – РС-2, бездобавочный цемент; 3 – С-3, бездобавочный цемент; 4 – РС-1, смесь с ВМК; 5 – РС-2, смесь с ВМК; 6 – С-3, смесь с ВМК

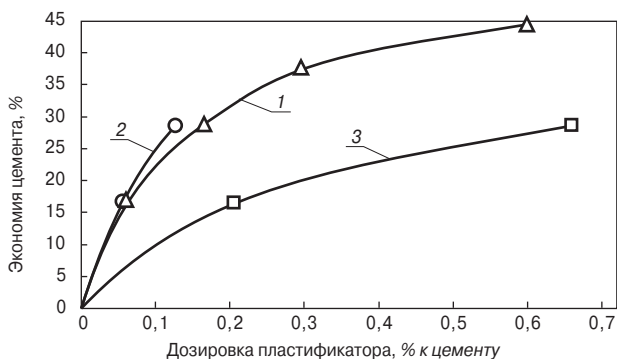


Рис. 3. Зависимость экономии цемента от количества пластификатора: 1 – PC-1; 2 – PC-2; 3 – C-3

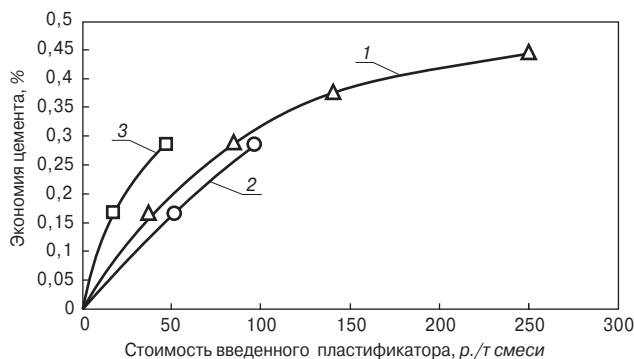


Рис. 4. Зависимость экономии цемента от стоимости введенного пластификатора: 1 – PC-1; 2 – PC-2; 3 – C-3

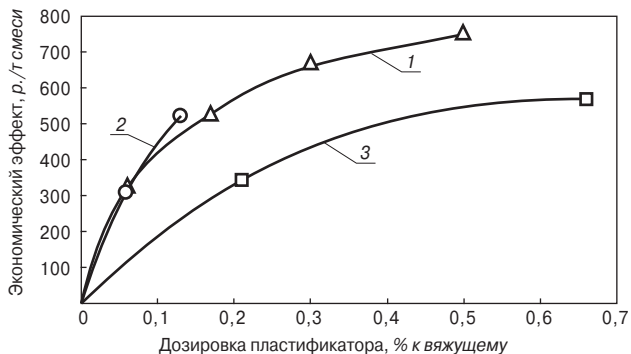


Рис. 5. Экономический эффект в зависимости от дозировки пластификатора: 1 – PC-1; 2 – PC-2; 3 – C-3

На рис. 3 видно, что пластификатор PC-1 позволяет снизить дозировку цемента в полтора раза больше, чем это позволяют сделать C-3 и PC-2. При этом если дозировку C-3 дальше повышать нецелесообразно из-за негативного влияния на свойства бетона, то повышение дозировки PC-2 уже не позволяет получить связную подвижную смесь с меньшим количеством цемента.

В данном случае также интересно рассмотреть экономическую сторону вопроса. На рис. 4 показана стои-

мость снижения дозировки цемента за счет различных пластификаторов.

Теперь, зная стоимость снижения дозировки цемента и цену цемента, мы можем подсчитать экономический эффект от применения различных пластификаторов (рис. 5). График показывает, что применение поликарбоксилатного гиперпластификатора, который в несколько раз дороже, чем C-3, позволяет получить положительный экономический эффект.

Таким образом, при цене на портландцемент 5,5 тыс. р. за 1 т и более становится экономически целесообразным применение высокоэффективных поликарбоксилатных гиперпластификаторов, которые уже позволяют добиться существенной экономии цемента по сравнению с применением менее эффективных нафталинсульфоформальдегидных суперпластификаторов. При этом дополнительное снижение дозировки цемента положительно скажется на таких характеристиках бетона, как его усадочные деформации и ползучесть под нагрузкой.

Этот вывод подтверждается рядом производителей бетона, которые полностью перешли на применение поликарбоксилатных гиперпластификаторов и получили от этого дополнительную экономию, повысив качество производимого бетона.



Профессиональные решения для строительной отрасли

- Поликарбоксилатные гиперпластификаторы для бетонов и сухих строительных смесей
- Высокоактивный метаксаолин – современная пуццолановая добавка
- Эфиры целлюлозы
- Редиспергируемые полимерные порошки
- Формиат кальция
- Другие продукты строительной химии

**Офис продаж:**  
115093, 1-й Щипковский пер., д. 4, Москва, Россия  
Тел./факс: (495) 737-00-22  
e-mail: info@meta-pro.ru

**Технический центр:**  
г. Подольск, ул. Плещеевская, 15  
Тел.: (495) 500-09-20, доб. 175  
e-mail: TC@Meta-Pro.ru

[www.meta-pro.ru](http://www.meta-pro.ru)

М.Е. ЮДОВИЧ, канд. хим. наук, А.Н. ПОНОМАРЕВ, канд. техн. наук,  
С.И. ГАРЕЕВ, инженер, ООО «НТЦ Прикладных нанотехнологий» (Санкт-Петербург)

## Поверхностно-активные свойства модифицированных пластификаторов

В работе [1] была показана принципиальная возможность регулирования свойств пластичности целой группы суперпластификаторов поликарбоксилатного и нафтенного рядов при использовании углеродных наномодификаторов. Целью настоящей работы является более глубокое исследование данного явления на примере пластификаторов одного типа и одного конкретного наномодификатора. В качестве объектов исследования были выбраны суперпластификаторы ViscoCrete 5600 NPL, ViscoCrete 20 HE, ViscoCrete 5 NEU. Наномодификаторами служили углеродные наночастицы фуллероидной природы астралены® [2], обладающие наиболее выраженным эффектом не только при наномодификации бетонных смесей, но и в других областях материаловедения [3]. Использовалась также описанная ранее [1] методика встряхивающего столика.

Было выполнено около двухсот опытов на смесях различного состава, причем наиболее выраженный эффект показал суперпластификатор ViscoCrete 5NEU. Также была сделана попытка оценить влияние состава цементно-песчаной смеси (соотношение цемент:песок) на величину эффекта изменения пластичности. Часть полученных результатов по расплыву конуса на встряхивающем столике приведена в табл. 1.

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что усиление пластифицирующих свойств при наномодификации уменьшается в бедных цементно-песчаных смесях. Нельзя не отметить также, что во всех случаях наблюдается немонотонная (с максимумом) зависимость вели-

чины эффекта от концентрации наномодификатора. Это соответствует общим закономерностям проявления действия астраленов в других средах [4].

Влияет наномодификация пластификатора на прочность бетона [1]. Об этом свидетельствуют данные табл. 2, полученные на балочках 40×40×160 мм в возрасте 28 сут.

В целом, однако, приходится констатировать тот факт, что метод определения расплыва конуса на встряхивающем столике (ГОСТ 310.4–89) не обеспечивает получения достаточно объективных данных. Результаты этого метода зависят от множества факторов. Например, они зависят от температуры и влажности окружающей среды, от качества перемешивания, от влажности инструмента, качества (возраста) цемента, модуля крупности и влажности песка и многих других.

В связи с этим была предпринята попытка оценить изменение свойств суперпластификатора при наномодификации астраленами с помощью альтернативных методов. В качестве таковых были выбраны методы измерения поверхностного натяжения и краевого угла смачивания.

Поверхностное натяжение измерялось методом пластинки Вильгельми с помощью весов, изготовленных по специальному заказу в механических мастерских института Макса Планка (Германия). Калибровка весов выполнялась по тридистиллированной воде при температуре 22°C.

Измерялось поверхностное натяжение на границе суперпластификатор ViscoCrete 5 NEU – воздух. Концентрации введенных дисперсией астраленов составили в пять раз меньшую величину, чем те, которые реально использовались в экспериментах по расплыву. Это связано с известной неустойчивостью коллоидов при более высокой концентрации углеродных частиц. Полученные величины приведены в табл. 3, их относительная погрешность составляет 0,3%.

Можно видеть, что изменения величины поверхностного натяжения при вариации концентрации астраленов невелики и почти укладываются в погрешность опыта. Однако общее изменение уровня  $\gamma$  по сравнению с чистым пластификатором значительно даже при очень малых количествах углеродных частиц. Данный факт свидетельствует об отрицательной избыточной адсорбции молекул поликарбоксилата на границе раздела. Таким образом, граница раздела оказывается обогащенной молекулами воды и, возможно, углеродными наночастицами, что положительным образом должно влиять на снижение трения между частицами цемента в цементном тесте.

Измерение краевого угла смачивания выполнялось на установке, включающей в себя оптическую скамью со смонтированными на ней специальной кюветой и держателем для цифрового аппарата Minolta Dimage Z10. Изучалась граница суперпластификатор – покровное стекло. Состав стекла (натриево-силикатное) весьма близок к составу цемента, что позволяет с достаточной степенью достоверности экстраполировать полученные закономерности на реальную ситуацию затворения бетонной смеси водой с пластификатором.

Таблица 1

Расплыв конуса в мм

Содержание пластификатора, % массы цемента	Содержание модификатора, % массы цемента	Ц = 27% В/Ц = 0,44	Ц = 30% В/Ц = 0,28	Ц = 35% В/Ц = 0,23
–	–	116	109	105
0,6	–	190	177	171
0,6	0,001	200	204	211
0,6	0,003	209	201	258
0,6	0,005	206	191	225

Таблица 2

Содержание пластификатора, % массы цемента	Содержание модификатора, % массы цемента	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$R_{сж}$ , МПа
–	–	2112	54,2
0,6	–	2230	64,6
0,6	0,003	2172	64,1
0,6	0,005	2206	72,3

Таблица 3

Концентрация астраленов, мас. %	Поверхностное натяжение $\gamma$ , мН/м <sup>2</sup>
–	35,3
0,05	37,3
0,1	37,2
0,15	37,4

Таблица 4

Концентрация астраленов, мас. %	Краевой угол $\theta$ , град
–	15,8±0,05
0,05	15,8±0,05
0,1	12,7±0,04
0,15	12,3±0,04

Фотографии капель обрабатывались на компьютере с помощью пакета программ, включающего в себя ACDSee 5.0 для обработки изображения; Graph Digitizer 2.16 для оцифровки границы капли; Table Curve для построения огибающей капли; Maple Curve для дифференцирования и нахождения значения производной в точке контакта трех фаз.

Для каждого образца измерения выполнялись по семь раз, с тем чтобы усреднить погрешности эксперимента. Значение доверительной вероятности при статистической обработке задавалось равным 0,9. Полученные результаты представлены в табл. 4.

Можно видеть, что при увеличении концентрации наномодификатора значительно улучшается смачивание суперпластификатором поверхности силикатного стекла.

Этот эффект наряду с рассмотренным выше изменением поверхностного натяжения в значительной степени объясняет факт улучшения свойств пластичности, обеспечиваемых поликарбоксилатными суперпластификаторами при их наномодификации углеродными частицами фуллероидной природы.

Констатируя это обстоятельство, однако, нельзя не отметить, что все же остается неясным механизм изменения надмолекулярной структуры поверхностных слоев водного раствора полимера, которым является пластификатор. В этом направлении, по мнению авторов, следует продолжать исследования.

Работа поддержана грантом РФФИ № 06-08-00246.

**Список литературы**

1. Юдович М.Е., Пономарев А.Н., Великоруссов П.В., Емелин С.В. Регулирование свойств пластичности и прочностных характеристик литых бетонов // Строит. материалы. 2007. № 1. С. 56–57.
2. Пат. 2196731 РФ, С2, 7 СО1В31/02. Полиэдральные многослойные углеродные наноструктуры фуллероидного типа / Пономарев А.Н., Никитин В.А. Заявлено 21.09.2000. Опубл. 20.01.2003. Бюл. № 4. 2004.
3. Пономарев А.Н. Технологии микромодификации полимерных и неорганических композиционных материалов с использованием наномодификаторов фуллероидного типа // Труды Международной конференции ТПКММ. Москва, 27–30 августа 2003 г. С. 508–518.
4. Косицкий Д.В., Юдович В.М., Юдович М.Е., Пономарев А.Н. Влияние фуллероидных наночастиц – астраленов на водопоглощение эпоксидной смолы // Журнал прикладной химии. 2004. Т. 77. В. 8. С. 1398–1400.

5-я Международная научно-практическая конференция

**Опыт производства и применения  
ячеистого бетона автоклавного твердения**

20–22 мая 2008 г.

Республика Беларусь, Гродно

Организаторы

- Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь
- Научно-исследовательский институт строительных материалов (УП НИИСМ)
- Редакция журнала «Архитектура и строительство»
- Научно-исследовательское республиканское унитарное предприятие по строительству (РУП «БелНИИС»)
- Научно-производственное общество с ограниченной ответственностью «Стринко»

При информационной поддержке журнала «Строительные материалы»® (Россия)

- 20 мая Пленарное заседание конференции и посещение производства Гродненского комбината строительных материалов (оборудование немецкой фирмы «Верхан»).
- 21 мая Посещение производства ОАО «Сморгоньсиликатобетон» (оборудование немецкой фирмы «Маза-Хенке»).
- 22 мая Работа по секциям:  
«Создание (модернизация) заводов по производству ячеистого бетона автоклавного твердения»;  
«Новые архитектурно-строительные системы. Особенности проектирования объектов на основе каркаса с наружными ограждающими конструкциями из ячеистого бетона»

Заявку на участие в конференции просим выслать до 1 мая 2008 г.

Оргкомитет

220005 Республика Беларусь, г. Минск, ул. Платонова, д. 22, к. 705  
Телефон/факс: 8-10 (375-17) 292-49-56, 292-79-44, моб. (8-10-375-29) 611-66-20  
E-mail: bsr@telecom.by

# ПЕРЕДОВЫЕ ИТАЛЬЯНСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ КЕРАМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПЯТОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКЕ

# Т

## ехнокерамика'2008

проводимой в рамках выставки МОСБИЛД

Москва, Экспоцентр на Красной Пресне,  
павильон 5, залы 1-2  
1-4 апреля 2008 г.



IRE  
Институт Внешней  
Торговли Италии



ACIMAC  
Ассоциация итальянских производителей  
оборудования для керамического  
производства



Ministero del Commercio Internazionale



УДК 691.53

В.В. БАБКОВ, А.И. ГАБИТОВ, доктора техн. наук,  
 А.Е. ЧУЙКИН, канд. техн. наук, А.В. МОХОВ, В.П. КЛИМОВ, инженеры,  
 А.М. ГАЙСИН, И.А. СУХАРЕВА, кандидаты техн. наук,  
 Уфимский государственный нефтяной технический университет (Республика Башкортостан)

## Высолообразование на поверхностях наружных стен зданий

Как было показано в [1, 2], источниками высокообразования на поверхности наружных стен зданий, возводимых в летних условиях, являются оксиды щелочей  $K_2O+Na_2O$  в цементе кладочного раствора или бетона стеновых блоков; известь как продукт гидратации силикатных фаз цемента, а также избыточная известь в составе известково-кремнеземистого вяжущего в силикатном кирпиче, которая растворяется и мигрирует к поверхности с последующей карбонизацией в условиях замачивания и осушения кладки; сернокислые соли ( $K_2SO_4$ ,  $Na_2SO_4$ ,  $MgSO_4$ ,  $CaSO_4$ ) в глинистом сырье и в керамическом кирпиче на его основе.

В зимних кладках картина выноса на поверхность водного раствора с выкристаллизацией продуктов высокообразования может быть более интенсивной. Кроме щелочей в кладочном растворе могут присутствовать противоморозные добавки и добавки – уско-

рители твердения, необходимые для производства работ в зимнее время года.

Вынос на поверхность растворимых продуктов не начнется до тех пор, пока не установится температура окружающего воздуха, благоприятная для размораживания раствора с присутствующими в нем растворенными продуктами, его выхода на поверхность с последующим высокообразованием. Добавки в кладочные растворы, применяемые в зимний период, обладают высокой растворимостью, подобной растворимости щелочей [1]. Объем высокообразований на наружной поверхности стены может достигать в зависимости от типа стены  $0,8 \text{ кг/м}^2$  и более.

При расчете количества продуктов, способных раствориться и выйти на наружную поверхность из кладочных растворов, следует учитывать, что противо-

Таблица 1

№ п/п	Реакции с некоторыми химическими добавками	Коэффициент связывания добавки трехвалентным алюминатом $C_3A$ или известью $Ca(OH)_2$ (по массе) $k_1$	Коэффициент выхода щелочи относительно количества связываемой добавки (по массе) $k_2$
<b>1. Противоморозная добавка <math>NaNO_2</math></b>			
1.1	$3CaO \cdot Al_2O_3 + Ca(OH)_2 + 2NaNO_2 + (10-12)H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Ca(NO_2)_2 \cdot (10-12)H_2O + 2NaOH$	0,51	0,58
1.2	$3CaO \cdot Al_2O_3 + 3Ca(OH)_2 + 6NaNO_2 + (14-31)H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3Ca(NO_2)_2 \cdot (14-31)H_2O + 6NaOH$	1,53	0,58
1.3	$2Ca(OH)_2 + 2NaNO_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 \cdot Ca(NO_2)_2 \cdot 2H_2O + 2NaOH$	1,86	0,58
<b>2. Противоморозная добавка <math>K_2CO_3</math></b>			
2.1	$3CaO \cdot Al_2O_3 + Ca(OH)_2 + K_2CO_3 + (10-12)H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaCO_3 \cdot (10-12)H_2O + 2KOH$	0,51	0,81
2.2	$3CaO \cdot Al_2O_3 + 3Ca(OH)_2 + 3K_2CO_3 + (14-31)H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaCO_3 \cdot (14-31)H_2O + 6KOH$	1,53	0,81
<b>3. Добавка – ускоритель твердения <math>Na_2SO_4</math></b>			
3.1	$3CaO \cdot Al_2O_3 + Ca(OH)_2 + Na_2SO_4 + (10-12)H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot (10-12)H_2O + 2NaOH$	0,52	0,56
3.2	$3CaO \cdot Al_2O_3 + 3Ca(OH)_2 + 3Na_2SO_4 + (14-31)H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot (14-31)H_2O + 6NaOH$	1,56	0,56
<b>4. Добавка – ускоритель твердения <math>CaCl_2</math></b>			
4.1	$Ca(OH)_2 + CaCl_2 + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 \cdot CaCl_2 \cdot H_2O$	1,5	–
4.2	$Ca(OH)_2 + CaCl_2 + 12H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 \cdot CaCl_2 \cdot 12H_2O$	1,5	–
<b>5. Добавка гипса для регулирования сроков схватывания</b>			
5.1	$3CaO \cdot Al_2O_3 + 3(CaSO_4 \cdot 2H_2O) + 25H_2O \rightarrow 3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 31H_2O$	1,91	–

Адрес объекта	Материал кладки	Условия возведения кладки	Наличие анионов и катионов					
			CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	OH <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>
Остановка «Спортивная», торговый павильон, наружная стена	Бессеровские блоки	Зимние	+++	-	++	+	++	++
Улица Дорофеева, д. 3, наружная стена	Бессеровские блоки	Зимние	-	+++	++	+/-	+	+++
Улица Гагарина, д. 7, наружная стена	Керамический кирпич	Зимние	+++	-	++	+	+++	+
Улица Жукова, д. 2/8	Керамический кирпич	Зимние	++	+++	+++	++	+/-	++
Улица Гагарина, д. 1/2	Керамический кирпич	Зимние	+++	+++	++	+/-	++	++
Улица Набережная, д. 3/2	Керамический кирпич	Зимние	+	+++	+++	++	+	+
Улица Бикбая, д. 46, наружная стена	Керамический кирпич	Зимние	-	+++	+	+	+	+++

**Примечания.** Для обозначения присутствия ионов в пробах использовались следующие обозначения: «+» – присутствие иона; «+++» – высокая концентрация ионов; «++++» – активное протекание качественной реакции; «-» – отсутствие иона. Зимняя кладка по 1, 3, 4, 5, 6 исполнялась с применением K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, по 2, 7 – с применением NaNO<sub>2</sub>. Анализ продуктов на содержание ионов NO<sub>2</sub><sup>-</sup> не проводился.

морозные добавки и добавки – ускорители твердения относятся согласно классификации В.Б. Ратинова и Т.И. Розенберг к добавкам второго класса, реагирующим с алюминатными минералами портландцемента с образованием труднорастворимых соединений. Анионы названных добавок (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup> и др.) связываются трехкальциевым алюминатом или гидроксидом кальция с образованием практически нерастворимых двойных солей, при этом катионы добавок Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> образуют значительное количество высокорстворимых щелочей. Выполненный анализ этих процессов с расчетом коэффициентов связывания добавки трехкальциевым алюминатом или известью ( $k_1 = M_{доб} / M_{C_3A}$ ;  $M_{доб} / M_{СН}$ , где  $M_{доб}$ ,  $M_{C_3A}$ ,  $M_{СН}$  – молекулярные массы участвующих в процессах химического связывания C<sub>3</sub>A и СН добавок, в соответствии со стехиометрией соответствующих реакций) и коэффициентов выхода щело-

чи относительно количества связываемой добавки ( $k_2 = M_{щел} / M_{доб}$ ) приведен в табл. 1 (реакции 1.1–4.2).

Данные этих расчетов показывают, что количество образующихся щелочей в реакциях с участием NaNO<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> составляет 0,56–0,81 от количества связываемой добавки. При этом для низкоалюминатных цементов с содержанием C<sub>3</sub>A 2–3% названные добавки окажутся химически несвязанными, так как весь объем C<sub>3</sub>A будет реализован в реакции связывания 5% гипса как регулятора сроков схватывания раствора с образованием этtringита (реакция 5.1, табл. 1). При этом среднеалюминатный (5–7% C<sub>3</sub>A) и высокоалюминатный цементы способны полностью или почти полностью связать названные добавки в двойные соли. Таким образом, для низкоалюминатных цементов растворимыми фазами, обуславливающими высолообразование, будут химически несвязанные добавки, а для средне- и высокоалюминатных цементов –

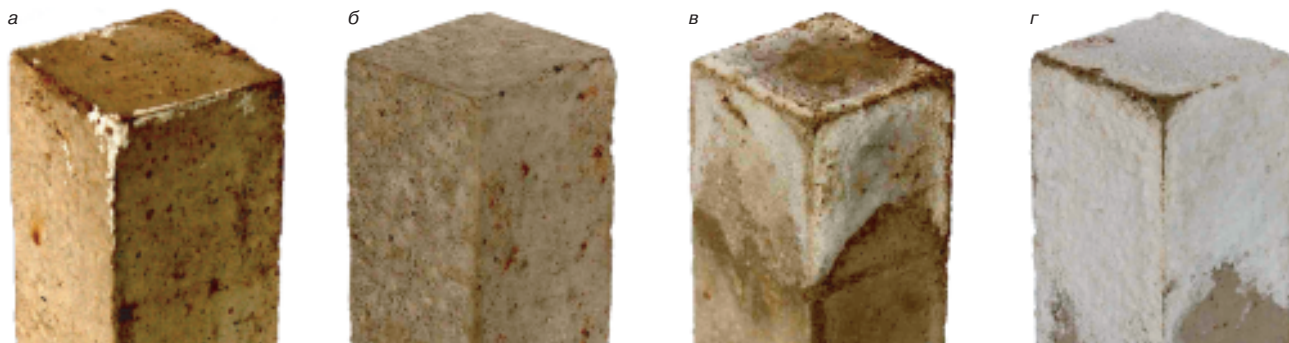


Рис. 2. Тестирование противоморозных добавок на образцах кладочных растворов: а – контрольный; б – Криопласт СП15-1; в – NaNO<sub>2</sub>; г – Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

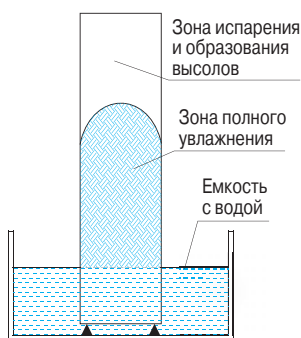


Рис. 1. Модель высолообразования

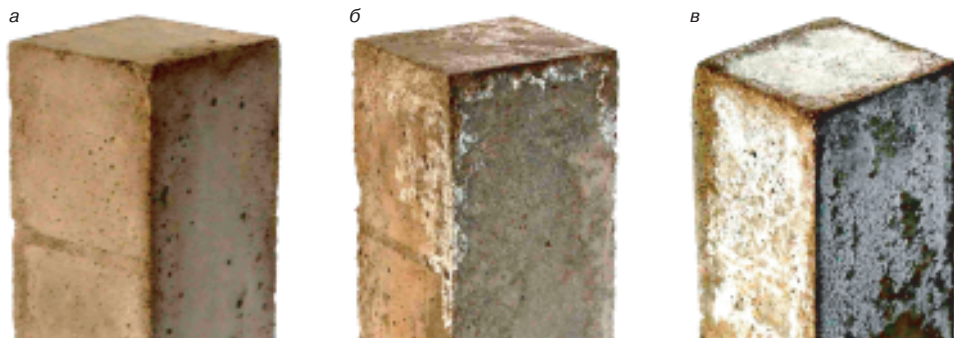


Рис. 3. Моделирование высолообразования на образцах кладочного раствора с различным В/Ц (образцы изготовлены на одном цементе): а – В/Ц = 0,35 с добавкой С-3 (0,7%); б – В/Ц = 0,6; в – В/Ц = 0,9

щелочи в количестве до 80% от количества исходной добавки по массе или комбинации щелочей и добавок в соотношении, определяемом количеством  $C_3A$  в цементе.

Данные представления о химических процессах в стеновых кладках согласуются с результатами выполненного химического анализа образцов высолов с поверхности наружных стен зданий из керамического и объемно-окрашенного силикатного кирпича, вибропрессованных бетонных блоков, возведенных как в летний, так и в зимний период. Результаты химического анализа (качественные реакции по открытию катионов и анионов) продуктов высолообразования, собранных с объектов г. Уфы, возведенных в период 2002–2007 гг., после года эксплуатации, частично приведены в табл. 2.

По предлагаемой авторами методике тестирования кладочных материалов на высолообразование в лабораторных условиях на образцах-призмах  $7 \times 7 \times 21$  см кладочных растворов и штучных стеновых изделий проводили моделирование высолообразования путем погружения образцов в вертикальном положении в емкость, наполненную водой до уровня  $1/5$  высоты образца (рис. 1).

Изучали влияние на интенсивность высолообразования кладочных растворов содержания в цементах щелочей, химических добавок (противоморозных и ускорителей твердения), активных минеральных наполнителей, а также пористости кладочного шва по показателю водоцементного отношения (В/Ц).

В результате установлено, что наибольшее высолообразование наблюдается на образцах кладочного раствора на основе цемента марки ПЦ400Д0, что соотносится с данными химического анализа по содержанию в цементах ОАО «Сода» оксидов щелочей  $Na_2O + K_2O$ .

Из химических добавок, применяемых в зимних кладках, наиболее интенсивные высолы вызывает ускоритель твердения  $Na_2SO_4$ ; яркие, но менее интенсивные

высолы вызывает противоморозная добавка  $NaNO_2$ ; добавка поташа вызывает сравнительно умеренное количество высолов; противоморозные добавки на основе формиата натрия серии Криопласт высолов не образуют (рис. 2).

На интенсивность высолообразования влияет пористость кладочного раствора. С понижением В/Ц кладочного раствора наблюдается уменьшение интенсивности высолообразования, в растворах с В/Ц до 0,35 и суперпластификаторами высолы образуются в минимальных объемах (рис. 3).

Предложенная методика контроля стеновых изделий на высолообразование была апробирована применительно к мелкоштучным стеновым изделиям и вяжущим, производимым на предприятиях Республики Башкортостан. Указанная методика легла в основу нормативного документа по контролю штучных стеновых материалов и кладочных растворов на высолообразование, разработанного по заданию Министерства архитектуры, строительства и транспорта Республики Башкортостан.

#### Список литературы

1. *Бабков В.В., Климов В.П., Сахибгареев Р.Р. и др.* Механизмы высолообразования на поверхностях наружных стен зданий из штучных стеновых материалов // Строит. материалы. 2007. № 8. С. 74–76.
2. *Розенталь Н.К., Чехний Г.В.* Причины образования и методы предупреждения образования высолов на поверхности строительных конструкций // Материалы 1-й Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона «Бетон на рубеже третьего тысячелетия». Москва, 9–14 сентября 2001. Т. 3. С. 1444–1447.
3. *Бабков В.В., Мохов В.Н., Капитонов С.М., Колохов П.Г.* Структурообразование и разрушение цементных бетонов. Уфа: Уфимский полиграфкомбинат, 2002. 376 с.

**СУПЕРПЛАСТ**  
**Добавки для бетонов**

ООО «СУПЕРПЛАСТ»  
 г.Владимир, Промышленный проезд, д.5  
 тел: 492243-02-02  
 e-mail: superplast@vlsnet.ru

г.Краснодар, ул.Круговая, 26  
 тел: (861) 222-38-96, 270-41-59,  
 222-28-10  
 e-mail: Superplast-ug@mail.ru

г.Санкт-Петербург, ул.Белый  
 Купа, д.30  
 тел: (812) 703-18-69, 703-18-70  
 E-mail: superplast-neva@ck.ru

г.Екатеринбург, ул.Ленина 24 /  
 Вайнера 8, офис 8  
 тел: (343) 359-87-79, 359-88-69  
 E-mail: superplast-ur@epn.ru

г.Волгоград, ул.  
 Краснополянская, д.57-д,  
 территория Завода Силикатного  
 кирпича  
 тел: (8442) 53-23-61  
 E-mail: superplast-vlg@mail.ru

г.Нижний Новгород, пр-т  
 Бусыгина, д.1, оф.23  
 тел: (8314) 63-89-87, 63-89-86

[www.superplast.ru](http://www.superplast.ru)    [www.himdobavki.ru](http://www.himdobavki.ru)

А.В. АРТАМОНОВ, канд. техн. наук, ГОУ ВПО Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова;  
В.Н. КУШКА, инженер, ЗАО «Урал-Омега» (г. Магнитогорск Челябинской обл.)

## Тяжелые бетоны на основе цементов различного способа помола

Центробежно-ударный способ измельчения обладает рядом преимуществ по сравнению с получением цемента в трубных (шаровых) мельницах: снижаются энергозатраты, металлоемкость, производственная площадь, температура получаемого цемента, устраняется вибрация.

При центробежно-ударном способе измельчения уменьшается содержание частиц размером 0–5 мкм и крупнее 30 мкм, увеличивается содержание средней фракции 5–30 мкм. Частицы цемента центробежно-ударного измельчения обладают высокой дефектностью, более однородны по форме, что предотвращает их агрегацию [1].

Вследствие более узкого зернового состава, цементы центробежно-ударного измельчения имеют более низкую удельную поверхность, несколько большую нормальную плотность цементного теста. Однако высокая водопотребность теста не приводит к повышению водопотребности цементно-песчаного раствора. Сроки схватывания цементного теста наступают в более отдаленные сроки по причине повышенного показателя нормальной плотности. Несмотря на это, полученные цементы соответствуют требованиям ГОСТ 10178–91. Но внедрению центробежно-ударных мельниц, взамен шаровых, мешает недостаточная изученность эффективности этих цементов в бетонах.

Ниже приводятся результаты исследований цементов центробежно-ударного измельчения в бетонах классов В15–В30, твердевших в нормальных условиях. Цементы ПЦ400 и ПЦ500 приготавливались на основе клинкера Магнитогорского цементно-огнеупорного завода (МЦОЗ) в лаборатории ЗАО «Урал-Омега», на мельнице МЦ-0,36 (МЦ) и имели активность 41,3 и 51,6 МПа. В качестве эталона использовали товарные

портландцементы МЦОЗ с активностью 39,4 и 49,4 МПа, изготовленные в шаровых мельницах (ШМ).

В качестве заполнителей использовали щебень горно-обогатительного производства ОАО ММК фракций 5–10 и 10–20 мм, песок речной с модулем крупности 3 и содержанием пылевидных частиц до 2,5%.

При приготовлении бетонных смесей, содержание щебня 5–10 мм в крупном заполнителе принимали равным 35%. Составы бетонов подбирали расчетно-экспериментальным способом. В основе подбора, использовали линейную зависимость прочности бетона от цементно-водного отношения (Ц/В). Для этого приготавливали бетонные смеси с Ц/В равным 1,43; 2 и 2,8. Бетонную смесь готовили вручную. Продолжительность смешивания составляла не менее 5 мин. Удобокладываемость и плотность смеси определяли по ГОСТ 10181.1–81. Из бетонной смеси каждого состава, формовали по три образца-куба с ребром 10 см. Уплотнение производили на лабораторной виброплощадке, по стандартному режиму в течение 20 с.

Сформованные образцы помещали в камеру с нормальными условиями твердения для определения прочности бетона в возрасте 28 сут. Свойства исследуемых составов бетонов определяли по стандартным методикам (ГОСТ 10180–90 и ГОСТ 24452–80).

На рис. 1 представлены зависимости прочности бетонов на основе цементов центробежно-ударного измельчения и равноактивных товарных цементов МЦОЗа. Эти зависимости практически идентичны.

Используя данные рис. 1, а также экспериментальные по установке водопотребностей бетонных смесей с осадкой конуса 6–8 см и их средней плотности, были определены составы товарных бетонов классов В15–В30 (табл. 1).

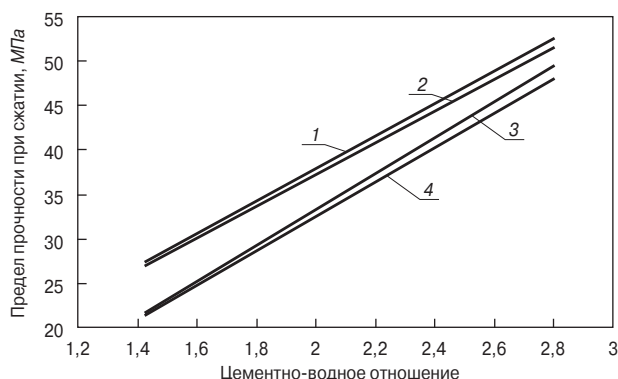


Рис. 1. Предел прочности при сжатии в зависимости от цементно-водного отношения: 1, 2 – ПЦ500, полученный соответственно в МЦ и ШМ; 3, 4 – ПЦ400, полученный соответственно в МЦ и ШМ

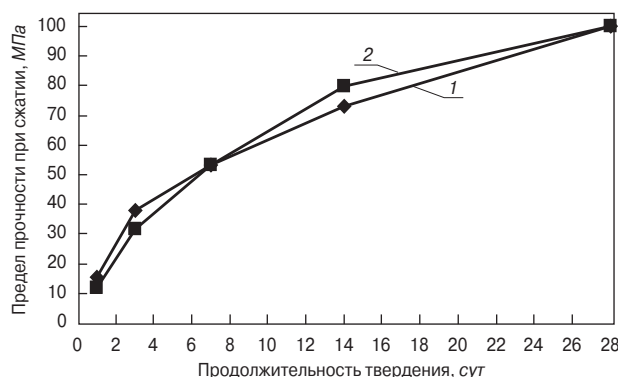


Рис. 2. Кинетика твердения бетонов класса В15, П2: ■ – цемент, полученный в ШМ; ◆ – цемент, полученный в МЦ

Таблица 1

Тип по-мольной установки	Марка цемента	Класс бетона	Ц/В	Средняя плотность смеси, кг/м <sup>3</sup>	Расход материалов, кг/м <sup>3</sup>				
					Вода	Цемент	Песок	Щебень 5–10 см	Щебень 10–20 см
МЦ	ПЦ400	B15	1,36	2505	200	273	837	418	777
		B25	1,95	2510	200	390	729	417	774
	ПЦ500	B25	1,77	2510	192	340	787	417	774
		B30	2,15	2515	195	419	709	417	775
ШМ	ПЦ400	B15	1,36	2505	205	280	832	416	772
		B25	1,95	2510	205	400	724	413	768
	ПЦ500	B25	1,77	2510	195	345	784	415	771
		B30	2,15	2515	200	430	703	414	768

Таблица 2

Тип по-мольной установки	Марка цемента	Класс бетона	Средняя прочность при сжатии R <sub>сж</sub> , МПа	Призменная прочность R <sub>пр</sub> , МПа	Прочность на раскалывание R <sub>раск</sub> , МПа	Начальный модуль упругости E <sub>б</sub> ·10 <sup>-3</sup> , МПа
МЦ	ПЦ400	B15	21,5	15,5	2,8	25
		B25	36	25,8	3,8	33
	ПЦ500	B25	34,2	23,9	3,6	31,5
		B30	41,3	28,9	4,3	34,2
ШМ	ПЦ400	B15	20,8	15	2,7	24,6
		B25	35	25,2	3,7	32,1
	ПЦ500	B25	33,8	23,6	3,7	31,1
		B30	40,7	28,4	4,2	33,8

Данные табл. 1 свидетельствуют, что равноподвижные (ОК=6–8 см) бетонные смеси на равнопрочных цементах, имеют одинаковые Ц/В-отношения и равные плотности. Однако смеси на цементах центробежно-ударного измельчения, вследствие более узкого зернового состава по сравнению с цементами шарового измельчения, имеют несколько меньшую водопотребность (на 3–5 л/м<sup>3</sup>), что обеспечивает снижение расхода вяжущего на 5–11 кг/м<sup>3</sup>.

Более узкий гранулометрический состав цемента центробежно-ударного измельчения, а вследствие этого пониженное содержание частиц мелкой фракции, обуславливает замедленное твердение в ранние сроки. Так, на рис. 2 приведена кинетика твердения бетона класса В15 на исследуемых цементах.

Из приведенных данных видно, что в возрасте 1–3 сут прочность бетона на цемент, полученном в МЦ, на 3–6% меньше, чем у бетона на товарном цементе МЦОЗ. К проектному сроку (28 сут) прочности бетонов выравниваются.

Бетонные образцы, составы которых приведены в табл. 1, после 28-суточного твердения в нормальных условиях подвергали испытаниям на сжатие, раскалывание, определение призменной прочности и начального модуля упругости (табл. 2).

Результаты испытания образцов свидетельствуют, что бетоны на цементах центробежно-ударного измельчения по средней и призменной прочности при сжатии, а также начальному модулю упругости имеют показатели не ниже стандартных показателей, устанавливаемых СНиП 2.03.01–84 для заданных классов бетона по прочности при сжатии и не уступают аналогичным показателям бетонов на основе товарных цементах. Принимая

во внимание, что прочность бетонов на местных материалах на раскалывание превышает прочность его на осевое растяжение примерно в 1,7 раза, можно утверждать, что прочность бетона на осевое растяжение также удовлетворяет требованиям СНиП 2.03.01–84 для классов бетона В15, В25, В30 и соответствует классам В<sub>08</sub>, В<sub>1,6</sub>.

Таким образом установлено:

- бетоны на основе цемента центробежно-ударного измельчения и товарных цементах МЦОЗ имеют практически идентичные зависимости R<sub>б</sub>–Ц/В;
- бетонные смеси на цементах, полученных в МЦ, вследствие более узкого гранулометрического состава, отличаются меньшей водопотребностью (для смесей с ОК = 6–8 см на 4–7 л/м<sup>3</sup>) и меньшим расходом цемента (на 4–11 кг/м<sup>3</sup>), по сравнению с аналогичными смесями на товарных цементах МЦОЗ;
- бетоны на основе цемента центробежно-ударного измельчения твердеют в начальные сроки (1–3 сут) медленнее по сравнению с аналогичными бетонами на товарных цементах МЦОЗ;
- по физико-механическим и деформативным свойствам бетоны на цементах, полученных в МЦ, не уступают аналогичным бетонам на товарных цементах МЦОЗ и удовлетворяют требованиям СНиП 2.03.01–84 для заданных классов бетона на сжатие.

**Литература**

1. Артамонов А.В., Гаркави М.С., Кушка В.Н. Гранулометрический состав портландцементов центробежно-ударного измельчения // Цемент и его применение. 2007. № 2. С. 54–56.

С.А. АХРЕМЕНКО, Н.П. ЛУКУТЦОВА, доктора техн. наук, Е.Л. КОРОЛЕВА, инженер, Брянская государственная инженерно-технологическая академия;  
А.Н. ШАМШУРОВ, канд. техн. наук, Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## Использование песка обогащения фосфоритного производства в мелкозернистом бетоне

Применение в бетонных смесях пластифицирующих добавок является одним из наиболее эффективных, универсальных и гибких способов управления технологическими параметрами бетонов и регулирования их важнейших свойств [1]. Особое место в модификации бетонов занимают суперпластификаторы. Это длинноцепочные полимеры с большим количеством полярных групп в цепи. Длинная углеводородная цепь и большая молекулярная масса способствуют их высокой адсорбции на зернах цемента. Благодаря этому электрокинетический потенциал ( $\xi$ ) изменяется от +10 до -35 мВ, что способствует дезагрегации и взаимному отталкиванию частиц цемента. Размер молекул суперпластификаторов составляет несколько нанометров, что позволяет пленке из таких молекул перекрыть микронеровности на поверхности частиц цемента и создает лучшие условия для уменьшения сил трения [2].

Особенно эффективны добавки суперпластификаторов при использовании промышленных отходов и нетрадиционного сырья. В настоящее время в отвалах Брянского фосфоритного завода скопилось более 20 млн м<sup>3</sup> песка обогащения фосфоритного производства, которые занимают площадь 117 га и находятся в городской черте.

Химический состав песка свидетельствует о преобладании оксида кремния, на долю которого приходится до 90,1% (табл. 1).

По минеральному составу песок обогащения приближается к кварцевым пескам, но дополнительно содержит глауконит (5,3–16,7%), фторапатит (1,5–1,8), иллит (0,14–0,3%) и др.

Исследование песка под микроскопом показало, что зерна кварца имеют окатанную форму, что подтверждает их морское происхождение. Кроме кварцевых зерен в состав песка входят конгломераты размерами 100–800 мкм, состоящие из сцементированных апатитом зерен кварца размерами 0,2–50 мкм. Попадаются и более крупные до 200–300 мкм.

Глауконит является продуктом разложения биотитов и относится к железистым гидрослюдам, имеет плотность 2550 кг/м<sup>3</sup>, твердость 2–2,5 по шкале Мооса, обладает слоистой структурой. Его химический состав, %: MgO – 7,628; SiO<sub>2</sub> – 37,702; CaO – 0,425; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 17,232; F<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 23,418; K<sub>2</sub>O – 9,191; Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 0,684; TiO<sub>2</sub> – 2,571; ClO<sub>2</sub> – 0,327; SO<sub>3</sub> – 0,156; MnO – 0,606, ППП – 0,06. Глауконит придает пескам обогащения зеленоватый оттенок.

Содержание пылевидных и илистых примесей не превышает 1%, что связано с гидравлическим способом удаления вмещающей породы в процессе извлечения апатитовых руд.

Для использования песка обогащения в промышленности строительных материалов были проведены комплексные исследования бетонов на его основе.

Таблица 1

Содержание оксидов, %											
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O + Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	F	ППП
83,2–90,1	1,1–1,3	1,9–2,2	0,41–0,46	0,13–0,15	1,5–2	0,3–0,5	1,1–1,2	1,2–1,4	0,2–0,4	0,11–0,13	0,42

Таблица 2

Заполнитель	Цемент	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сут			
		3	7	14	28
Песок обогащения фосфоритного производства	Мальцовский ПЦ500Д0	2,6	5,9	10,4	11,7
	Мальцовский ПЦ400Д20	1,8	5,1	9,2	10,8
	Кричевский ПЦ500Д20	3,9	7,4	11,9	11,6
	Хмельницкий ПЦ500Д0	3,5	6,7	8,1	12
Песок кварцевый	Мальцовский ПЦ500Д0	4,8	6,6	10,6	15,2
	Мальцовский ПЦ400Д20	3,8	6,4	10,1	14,8
	Кричевский ПЦ500Д20	6,0	8,2	13,8	16,9
	Хмельницкий ПЦ500Д0	5,7	7,1	9,5	15,6

Таблица 3

Заполнитель	Цемент	Подвижность бетонной смеси (ПК), мм				
		без добавок	Sika	УП-2	С-3	Muraplast FK-63
Песок обогащения фосфоритного производства	Мальцовский ПЦ500Д0	116	107	112	132	148
	Кричевский ПЦ500Д20	117	135	116	138	162
	Хмельницкий ПЦ500Д0	118	141	124	139	152
Песок кварцевый	Мальцовский ПЦ500Д0	118	132	153	165	173
	Кричевский ПЦ500Д20	120	143	173	193	213
	Хмельницкий ПЦ500Д0	119	194	169	185	207

Таблица 4

Цемент	Предел прочности при сжатии, МПа															
	без добавок				С-3, 0,7%				УП-2, 0,7%				Muraplast, 0,7%			
	3	7	14	28	3	7	14	28	3	7	14	28	3	7	14	28
Мальцовский ПЦ500Д0	2,6	5,9	7,4	11,7	4,2	6,1	10,4	13,2	3,8	4,7	11,4	13,6	4,6	8,4	16,8	18,5
Хмельницкий ПЦ500Д0	3,5	6,7	8,1	12,2	5,3	10	15,1	17,8	4,1	8,5	14,9	17	4,2	7,1	14,2	17,2

В работе применялся портландцемент различных цементных заводов: ПЦ500Д0 и ПЦ500Д20 ОАО «Мальцовский портландцемент», ПЦ500Д20 ОАО «Кричевский портландцемент» (Беларусь), ПЦ500Д0 ОАО «Хмельницкий портландцемент» (Украина).

В качестве заполнителя для мелкозернистого бетона использовался песок обогащения с  $M_k = 1,42$ , содержащий 89,7%  $SiO_2$ , и гидронамывной кварцевый песок Свенского карьера с  $M_k = 1,49$ , содержащий 96,5%  $SiO_2$ .

Мелкозернистый бетон соотношением цемент:песок 1:3 готовился по стандартной методике и твердел в нормальных условиях.

Было установлено, что бетоны на различных видах цемента с песком обогащения имеют меньшие значения прочности по сравнению с бетоном на кварцевом песке при одинаковом модуле крупности и содержании компонентов в смеси (табл. 2), а прочность бетона на песке обогащения в начальный период твердения (до 14 сут) не подчиняется логарифмическому закону. Зависимость прочности мелкозернистого бетона на песке обогащения от времени твердения описывается линейной функцией [3].

Предположение, что на процесс гидратации вяжущего оказывают влияние соединения фосфора, не подтвердилось, так как фосфор находится в связанном состоянии в составе фторапатита.

В то же время установлено, что подвижность бетонной смеси на песке обогащения меньше, чем на кварцевом песке. Это связано со способностью глауконита, содержащегося в песке обогащения фосфоритного производства, к значительному поглощению воды [4].

Для повышения подвижности бетонной смеси исследовались пластификаторы как отечественного, так и зарубежного производства: суперпластификатор С-3 и Sika ViskoCrete-5 (Австрия), комплексная добавка Универсал П-2 (УП-2) и гиперпластификатор Muraplast FK-63 (Германия). Содержание добавок варьировалось в пределах 0,25–1% от массы цемента.

Было установлено, что наибольший пластифицирующий эффект для бетонной смеси с песком обогащения достигается при использовании добавки Muraplast. Распływ конуса (ПК) увеличивается в среднем на 32%

(табл. 3). Сравнивая воздействие других добавок на бетонную смесь, следует отметить, что С-3 увеличивает подвижность на 22%, а УП-2 и Sika – на 14%. В то же время влияние добавки Muraplast на бетонную смесь с песком обогащения меньше, чем на бетонную смесь с кварцевым песком.

Влияние добавок на прочность бетона на песке обогащения фосфоритного производства с различными цеменстами представлено в табл. 4.

Суперпластификатор С-3 повышает прочность бетона на мальцовском цементе на 12,8% (с 11,7 до 13,2 МПа), на хмельницком – на 46% (с 12,2 до 17,8 МПа) по сравнению с контрольным составом без добавок.

Предел прочности при сжатии с добавкой УП-2 возрастает на 16% (с 11,7 до 13,6 МПа) на мальцовском цементе и на 43% (с 12,2 до 17,5 МПа) на хмельницком цементе.

Лучшие результаты получены при использовании добавки гиперпластификатора Muraplast. Предел прочности при сжатии увеличивается на 58% (с 11,7 до 18,5 МПа) на мальцовском цементе и на 41% (с 12,2 до 17,2 МПа) на хмельницком цементе.

Выявленный замедленный рост прочности бетона с песком обогащения в начальный период твердения на цементах различных заводов скорее связан со способностью глауконита поглощать катионы [5], что приводит к снижению концентрации  $Ca^{+2}$  в жидкой фазе. При этом процесс гидратации цемента замедляется.

Для повышения прочности бетона с песком обогащения фосфоритного производства в начальный период твердения вводились добавки – ускорители твердения:  $CaCl_2$ ,  $CaF_2$ ,  $Ca(NO_3)_2$ ,  $NaCl$ ,  $BaCl_2$  и  $Na_2SO_4$  в количестве 1% в сочетании с различными пластификаторами и комплексная добавка Реламикс. Реламикс согласно ГОСТ 24211–91 «Добавки для бетонов. Общие технические требования» относится к пластифицирующим-водоредуцирующим добавкам первой группы (суперпластификаторам) с эффектом ускорения набора прочности в ранние сроки твердения бетона.

Было установлено, что прочность мелкозернистого бетона через 3 сут твердения с добавками выше проч-

Вид песка*	Вид добавки	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сут	
		3	7
Песок обогащения фосфоритного производства	Без добавок	3,1	5,9
	CaF <sub>2</sub> 1% + Sika ViscoCrete-5 0,5%	5,2	7,3
	CaF <sub>2</sub> 1% + Muraplast 0,7%	6,9	12
	CaF <sub>2</sub> 1% + С-3 0,7%	5,2	7
	CaCl <sub>2</sub> 1% + Sika ViscoCrete-5 0,5%	6,3	7,8
	CaCl <sub>2</sub> 1% + Muroplast 0,7%	7,2	12,4
	CaCl <sub>2</sub> 1% + С-3 0,7%	6,4	8
	Реламикс 1%	9,6	13,1

\* Портландцемент ПЦ500Д0 ОАО «Мальцовский портландцемент».

ности контрольных образцов на песке обогащения в 2,3 раза с хлористым кальцием и Muraplast, в 2,2 раза с фтористым кальцием и Muraplast и в 3,1 с Реламиксом (табл. 5). Через 7 сут твердения предел прочности при сжатии был выше прочности контрольных образцов в 2,2, 2 и 2,2 раза соответственно. Наиболее эффективной для бетона на песке обогащения оказалась добавка Реламикс (1%), далее следуют CaCl<sub>2</sub> (1%) и CaF<sub>2</sub> (1%) в сочетании с Muraplast (0,7%).

Вероятно, при твердении мелкозернистого бетона с песком обогащения в присутствии хлористого и фтористого кальция скорость катионного обмена между Ca<sup>2+</sup> цементного раствора и катионами отрицательно заряженной кристаллической решетки глауконита снижается [5]. Это способствует более высокой концентрации катионов кальция в растворе и соответственно большей прочности бетонов с CaCl<sub>2</sub> и CaF<sub>2</sub>.

Использование метода планирования эксперимента позволило оптимизировать состав мелкозернистого бетона на песке обогащения фосфоритного производства в зависимости от водоцементного отношения, содержания цемента и комплексных добавок.

Для использования песка обогащения при производстве бетона в заводских условиях были разработаны технические условия ТУ 5741-001-14339618-2007 и технологический регламент на стеновые камни из мелкозернистого бетона.

Таким образом, выполненные исследования подтвердили возможность применения песка обогащения

фосфоритного производства для получения мелкозернистого бетона.

Для повышения подвижности бетонной смеси наиболее эффективной из рассмотренных пластифицирующих добавок является гиперпластификатор Muraplast, который позволяет также на 43–58% повысить прочность бетона. Для обеспечения ранней прочности бетона с песком обогащения целесообразно вводить в его состав или добавки – ускорители твердения, такие как хлористый кальций, фтористый кальций, или использовать комплексную добавку Реламикс в количестве 1%.

#### Список литературы

1. Батраков В.Г., Рогатин Ю.А. Техничко-экономическая эффективность химических модификаторов бетона и железобетона. // Обзор информации. М.: ВНИИТПИ, 1994. 65 с.
2. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. М.: Стройиздат, 1990. 400 с.
3. Лукутцова Н.П., Королева Е.Л. К вопросу об использовании техногенных отходов в промышленности строительных материалов // Вестник Полоцкого государственного университета. Полоцк, 2006. Серия В. № 9. С. 76–79.
4. Батти Х., Принг А. Минералогия. М.: Мир, 2001. 429 с.
5. Гаррелс Р.М., Крайст Ч.Л. Растворы, минералы, равновесия // Обработка дисперсных материалов и сред: Международный периодический сб. научных трудов. Одесса, 2002. Вып. 12. С. 133–149.

### Специальная литература

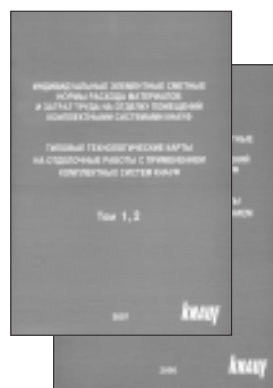
Издательство «Стройматериалы» по заказу ООО «Кнауф Сервис» выпустило

## «Типовые технологические карты на отделочные работы с применением комплектных систем КНАУФ». Том 1, 2, 3.

Разработаны ОАО «Тулаоргтехстрой», ООО «Кнауф Сервис», ООО «Кнауф Гипс Маркетинг».

Издание включает разделы:

- «Индивидуальные элементные сметные нормы расхода материалов и затрат труда на устройство перегородок, облицовок стен и подвесных потолков с использованием гипсокартонных и гипсоволокнистых листов»;
- «Индивидуальные элементные сметные нормы расхода материалов и затрат труда на штукатурные работы гипсовыми смесями Кнауф»;
- «Индивидуальные элементные сметные нормы расхода материалов и затрат труда на устройство сборных оснований под покрытия пола Кнауф ОП 13».



Технологические карты содержат ведомость потребности в материалах и изделиях и калькуляцию трудовых затрат, полный перечень необходимого инвентаря, приспособлений и инструмента, позволяющих повысить производительность труда и качество выполняемых работ.

Разработчики будут благодарны за аргументированные замечания и конструктивные предложения. По вопросам приобретения обращайтесь в издательство по тел. (495) 976-22-08, 976-20-36 или по электронной почте mail@rifsm.ru.





## Будущее керамики



21-я Международная выставка технологий и оборудования  
для производства керамики и кирпича

**30 сентября - 4 октября**  
**2008** Римини · Италия

[www.tecnargilla.it](http://www.tecnargilla.it)

RIMINI FIERA S.p.A. 47900 Rimini - Italy - Via Emilia, 155  
Тел. +39 0541 744111 - Факс +39 0541 744485 - [r.magnani@riminifiera.it](mailto:r.magnani@riminifiera.it)

Специализированные сектора:



При сотрудничестве:



Организатор:



И.Е. СЕСЬКИН, канд. техн. наук,  
Самарский государственный университет путей сообщения

## Особенности структурообразования и формирования прочности прессованного цементного камня

Среди эффективных способов повышения прочности бетона особое место занимает технология формования изделий прессованием. Объем производства и номенклатура выпускаемых изделий с использованием указанной технологии в мировой практике неуклонно повышается.

При прессовании изменение свойств исходного бетона связано с особенностями структурообразования и формирования прочности цементного камня. Эти процессы в обычном и прессованном цементном камне имеют отличительные особенности, которые до сих пор в должной мере не изучены. В представленных исследованиях делается попытка выявить некоторые явления, происходящие в цементном камне при его прессовании, а именно изменения его минерально-фазового состава, плотности и пористости. Величина прессовочного давления в проведенных опытах принималась в пределах, используемых в современных технологиях, и составляла 2 и 4 МПа.

Изучение влияния прессования на минерально-фазовый состав производилось рентгеноструктурным методом. Проведенными исследова-

ниями установлено, что минералогические составы исходного и прессованного давлением 4 МПа цементного камня практически идентичны [1]. Это позволяет утверждать, что принятый в эксперименте режим прессования цементного камня на его минерально-фазовый состав влияния не оказывает.

В то же время указанный режим прессования способствует примерно 10% росту плотности цементного камня. Даже такое небольшое увеличение плотности цементного камня при прессовании приводит к повышению его прочности более чем в 1,5 раза (рис. 1).

В диапазоне принятых в эксперименте давлений увеличение плотности происходило непропорционально росту прессовочного давления. В интервале от 0 до 2 МПа прирост плотности был интенсивнее, чем это наблюдалось при дальнейшем увеличении давления. Таким образом, можно констатировать, что повышение плотности цементного камня несколько отстает от роста прессовочного давления.

Связь между относительной плотностью  $d$  и полной пористостью  $\Pi_{ц.к}$  принято выражать алгебраической зависимостью [2]:

$$\Pi_{ц.к} = 1 - d. \quad (1)$$

Относительную плотность непрессованного цементного камня А.Е. Шейкин рекомендует определять по формуле:

$$d = \frac{1 + 0,23\alpha_n \rho_{ц}}{1 + \rho_{ц}(B/\Pi)_{осм}}. \quad (2)$$

При прессовании часть воды затворения удаляется, что приводит к снижению начального  $B/\Pi$  и степени гидратации [1], тогда для прессованного цементного камня формула (2) запишется в виде:

$$d = \frac{1 + 0,23\alpha_n \rho_{ц}}{1 + \rho_{ц}(B/\Pi)_{осм}}, \quad (3)$$

где  $\alpha_n$  – степень гидратации прессованного цементного камня;  $(B/\Pi)_{осм}$  – водоцементное отношение после прессования.

Сопоставление определенной экспериментально и расчетной относительных плотностей цементного камня показывает, что они хорошо согласуются между собой (см. таблицу). Это позволяет использовать приведенные зависимости для прогнозирования относительной плотности цементного камня, уплотненного прессованием.

Полученные по формуле (1) значения свидетельствуют, что при прессовании величина полной пористости уменьшается с 0,25 для исходного цементного камня, до 0,2 для цементного камня, твердеющего под давлением 4 МПа. Связь между полной пористостью и прочностью прессованного цементного камня носит линейный характер (рис. 2). Между указанными характеристиками установлена также достаточно тесная корреляционная зависимость, для которой парный коэффициент корреляции составляет около 0,9.

Таким образом, уплотнение цементного камня прессованием при давлении до 4 МПа способствует увеличению плотности и соответственно снижению его пористости, что позволяет примерно на 50% повысить прочность исходного цементного камня.

### Список литературы

1. Сеськин И.Е. Влияние технологии уплотнения бетона прессованием на работу конструкций. Самара: СамГАПС, 2006. 227 с.
2. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. М.: Стройиздат, 1979. 344 с.

Значения	Давление прессования, МПа		
	0	2	4
Экспериментальные	0,75	0,78	0,8
Расчетные	0,748	0,78	0,798

**Примечание.** Экспериментальные данные получены путем деления плотности цементного камня на плотность цемента  $\rho = 3000 \text{ кг/м}^3$ .

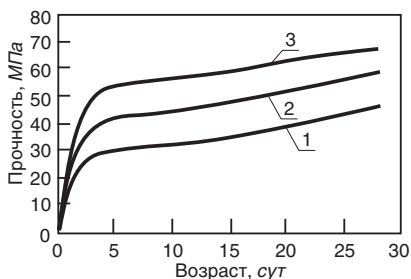


Рис. 1. Изменение прочности цементного камня в зависимости от величины давления прессования: 1 – 0; 2 – 2 МПа; 3 – 4 МПа

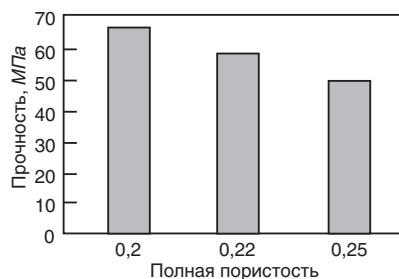


Рис. 2. Зависимость между полной пористостью и прочностью прессованного цементного камня

УДК 666.973.2

С.-А.Ю. МУРТАЗАЕВ, канд. техн. наук, З.Х. ИСМАИЛОВА, инженер,  
Грозненский государственный нефтяной институт им. М.Д. Миллионщикова  
(Чеченская Республика)

## Использование местных техногенных отходов в мелкозернистых бетонах

В Чеченской Республике накоплен огромный объем техногенных отходов. Их использование в производстве местных строительных материалов может внести весомый вклад в дело восстановления Чеченской Республики.

Опыт использования мелкозернистых бетонов в строительстве показал, что они могут иметь широкую область применения, однако, при получении равнопрочных тяжелых и мелкозернистых бетонов по традиционной технологии расход цемента увеличивается на 40%. Это объясняется повышенной межзерновой пустотностью, отсутствием жесткого каркаса, повышенной пористостью, усадкой, ползучестью мелкозернистых бетонов.

В ГНИ проведены исследования возможности получения мелкозернистого шлакозолобетона классов В12,5–В22,5 для ремонтно-восстановительных работ бетонных и железобетонных конструкций. В исследованиях использовали портландцемент ПЦ500Д0 Чир-Юртовского цементного завода (насыпная плотность 1300 кг/м<sup>3</sup>, нормальная густота 20,5%, начало схватывания 1,25 ч, конец схватывания 6,8 ч), золошлаковые отходы ТЭЦ г. Грозного, песок Червленского месторождения (содержание пылевидных и глинистых частиц – 2,5%, насыпная плотность 1560 кг/м<sup>3</sup>, водопотребность 0,8%, модуль крупности 1,3), добавку С-3.

На первом этапе получили композиционное вяжущее на основе золошлаковой смеси (50%), портландцемента и С-3 (2% от массы цемента) путем помола в лабораторной вибромельнице СВМ-2 до тонкости 500–550 м<sup>2</sup>/кг.

Были изготовлены образцы-призмы размером 40×40×160 мм из бетонных смесей на исходном цементе и полученном смешанном вяжущем, имевших одинаковый распыл стандартного конуса 16 см.

Исследования показали, что эти мелкозернистые бетоны имеют примерно одинаковую прочность, при этом для смесей на основе смешанного вяжущего требуется меньше цемента.

Перспективным направлением использования компонентов золошлаковых отходов может стать их применение в мелкозернистых бетонах в качестве активной добавки. Однако без предварительной подготовки золошлаковые отходы не отвечают требованиям, предъявляемым к сырьевым материалам для бетонов, они не однородны, содержат значительное количество несгоревших частиц и т. д.

Для повышения активности и однородности золошлаковых отходов их подвергали механохимической

активации путем помола в присутствии суперпластификатора С-3 в количестве 1% от массы смеси. Полученный в результате механохимической обработки наполнитель использовали как активную кремнеземистую добавку в мелкозернистых бетонах.

Из равноподвижных бетонных смесей (РК = 25–28 см) формовали образцы, которые твердели в нормальных условиях в течение 28 сут. Затем образцы были испытаны на изгиб и сжатие, получены характеристики средней плотности и пористости.

Для исследования особенностей структуры и свойств мелкозернистых бетонов различных составов, были выделены три состава, характеризующиеся примерно одинаковой прочностью: А – на основе смешанного вяжущего, Б – на основе портландцемента и активной кремнеземистой добавки, В – на основе портландцемента и суперпластификатора С-3, вводимого с водой затворения. Фактический расход С-3 в исследуемых составах бетонов составил соответственно: А – 7,75 кг, Б – 2,6 кг, В – 4 кг.

Прочностные и деформативные свойства определялись на образцах-кубах и образцах-призмах [2]. Коэффициент интенсивности напряжений  $K_c$ , характеризующий трещиностойкость бетонов, определялся при испытании на изгиб образцов-призм с надрезом [3]. В таблице представлены составы и некоторые свойства исследуемых бетонов, которые наглядно демонстрируют, что наиболее эффективным является состав Б.

Показано, что использование добавки на основе золошлаковой смеси при получении равнопрочных тяжелых и мелкозернистых бетонов позволяет снизить расход цемента на 30–40%. Это может стать основой эффективного использования многотоннажных золошлаковых отходов в Чеченской Республике, остро нуждающейся в дешевых местных строительных материалах.

### Список литературы

1. Методика по определению прочностных и структурных характеристик бетонов при одноосном кратковременном статическом сжатии. МИ-11-74. М.: Изд-во стандартов, 1975. 79 с.
2. Баженов Ю.М., Горчаков Г.И., Алимов Л.А., Воронин В.В. Повышение долговечности бетона и железобетонных конструкций в суровых климатических условиях. М.: Стройиздат, 1984. 86 с.

Составы	Расход компонентов бетонных смесей, кг/м <sup>3</sup>				Призматическая прочность, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Микротрещинообразование при сжатии, МПа		Модуль упругости Е·10 <sup>3</sup> , МПа	Деформации					K <sub>c</sub> , Мн/м <sup>3/2</sup>
	вяжущее	песок	вода	активная добавка			R <sub>T</sub> <sup>0</sup>	R <sub>T</sub> <sup>β</sup>		продольные, ε <sub>1</sub> ·10 <sup>-4</sup> мм/мм		поперечные, ε <sub>2</sub> ·10 <sup>-4</sup> мм/мм			
										σ = R <sub>T</sub> <sup>0</sup>	σ = 0,92R <sub>np</sub>	σ = R <sub>T</sub> <sup>β</sup>	σ = R <sub>T</sub> <sup>β</sup>	σ = 0,92R <sub>np</sub>	
А	620	1343	205	–	44,9	6,1	27,8	39,5	35,6	19,5	21,3	2,3	5,1	5,9	2,35
Б	403	1336	236	217	41	5,9	25,2	35,1	33,7	18,2	20,8	2,1	4,9	5,15	2,37
В	614	1331	275	–	42,1	5,5	26,3	37,3	33,4	18,7	20,6	1,68	4,8	5,7	2,31

5-я Международная научно-техническая конференция



# ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ И КРОВЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

15-16 апреля 2008

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФОРУМ

Санкт-Петербург

ЛЕНЭКСПО

6 павильон

Адрес оргкомитета: Россия, 190068  
Санкт-Петербург  
а/я 597

Тел. в Москве: +7 (095) 580 54 36

Тел. в СПб: +7 (812) 380 65 72

703 71 85

335 09 91

Факс: +7 (812) 335 09 92



VI

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«РАЗВИТИЕ КЕРАМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ»

## КЕРАМТЭКС

21-23 мая 2008 г.

Санкт-Петербург

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

### Развитие керамической промышленности России

#### Тематические разделы конференции

- ◆ Совершенствование производства керамических строительных материалов
- ◆ Рынок технологического оборудования для производства керамических строительных материалов
- ◆ Финансовые механизмы развития предприятий
- ◆ Отраслевая наука производству
- ◆ Применение керамических строительных материалов в современном строительстве

Спонсор конференции: **ПОБЕДА** ЛСР

Участники конференции посетят заводы кирпичного объединения «Победа ЛСР»: «Ленстройкерамика», «Керамика», «Победа»

Традиционно к проведению конференции готовится тематический номер журнала «Строительные материалы»® №4-2008, в котором будут опубликованы пленарные доклады. Текст выступления должен быть предоставлен в редакцию до 31 марта 2008 г.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

Телефон/факс: (495) 926-22-08, 926-20-36, Лескова Елена Львовна  
www.rifsm.ru e-mail: mail@rifsm.ru www.keramtex.ru

УДК 622.363.51

С.Э. ДРИНЕВ, министр природопользования Чувашской республики;  
 В.Ю. КУРОЧКИН, канд. физ.-мат. наук, член совета директоров, ОАО «ГиПор»;  
 Д.И. СТЕКАНОВ, канд. техн. наук, генеральный директор, ООО «ГИАН»;  
 А.Б. КОНДРАТОВ, канд. техн. наук, Пермский государственный технический университет

## Опыт совершенствования технологии добычи гипса в шахте Анастасово-Порецкого месторождения

Рынок гипсовых строительных материалов в последние годы растет опережающими темпами, и это является стимулом развития гипсовой промышленности. Основной промышленности гипсовых материалов является гипсовый камень, который относится к нерудным полезным ископаемым и отличается низкой стоимостью.

Организация эффективной добычи подобного дешевого сырья возможна только при тщательной подготовке рудника к эксплуатации.

Анастасово-Порецкое месторождение является типично осадочным и представлено пластообразной залежью, простирающейся на глубине 50–80 м практически горизонтально.

Полезная толща приурочена к сакмарскому ярусу нижней перми ( $P_1S$ ) и перекрыта доломитами казанского ( $P_2K_2$ ) и глинами татарского ( $P_2t$ ) ярусов верхней перми, глинами нерасчлененных батского и келловейского ярусов юры, глинами, супесями и суглинками четвертичной системы. Казанские доломиты перекрывают сульфатные сакмарские отложения на всей площади месторождения и, в свою очередь, перекрываются на водоразделе и большей части склона долины р. Меня глинистыми образо-

ваниями верхней перми, юры и четвертичной системы. В нижней части склона долины р. Меня казанские доломиты выходят на дневную поверхность. Отложения полезной толщи, по данным геологической разведки, разделены на семь пластов (рис. 1). Продуктивная толща включает в себя четыре пласта гипса (I, III, V, VII), один ангидрита (II) и два доломита (IV, VI).

I пласт гипса имеет нестабильную мощность, изменяющуюся по площади месторождения в широких пределах.

Максимальные мощности I пласта отмечаются в центральной и восточной частях месторождения, минимальные мощности — в северо-западной части месторождения. При этом средняя мощность пласта составляет 16,3 м.

Гипсы I пласта плотные, массивные, неслоистые, содержат тонкие сетевидные прожилки и мелкие, в основном до 2 см, гнезда неправильной извилистой формы доломита, редко прожилки, линзы и гнезда разноцветных мергелей. На восточном фланге месторождения в I пласте гипса в 7–12 м выше его развит прослой доломита, мощность которого закономерно уменьшается в западном направлении от 1,9 м до полного выклинивания или срезания казанскими отложениями.

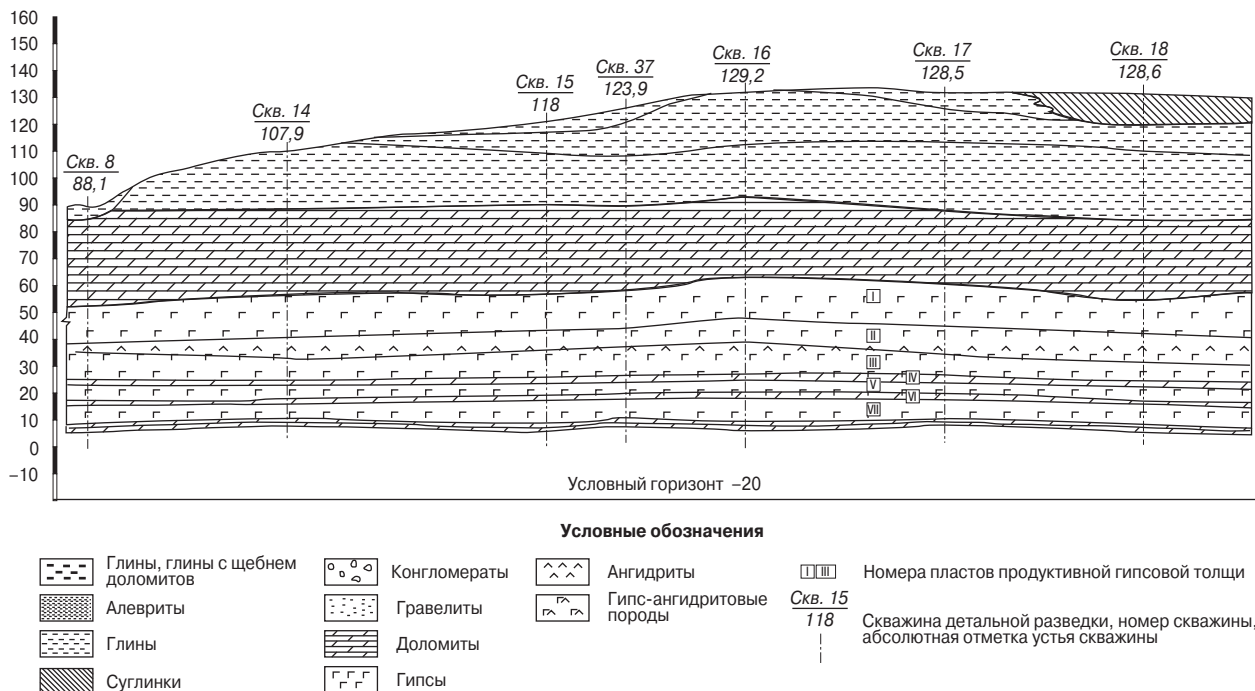


Рис. 1. Геологический разрез Анастасово-Порецкого месторождения

Ангидриты II пласта, так же как и гипсы I пласта, закономерно уменьшаются в мощности в сторону поймы реки от 17,7 м до полного выклинивания. Средняя мощность пласта ангидрита составляет 16,3 м.

Ангидриты II пласта плотные, массивные, крепкие, содержат прожилки, гнезда и сферолиты гипса, реже прожилки и включения мергелей и доломитов. Граница между ангидритом и вышележащим I пластом гипса отчетливая, подчеркивается сменой слабых светло-серых гипсов более прочными голубовато-серыми ангидритами.

В средней части месторождения между I и II пластами появляются прослои мощностью до 4 м переслаивающихся и беспорядочно замещающих друг друга гипсов и ангидритов (гипсоангидритовая порода), отнесенные ко II пласту.

III пласт сложен гипсами с тонкими прожилками и мелкими гнездами доломита и тонкими линзами, прослоями, прожилками пестроцветных глин и мергелей. Гипсы мелко- и крупнокристаллические, пластинчатые, чешуйчатые, игольчатые, плотные, массивные. Рельеф кровли пласта сложный вследствие замещения вышележащих ангидритов II пласта гипсами. В подошвенной части ангидритов часто развиты переходные гипсо-ангидритовые и ангидрито-гипсовые породы. Кровля III пласта гипса залегает на глубинах с абсолютными отметками от 17,2 м до 37,2 м и имеет вид платообразного поднятия, вытнутого в субмеридиональном направлении, с пологим юго-восточным склоном и с небольшими локальными понижениями и поднятиями.

Мощность III пласта гипса изменяется от 3,6 до 13,8 м. Среднее значение мощности 8,3 м. В пределах месторождения она увеличивается в западном направлении к долине реки.

IV пласт представлен доломитом. Он является маркирующим, имеет повсеместное распространение, легко распознается в разрезе, выдержан по мощности. Кровля IV пласта повторяет конфигурацию подошвы III пласта. Его мощность изменяется от 1,2 м до 3 м, среднее значение 2 м. Доломиты плотные, слоистые или неясно слоистые, в различной степени огипсованные.

V пласт является наиболее выдержанным по мощности и сложен гипсом с единственной линзой доломита. Гипс мелкокристаллический, чешуйчатый, мелкопластинчатый, игольчатый, с тонкими прожилками и мелкими гнездами, линзами доломитов и мергелей, в единичных случаях глин. Среднее значение мощности 5,3 м. Угол наклона достигает 2°.

VI пласт также является маркирующим, вскрыт всеми разведочными скважинами, выдержан по мощности и легко устанавливается в разрезе. Пласт сложен доломитами тонкокристаллическими и органогенно-обломочными. Мощность пласта изменяется от 1,2 до 3,3 м (в среднем 2 м).

VII пласт представлен гипсами с единственной линзой доломитов мощностью 0,7 м. Гипсы крупнокристаллические, мелкочешуйчатые, пластинчатые, плотные, массивные, неслоистые, с прожилками и мелкими (менее 1–2 см) гнездами светло-серого доломита. Угол наклона поверхности подошвы в восточном направлении составляет 1°, в западной части достигает 3°. Мощность VII пласта варьирует от 4,7 м до 10,8 м, преобладают значения 6–8 м, средняя мощность пласта 7,4 м.

Как видно, полезная толща на месторождении представлена семью пластами (I, III, VI, VII – пласты гипса, IV и VI – пласты доломита, II – пласт ангидрита). На первом этапе эксплуатации месторождения планируются к отработке пласты I, II и III. Решение об отработке нижних пластов будет принято после полной отработки верхней пачки, с оставлением между вынимаемыми пачками межпластовой потолочины.

Пласты не содержат газов. Месторождение не опасно по внезапным выбросам пород и горным ударам.

Вынимаемая мощность пластов I–III в соответствии с геомеханическими расчетами изменяется от 13,9 м до 25 м и в среднем составляет 20,2 м.

Глубина залегания пласта III изменяется от 64,1 м до 123,6 м, на большей площади месторождения глубина более 100 м.

В настоящее время известны различные способы вскрытия залежи и транспортирования полезных ископаемых из шахты на поверхность для последующей переработки или отгрузки. Наиболее распространено вскрытие наклонными или вертикальными стволами.

По наклонным стволам шахт горную массу транспортируют с помощью вагонеток по железнодорожным путям, автомобильным транспортом, ленточными транспортерами. Из перечисленных способов только ленточные транспортеры являются наиболее экологически чистым, надежным и высокопроизводительным непрерывным транспортным средством.

Вертикальные стволы позволяют достичь месторождения кратчайшим путем. Однако, в вертикальных стволах известно использование подъемников только периодического действия (клетевых или скиповых, применяемых, например, на Новомосковском месторождении). Их загрузка производится по определенному графику, где предусматривается подвоз горной массы от забоя, перегрузка в скип или клеть и подъем ограниченного объема полезного ископаемого. Во время подъема на поверхность и спуска порожнего оборудования подземный транспорт может простаивать. Кроме того, в период спуска подъемного устройства добытый материал на поверхность не выдается. В некоторых случаях это способно нарушить технологический цикл поверхностного комплекса, связанного с переработкой продукта или отгрузкой горной массы потребителям.

Опираясь на проведенные детальные исследования горно-геологических условий и данные о физико-механических свойствах минералов, слагающих Анастасово-Порецкое месторождение, впервые в России были разработаны и применены новые технические решения.

Проектами ФГУДП «Тулапроект» и ФГУП «Гипроцветмет» было предусмотрено вскрытие месторождения вертикальными стволами в сочетании с непрерывной транспортировкой отбитой горной массы от очистной камеры до склада готовой продукции. Схема транспортировки горной массы приведена на рис. 2.

Предусмотрено доставку камня от забоя осуществлять погрузочно-доставочными машинами (ПДМ) в сочетании с непрерывными подъемно-транспортными механизмами. Погрузочно-доставочная машина транспортирует отбитую горную массу до погрузочного пункта и загружает ее в приемный бункер. Из приемного бункера с помощью перегружателя горную массу подают на ленточный конвейер выемочного штрека и транспортируют до рудоспуска. Через рудоспуск горную массу непрерывно перепускают на ленточные транспортеры главного конвейерного штрека и транспортерами главного конвейерного штрека подают к главному стволу, где и перегружают на вертикальную конвейерную систему «Pocketlift» (рис. 3).

Вертикальная конвейерная система представляет собой раму с приводными барабанами и роlikоопорами, по которым движется замкнутая резинотросовая лента. На резинотросовой ленте при помощи траверс укреплены резинотканевые ковши, в которые загружается добытый камень.

Погрузка гипсовой породы осуществляется на нижнем горизонтальном участке, непосредственно за натяжным барабаном с помощью загрузочного устройства и затем ковшами по вертикальному стволу непрерывно через сис-

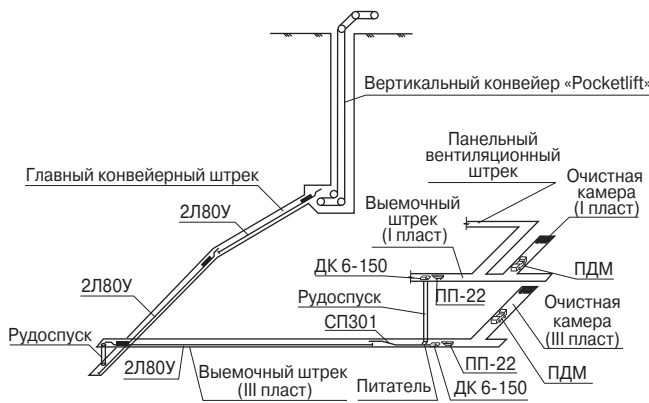


Рис. 2. Схема транспортировки гипсовой породы

тему транспортеров подается в расходные бункеры склада хранения гипсового камня. Отсюда в непрерывном режиме производится его подача на переработку или отгрузку потребителям. Непрерывная доставка отбитой горной массы обеспечивает ритмичность производства, отгрузки потребителям и непрерывность процесса добычи.

Основными факторами при выборе схемы подготовки и отработки шахтного поля явились: горизонтальное залегание пластов, возможность применения камерной системы разработки и наличие непрерывного конвейерного транспорта от выработок шахты до склада хранения горной породы.

Подготовка шахтного поля выполнена тремя главными выработками — вентиляционным и транспортными штреками, расположенными в I пласте гипса, и конвейерным штреком, расположенным в III пласте гипса.

Горно-геологические условия Анастасово-Порецкого месторождения предъявляют особые требования к технологии проведения работ по отбойке полезного ископаемого. Согласно порядку отработки запасов очистной камеры очистные работы начинают с выемки I пласта гипса до сбойки с вентиляционным штреком, после чего обрабатывают III пласт гипса.

После отработки I и III пластов гипса в камере обрабатывают II пласт ангидрита. Работы при этом ведутся в направлении от вентиляционного штрека к выемочному. Сложность отработки данного месторождения заключается в том, что над продуктивной толщей располагается мощный водоносный горизонт. Кроме того, под III гипсовым пластом геологической разведкой было установлено наличие подпорной воды. Учитывая это, применен комбайновый способ проходки выработок, оказывающий минимальное сейсмическое воздействие на окружающие породы, что в сложных гидрогеологических условиях данного месторождения имеет решающее значение.

Однако особенностями мелкокристаллической структуры горной породы, упрочненной аллотриоморфными частичками гипса, оказывают большое сопротивление режущему инструменту комбайна, препятствуя его заглублению в породу. Вязкая и достаточно твердая порода скалывается в виде пыли и мелкого щебня.

Пермским государственным технологическим университетом проведены детальные исследования свойств гипсовой горной породы. Основные физико-механические показатели свойств гипсовых пород приведены в табл. 1.

Прочностные свойства I пласта гипса изменяются в очень широком диапазоне — от 4,2 МПа до 23 МПа в сухом состоянии при невысоком коэффициенте размягчения. Прочность ангидрита более равномерна и достигает 21–64 МПа и значительно более высоким коэффициентом размягчения. При кажущейся низкой прочностью горной породы производительность комбайнов достаточно низкая.

В процессе проведения испытаний установлено, что стандартные методы определения физико-механических свойств без учета стесненных условий структуры гипса за счет ее обжатия в объеме горного массива может исказить истинные значения структурно-механических характеристик горной породы. В табл. 2 приведены результаты определения проницаемости гипса по газу (азот) при различном усилии обжатия образцов породы.

Прочность структуры обусловлена контактами хорошо окристаллизованного гипса. Можно полагать, что рост прочности сформированных кристаллизационных контактов в стесненных условиях горного массива будет обеспечивать мельчайшая фракция гипса, не имеющая кристаллографических форм. Эта фракция будет способствовать уплотнению и упрочнению гипсовой породы в горном массиве, заполняя межзерновые пустоты будет увеличивать и количество, и площадь межкристаллических контактов. Поэтому сопротивление режущему инструменту проходческих комбайнов будет выше, чем рассчитанное исходя из данных испытаний стандартных образцов. Приведенные в табл. 2 данные свидетельствуют, что структура гипсового камня в условиях обжатия горным массивом способна довольно значительно уплотняться, за счет чего прочностные характеристики горной породы будут возрастать.

Подобные геологические и физико-механические свойства полезного ископаемого требуют тщательного выбора способа отработки месторождения, который должен удовлетворять требованиям безопасности, заданному уровню производительности и экономичности.

Опытные испытания различных режущих инструментов и режимов проходки показали, что с помощью комбайновой выемки невозможно получить гипсовый камень, отвечающий требованиям ГОСТ 4013–82 «Камень

Таблица 1

Наименование показателя свойств	Единицы измерения	Значение
Средняя плотность	г/см <sup>3</sup>	2,25–2,32
Плотность	г/см <sup>3</sup>	2,32–2,34
Эффективная открытая пористость	%	0,39–0,51
Общая пористость	%	1,28–3,05
Модуль Юнга	Ех10 <sup>4</sup> МПа	1,13–1,89
Коэффициент Пуассона		0,22–0,25
Предел прочности при сжатии	МПа	4,20–23,85
Предел прочности при растяжении	МПа	0,36–3,06
Твердость в сухом состоянии	кг/мм <sup>2</sup>	0,24–0,27
Твердость в водонасыщенном состоянии	кг/мм <sup>2</sup>	0,14–0,17
Коэффициент размягчения		0,34–0,43
Водопоглощение	%	0,31–0,36
Водопроницаемость	МПа	0,76–0,83
Коэффициент крепости по Протодяконову		2–4

Таблица 2

Давление газа на торец образца, кг/см <sup>2</sup>	Коэффициент проницаемости гипса по газу (азоту) K <sub>пр</sub> , при боковом обжатии P <sub>обж</sub> , кг/см <sup>2</sup>			
	15	20	25	50
3	5,29·10 <sup>-3</sup>	4,47·10 <sup>-3</sup>	3,38·10 <sup>-3</sup>	1,8·10 <sup>-3</sup>

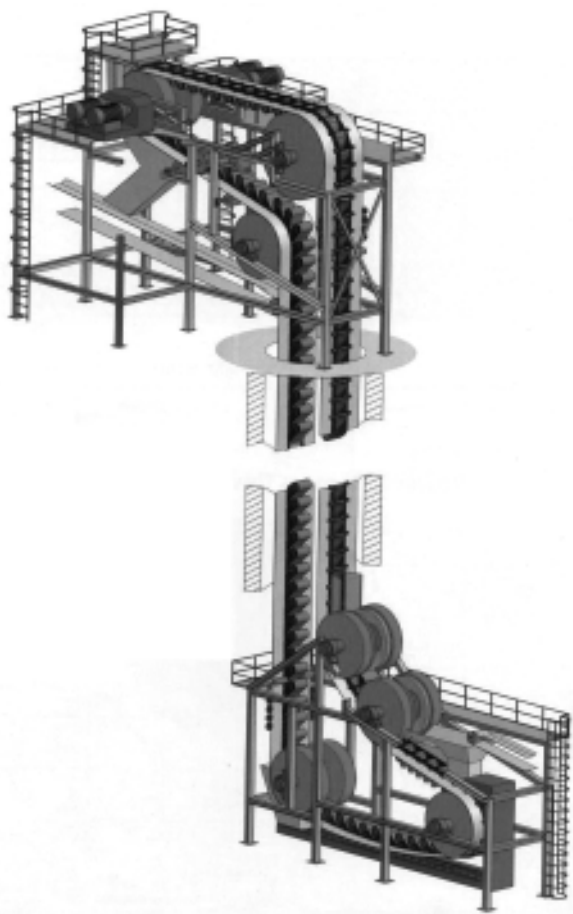


Рис. 3. Вертикальный подъемник «Pocketlift»

гипсовый и гипсоангидритовый для производства вяжущих материалов». Опыт эксплуатации комбайнов АМ-50 и КП 21 показал, что основной объем горной массы представлен фракцией 0–60 мм, пригодной только для собственного производства или в производстве цемента.

Производительность комбайна по гипсу в несколько раз ниже расчетной, причем добыча сопровождается очень большим пылевыведением в рабочей зоне забоя. Изменение конструкции резцов также не дает заметных положительных результатов.

Кроме того, при переходе к добыче более прочного минерала – ангидрита эффективность комбайна и его производительность снижаются на порядок. Значительно возрастает износ агрегатов комбайна, учащаются поломки и связанные с этим простои оборудования, а добытый минерал представлен фракцией 0–20 мм и абсолютно не соответствует нормативно-техническим требованиям ГОСТ 4013–82.

Прочностные характеристики ангидрита требуют применения более производительного способа отбойки – буровзрывного.

Применение буровзрывного способа позволяет получить горную массу заданного фракционного состава при высокой производительности добычи.

Основная проблема применения буровзрывной технологии заключается в минимизации сейсмического воздействия на защитную пачку гипса в кровле I пласта и почве III пласта гипса.

Специалистами ОАО «ГиПор» и ОАО «Галургия» данная проблема решена путем применения комбинированного способа отбойки гипса и ангидрита, схема которого приведена на рис. 4.

По I и III пластам гипса подготовительные выработки проводятся комбайнами АМ-50 и КП-21, с помощью

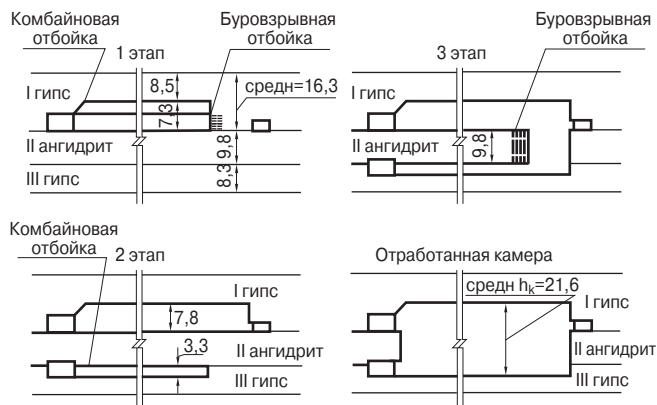


Рис. 4. Комбинированный способ выработки гипса в шахте Анастасово-Порецкого месторождения

которых формируется потолочина I пласта и пачка гипса в почве III пласта; дальнейшую отработку пластов ведут с использованием буровзрывной технологии. Основное отличие данного способа заключается в том, что комбайновая и буровзрывная технологии не взаимозаменяют, а дополняют друг друга, выполняя определенную технологическую функцию.

С помощью комбайна производится выемка гипса и формирование противосейсмической зоны в выработках путем отсечения от целика горного массива добываемых пластов полезного ископаемого. Остальной материал отбивается буровзрывным способом.

Буровзрывной способ выемки гипса отличается простотой применения, наличие более дешевой проходческой техники, низкая энергоемкость работ, относительно низкое пылеобразование по сравнению с комбайновым способом.

Причем исходя из условий необходимого фракционного состава гипсового и ангидритового камня для производства очистных работ только буровзрывной способ отбойки дает возможность получить гипсовый и ангидритовый щебень размером 60–300 мм, что соответствует ГОСТ 4013–82.

В данных условиях применение комбинированного способа отбойки обеспечивает основное и безоговорочное условие безопасного ведения горных работ. При этом техническая и экономическая эффективность разработанной технологии добычи, учитывающей особенности Анастасово-Порецкого месторождения, одновременно обеспечивает получение кондиционного продукта высокого качества, востребованного на рынке строительных материалов, и максимальную производительность работы оборудования при минимальных удельных затратах.



**Порецкий гипсоангидритовый рудник (ОАО «ГиПор»)**

**429020, Чувашская Республика, Порецкий район, с. Порецкое, ул. Кооперативная, д. 36**

**тел./факс: (83543) 2-24-12**

**http://www.gypor.ru E-mail:por\_gipor@cbx.ru**



## Перспективы производства и применения в строительстве водостойких гипсовых вяжущих и изделий

Острота жилищной проблемы в России подтверждается такими фактами: почти 4,4 млн семей признаны остро нуждающимися в обеспечении жильем и около 28 млн семей хотели бы улучшить свои жилищные условия. Чтобы решить эту проблему, необходимо принимать кардинальные меры. В связи с этим Президент и Правительство России приняли беспрецедентный по своим размахам национальный проект «Доступное и комфортное жилье – гражданам России». Начальный этап реализации данного проекта предусматривает увеличение годового ввода жилья к 2010 г. до 80–85 млн м<sup>2</sup>, то есть по сравнению с 2004 г. более чем в два раза.

Как и чем выполнить эти грандиозные планы? Готова ли наша отечественная строительная индустрия реализовать столь высокие задания? Сегодня сказать «да» не представляется возможным, так как годы перестройки откинули далеко назад промышленность сборного железобетона, стеновых материалов, местных вяжущих и других материалов и изделий. Предприятия цементной промышленности в современной ситуации не смогут обеспечить цементом потребности строительства для выполнения возложенных на них задач.

В связи с этим назрела необходимость привлекать в проекты строительства новые эффективные разработки, шире применять местные строительные материалы, использовать эффективные строительные системы быстровозводимых зданий. При этом нельзя забывать, что жилье должно быть не только доступным, но и комфортным. Комфортность жилья в первую очередь определяется экологической безопасностью применяемых материалов. Поэтому выбор материалов для возведения зданий должен осуществляться с учетом всех факторов.

В связи с этим одной из важнейших проблем промышленности строительных материалов (ПСМ) является развитие отечественного производства эффективных строительных материалов на основе гармоничной и сбалансированной деятельности по отношению к окружающей среде, экономии материальных и топливно-энергетических ресурсов, максимального использования местного и техногенного сырья.

В этом аспекте являются перспективными строительные материалы и изделия, изготавливаемые на основе гипсовых вяжущих (ГВ). Это обусловлено эффективностью переработки повсеместно распространенного гипсового сырья и гипсосодержащих отходов в гипсовые вяжущие, получением из них водостойких гипсовых вяжущих (ВГВ), а также высокими техническими и эколого-экономическими показателями свойств материалов и изделий из них.

Гипсовые материалы из неводостойких гипсовых вяжущих хорошо известны, они используются в ненесущих конструкциях внутри зданий с относительной влажностью воздуха не более 60%, что связано с присутствием им отрицательными свойствами – низкой водостойкостью и высокой ползучестью, а также с недостаточной морозостойкостью.

Исследованиями по повышению водостойкости ГВ занимались многие ученые в разных странах. Одним из

наиболее перспективных направлений повышения водостойкости гипсовых вяжущих является создание гипсоцементно-пуццолановых вяжущих (ГЦПВ) [1], а также разработка технологии ГЦПВ нового поколения – композиционных гипсовых вяжущих низкой водопотребности (КГВ) [2, 3]. Эти вяжущие разработаны на основе применения достижений нанотехнологии и физико-химической механики в области строительных материалов, в том числе вяжущих веществ.

Такие вяжущие вещества характеризуются более высокими показателями свойств по сравнению с известными до сих пор гипсовыми вяжущими (ГВ), в том числе водостойкими.

Так, КГВ на основе строительного гипса имеют прочность в возрасте 28-суточного твердения во влажных условиях от 15 до 45 МПа, коэффициент размягчения от 0,74 до 0,87 при водопотребности вяжущего 0,26 до 0,36 в зависимости от вида компонентов и состава вяжущего, а КГВ на основе высокопрочного гипсового вяжущего имеет водопотребность от 0,22 до 0,32, прочность от 25 до 50 МПа и коэффициент размягчения от 0,8 до 0,95.

В связи с развитием малоэтажного строительства возник дефицит в материалах для возведения стен, которые бы, с одной стороны, обеспечивали требуемые теплотехнические и эксплуатационные качества ограждений, с другой – были бы экономически конкурентоспособны на строительном рынке. Для обеспечения этих условий в МГСУ на протяжении многих лет в рамках выполнения ГНТП «Стройпрогресс-2000» разработаны и всесторонне исследованы различные виды бетонов, в том числе легкие, на основе быстротвердеющих водостойких гипсовых вяжущих (ВГВ).

Применение ВГВ в бетонах взамен портландцемента позволяет изготавливать изделия без тепловой обработки, вести скоростное монолитное бетонирование, в том числе и в зимнее время. Свойства бетонов на ВГВ полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к аналогичным бетонам на портландцементе, но при этом они быстро твердеют, что позволяет изготавливать строительные изделия без тепловой обработки.

Особо эффективными являются легкие бетоны на основе ВГВ (керамзитобетон, полистиролбетон, опилкобетон, арболит) [4–6]. Выбор заполнителей обусловлен их распространенностью в том или ином регионе. Основное назначение этих бетонов – возведение наружных ограждающих конструкций жилых и производственных зданий, в том числе для индивидуального строительства жилых домов и различных сельскохозяйственных построек.

Нельзя не отметить и эффективность использования ВГВ при производстве изделий из ячеистого бетона. Последние исследования показали, что ячеистый бетон на основе ВГВ может успешно применяться не только при производстве изделий в заводских условиях, но и на стройке при возведении стен, кровель монолитным способом. При этом приготовление бетонной смеси осуществляется непосредственно на стройплощадке.

Натурные наблюдения и лабораторные исследования полностью подтвердили достаточную долговечность конструкций из различных бетонов на основе ВГВ при длительной эксплуатации [7, 8].

Из бетонов на основе ВГВ, изготавливаемых преимущественно с применением заполнителей из различных промышленных отходов, особо эффективно производство стеновых камней и блоков. Причем способы формования изделий могут быть различными: литье, вибропрессование, экструзия и др.

Получают все большее распространение *блоки строительные замковые* (ТУ 21-53-02066523-98), которые имеют форму параллелепипеда с базовым размером 400×800×150 мм. Они формируются из литых бетонных смесей в специальных металлопластиковых кассетных формах. При этом оборачиваемость одной 10-местной формы составляет 45–60 мин.

Из бетона на основе ВГВ эффективно изготовление *гипсового прессованного кирпича*, который по своим свойствам соответствует требованиям, предъявляемым к силикатному кирпичу (ГОСТ 379–95). Кирпич и камни силикатные. Технические условия), но более легкий. Кирпич предназначен для кладки наружных и внутренних стен малоэтажных зданий и сооружений, а также для ненесущих стен других зданий и их облицовки. Для формования кирпича приспособляют прессовое оборудование, применяемое для производства силикатного кирпича, либо разрабатывают специальное формовочное оборудование. Гипсовый кирпич после формования прессованием не требует никакой тепловой обработки, а подлежит упаковке на поддонах и отправке потребителю. Экономия энергоресурсов и трудозатрат очень высока.

Бетонные смеси на ВГВ используются как основной материал в конструктивно-технологической системе «ГИТОР» по монолитному возведению жилых и общественных зданий методом торкретирования с использованием несъемной опалубки в виде «термоармопакетов» с эффективным утеплителем. Эта система разработана Государственным университетом по землеустройству и ЗАО «Златоустметаллургстрой» при участии МГСУ, ЦНИИОМТП и ряда других научных и проектных организаций и внедрена в г. Златоусте и других городах.

Система «ГИТОР» предусматривает использование в качестве утеплителя пенополистирольные плиты соответствующей толщины, которые закрепляются в объемном арматурном каркасе, образуя «термоармопакеты», и формируют геометрические объемные контуры будущего здания. Сборка конструкции производится на стройплощадке, после чего на внутреннюю и наружную поверхности наносится слой из специальных модифицированных гипсовых смесей. На внутреннюю поверхность можно наносить смесь на неводостойком гипсовом вяжущем, а на наружную — на основе ВГВ.

Эта же система очень эффективна при устройстве дополнительной теплоизоляции наружных стен эксплуатируемых и реконструируемых зданий, а также при возведении мансардных этажей. В этих случаях плитный утеплитель закрепляют на поверхности стены, а затем наносят специальный раствор на основе КГВ (или ГЦПВ) методом торкретирования.

Система «ГИТОР» способствует повышению тепловой инерции ограждений, повышению термического сопротивления стены, улучшению микроклимата помещений в соответствии с современными экологическими требованиями, снижению расхода топливно-энергетических ресурсов на отопление зданий.

Основные достоинства применения водостойких бетонов на основе ВГВ заключаются в следующем.

**Ускорение процесса строительства.** Быстрое (но регулируемое) схватывание и твердение гипсовых формо-

вочных смесей позволяет осуществлять изготовление стеновых изделий без тепловой обработки с одновременным ускорением оборота форм.

Скорость возведения монолитных стен всегда зависит от времени твердения бетона. При бетонах на портландцементе бетон в опалубке держится не менее суток. При использовании монолитного бетона на ВГВ опалубку можно использовать несколько раз в день.

**Эффект энергосбережения.** Нет необходимости применять тепловые процессы. Энергозатраты незначительны. Если принять за 100% энергозатраты на производство 26 шт. керамического кирпича, который воспринимается сегодня как наиболее «престижный» стеновой материал, то сопоставимые затраты электроэнергии на производство стеновых камней такого же объема из гипсобетона составят 0,69 и 0,45% в зависимости от степени водостойкости.

**Широкий спектр применения.** Водостойкие гипсовые бетоны пригодны для изготовления стеновых изделий, деталей и конструкций, в том числе несущих с армированием; для устройства самовыравнивающихся стяжек под полы, приготовления кладочных и отделочных растворов и бетонов. Ангидритовые гипсовые цементы превосходно показали себя в архитектурно-строительных изделиях, искусственном мраморе.

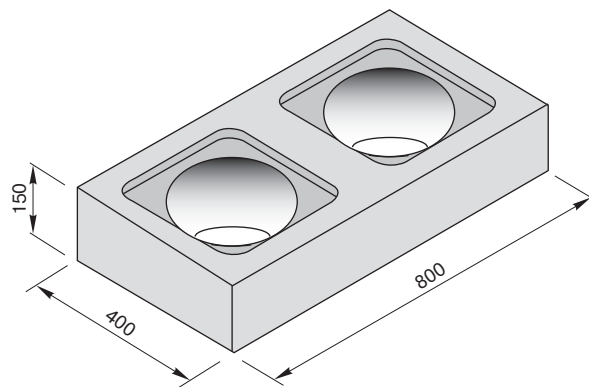
Производство ВГВ в виде сухой смеси может быть организовано как вспомогательное при любой строительной фирме, поскольку основной экономический эффект от его использования образуется именно на стадии производства строительных работ *за счет некоторого удешевления исходного вяжущего и бетона на его основе, а главное, сокращения сроков строительства, инвестиционного цикла и времени кредитования строительных объектов.*

При наличии качественной опалубки и смесителя возведение двухэтажного жилого дома на одну семью возможно всего за 3–5 дней. Применение ВГВ низкой водопотребности позволяет изготавливать стеновые изделия литьевым способом непосредственно на стройплощадке и выполнять из них кладку стен уже через 20–30 мин после формования.

Что же нужно для организации производства ВГВ и изделий на их основе?

Как уже отмечалось, сырье для производства этих вяжущих достаточно широко распространено: гипсовые вяжущие, шлаки, золы, другие кремнеземистые компоненты как природного происхождения (трепел, опока, вулканические породы), так и искусственные (микрокремнезем, бой стекла, керамические отходы и т. п.), добавки (пластификаторы, регуляторы схватывания, водоудерживающие и т. д.).

Дополнительное оборудование для производства ВГВ на гипсовых заводах — это помольные установки или активаторы и смесители сухих смесей.



Базовый замковый блок АВ-3

При организации производства ВГВ на предприятии по изготовлению изделий необходимы также помольные установки, а также силосные склады для компонентов ВГВ и смесители сухих смесей.

Производство изделий из бетонов на ВГВ не отличается от производства аналогичных изделий из ГВ и портландцемента. Но, учитывая низкую водопотребность ВГВ, в технологии, как правило, не требуется тепловая обработка изделий (сушка или ТВО).

Очень эффективно применение ВГВ взамен обычного ГВ в традиционных гипсовых изделиях — гипскартонных и гипсоволокнистых листах, пазогребневых плитах, архитектурных и декоративных изделиях, сухих гипсовых смесях и т. д.

Эффективность применения ВГВ в этих изделиях заключается в повышении их водостойкости, что непосредственно увеличивает долговечность конструкций из них, расширяется область применения, в том числе для наружных конструкций и помещений с повышенной относительной влажностью. Следует отметить, что водостойкость изделий из ВГВ сохраняется весь период эксплуатации, тогда как водостойкость гидрофобизированных изделий на основе ГВ понижается уже через 5–7 лет и требуется повторная обработка.

Нельзя не отметить и то, что из бетонов на ВГВ можно возводить межэтажные перекрытия, основания под полы, а также санитарно-технические кабины, вентиляционные блоки, которые успешно применяются в строительстве уже более 50 лет.

Таким образом, водостойкие гипсовые вяжущие могут успешно заменить портландцемент во многих строительных изделиях и конструкциях и при этом повысить эффективность за счет быстрого твердения, ускорения сроков возведения зданий, снижения металлоемкости производства и энергозатрат.

### Список литературы

1. Волженский А.В., Стамбулко В.И., Ферронская А.В. Гипсоцементно-пуццолановые вяжущие, бетоны и изделия. М.: Стройиздат, 1971. 318 с.
2. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф., Чумаков Л.Д., Иванов С.В. Композиционные гипсовые вяжущие. Тезисы докладов научно-технической конференции «Научно-технический прогресс в технологии строительных материалов». Алма-Ата, 1990.
3. Коровяков В.Ф. Теоретические аспекты и практические результаты создания гидравлических композиционных гипсовых вяжущих повышенной долговечности: Сб. «Проблемы и пути создания композиционных материалов из отходов промышленности». Новокузнецк: СибГИУ, 1999.
4. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф. Бетоны на многокомпонентных гипсовых вяжущих: Сб. Материалы 1-й Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона. М., 2001.
5. Коровяков В.Ф. Легкие бетоны на композиционных гипсосодержащих вяжущих: Сб. Материалы 1-й Всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона. М., 2001.
6. Ферронская А.В. Долговечность гипсовых материалов, изделий и конструкций. М.: Стройиздат, 1984.
7. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф. Эксплуатационные свойства бетонов на композиционном гипсовом вяжущем // Строит. материалы. 1998. № 6. С. 34–36.
8. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф. Стеновые материалы из бетонов на основе водостойких гипсовых вяжущих: Сб. Материалы II Всероссийского семинара с международным участием «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». Уфа, 2–4 июня 2004 г. С. 99–102.



РОССИЙСКИЙ СОЮЗ ВЫСТАВОК И ЯРМАРОК  
**КРАСНОЯРСКАЯ ЯРМАРКА**  
ВЫСТАВОЧНАЯ КОМПАНИЯ



## СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Выставка строительных и отделочных материалов,  
технологий и оборудования для их производства



### ОКНА И ДВЕРИ

Выставка окон, дверей, оборудования  
и комплектующих для их производства

### ИНТЕРЬЕР

Выставка товаров для дома, мебели и интерьеров

### КОТТЕДЖ

Выставка проектов коттеджей и жилых помещений,  
кровельных и изоляционных материалов, систем  
тепло-, газо- и водоснабжения и т. п.

В программе:  
IV Чемпионат на лучшее создание элементов интерьера  
**«Декор Сибири-2008»**

Информационная поддержка:

КРАСНОЯРСКОЕ  
**ЯРМАРКИ**

СРБИМ  
СИБИРСКИЙ РЕМОНТ

www.mos.ru

**МЕБЕЛЬ**

Sibdom.ru  
сибирский строительный портал

**СТРОИТЕЛЬСТВО  
И ДИЗАЙН**

**ВСЁ В ДОМ!**

Стройка  
группа газет

**СТРОИТЕЛЬСТВО  
РЕМОНТ**

Место проведения: г. Красноярск, о.Отдыха, ВК «Красноярская ярмарка»

**13-16**  
**мая**  
**Красноярск 2008**

Тел.: (3912) 36-24-25, 36-24-50 e-mail: smimov@krsfair.ru,  
golovchenko\_g@krsfair.ru, web: www.krsfair.ru

С.А. БОНДАРЕНКО, инженер, директор ООО «КНАУФ Маркетинг Челябинск»,  
 Б.Я. ТРОФИМОВ, д-р техн. наук, Т.Н. ЧЕРНЫХ, Л.Я. КРАМАР, кандидат техн. наук,  
 Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

## Использование фторангидрита в производстве пазогребневых перегородок

Большую долю в современном строительстве занимает возведение каркасных зданий, часть конструкций стен и внутренние перегородки в которых выполняются из легких эффективных материалов. Такими материалами являются изделия, выпускающиеся на основе гипсовых вяжущих. С ростом объема строительства наблюдается нехватка гипсового вяжущего, в связи с чем актуальным является поиск альтернативных видов вяжущих. Таким вяжущим может выступить фторангидрит, который является отходом сернокислотного производства плавиковой кислоты из полевого шпата. Ежегодно в отвалы вывозится порядка 60 тыс. т этого материала.

В состав фторангидрита входит до 70% ангидрита в основном нерастворимой модификации АП, 20% двуводрата и полуводрата сульфата кальция, 2–6% плавикового шпата [1]. При этом его компоненты находятся в разных модификациях и могут иметь разную реакционную способность.

Предварительные опыты по выявлению возможности использования фторангидрита как вяжущего показали, что после его размола до прохода не менее 90% через сито №02, вяжущее обладает следующими характеристиками:

нормальная густота, %	.....42
прочность в 28-суточном возрасте, МПа, не менее	10
сроки схватывания:	
начало, ч	.....14–14,3
конец, ч	.....16–17

Пазогребневые перегородки должны иметь свойства, регламентируемые ГОСТ 6428–83 (попр. 1989) «Плиты гипсовые для перегородок. Технические условия», согласно которому к изделиям предъявляются требования по размерам, качеству лицевой поверхности и прочности. Предел прочности при сжатии образцов-балочек в возрасте 2 ч должен составлять 3,5 МПа, высушенных до постоянной массы – 5 МПа. Предел прочности при изгибе в возрасте 2 ч должен быть не менее 1,7 МПа, высушенных до постоянной массы – 2,4 МПа.

Как видно, фторангидритовое вяжущее в чистом виде из-за медленного твердения не может обеспечить изделиям требуемых характеристик.

Для получения вяжущего на основе фторангидрита, пригодного для производства пазогребневых перегородок, необходимо решить задачу ускорения сроков схватывания и твердения материала.

Известно, что нерастворимый ангидрит (АП), входящий в состав фторангидрита, в обычных условиях не гидратируется и не твердеет. Для его активации необходимо изменить координацию ионов  $Ca^{2+}$  в кристаллической решетке сульфата кальция, что достигается введением активаторов твердения [2].

В качестве активаторов твердения, как правило, используют вещества, увеличивающие растворимость АП и являющиеся центрами кристаллизации [3].

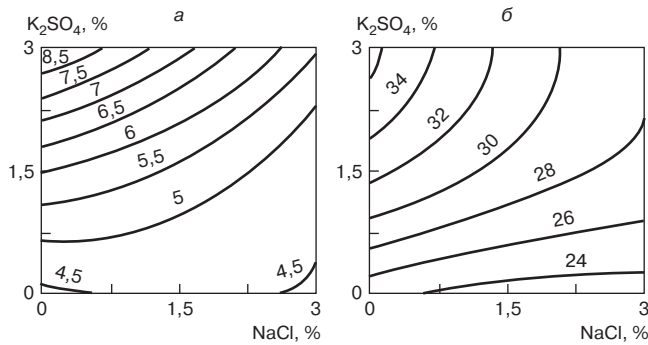
С помощью предварительных опытов были выявлены наиболее эффективные добавки – ускорители

Таблица 1

NaCl, % (x)	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , % (y)	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, мин		Предел прочности при сжатии образцов-балочек, МПа, в возрасте				Предел прочности при изгибе образцов-балочек, МПа, в возрасте		
			начало	конец	2 ч	Высушенные до постоянной массы	1 сут*	28 сут*	2 ч	Высушенные до постоянной массы	8 сут*
0	0	42	840	980	0	0	0	24,1	0	0	4,9
0	1,5	42,5	180	390	0	0	3,5	33	0	0	5,5
0	3	43	35	115	0,8	0,9	12	36,2	0,4	0,5	8,5
1,5	3	43,2	21	36	2,6	3,5	13	31,6	1,8	2	7,8
3	3	43,4	6	8	3,9	5,5	16,2	28,2	2,2	2,9	5
3	1,5	43,4	12	24	3,7	4,6	13,5	26,8	2,1	2,8	5
3	0	43	30	100	1	1,1	12,1	23	0,5	0,7	4,5
1,5	0	42,5	75	160	0	0	8,5	23	0	0	3,9
1,5	1,5	43	65	140	0	0	9,8	30,2	0	0	6,2

\*Образцы твердели при относительной влажности воздуха 60±2% и температуре окружающей среды 20±2°C.

Таблица 2



Прочность модифицированного фторангидрита в возрасте 28 сут: а) при изгибе; б) при сжатии

схватывания и твердения фторангидрита: хлорид натрия (NaCl) и сульфат калия (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>).

В работе для получения зависимостей технологических свойств ангидритовых вяжущих от количества введенных добавок и определения оптимального состава вяжущего, а также создания математических моделей исследуемых процессов и их статистического анализа использовалось математическое планирование эксперимента. Значимыми факторами были выбраны:

- х – количество хлорида натрия (NaCl) 0–3%,
- у – количество сульфата калия (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 0–3%.

План – матрица эксперимента и его результаты представлены в табл. 1.

Полученные результаты позволили построить регрессионные зависимости (формулы 1 и 2), графический вид которых приведен на рисунке:

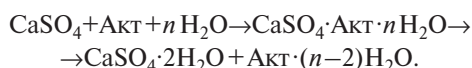
$$R_{28 \text{ сут}}^{\text{изг}} = 4,42 + 0,12x + 0,7y - 0,04x^2 - 0,4xy + 0,2y^2 \quad (1)$$

$$R_{28 \text{ сут}}^{\text{сж}} = 24,5 - 1,4x + 6,7y + 0,3x^2 - 0,8xy - 0,9y^2 \quad (2)$$

Результаты эксперимента (табл. 1) указывают на положительное влияние обеих солей на скорость схватывания фторангидрита. При этом наиболее эффективной добавкой является хлорид натрия. При изменении дозировок добавок в указанных пределах можно широко регулировать сроки схватывания – начало схватывания от 14 ч до 6 мин, конец от 16 ч до 8 мин.

Прочность при сжатии и изгибе в возрасте 2 ч тесно связана со сроками схватывания. Чем выше дозировки добавок, тем быстрее схватывается смесь и тем большую начальную прочность набирает материал.

Решающую роль в обеспечении прочности в раннем возрасте играет хлорид натрия, при этом наибольшая прочность достигается при максимальных дозировках обеих добавок. Однако целесообразнее использовать составы с несколько пониженным содержанием добавок (2–3,0%), в сумме составляющим не более 5%. При дальнейшем твердении картина с влиянием добавок на прочностные показатели изменяется. Как видно из данных табл. 1 и рисунка, фторангидритовое вяжущее продолжает твердеть, и для обеспечения более высоких показателей по прочности в поздние сроки твердения необходимо ограничивать количество хлорида натрия за счет увеличения в составе сульфата калия. Вероятно, действие этих активаторов заключается в том, что они образуют с водой и фторангидритом неустойчивые промежуточные соединения, облегчающие его гидратацию:



По результатам эксперимента для достижения максимальной прочности в поздние сроки твердения можно рекомендовать следующие дозировки добавок: хлорид натрия 0–3%, сульфат калия 2,5–3%.

Свойства	Требования к изделиям по ГОСТ 6428–83 (попр. 1989)	Показатели для изделий на модифицированном фторангидритовом вяжущем
Сроки схватывания, мин начало конец	Не нормируется	7 9
Предел прочности при сжатии образцов-балочек, МПа: в возрасте 2 ч высушенных до постоянной массы	3, 5 5	3,8 5,4
Предел прочности при изгибе, МПа: в возрасте 2 ч высушенных до постоянной массы	1,7 2,4	2,1 2,7
Предел прочности при сжатии образцов-балочек в возрасте 3 сут (воздушно-сухие условия), МПа	Не нормируется	12
Предел прочности при сжатии образцов-балочек в возрасте 7 сут (воздушно-сухие условия), МПа	Не нормируется	28
Предел прочности при сжатии образцов-балочек в возрасте 28 сут (воздушно-сухие условия), МПа	Не нормируется	29,2

Учитывая требования, предъявляемые к вяжущему для производства пазогребневых перегородок, можно выбрать оптимальное соотношение добавок-ускорителей – хлорид натрия 2,2%, сульфат калия 2,5%, которое будет обеспечивать соответствие материала требованиям ГОСТа при повышенной прочности изделий в поздние сроки твердения. Добавки, введенные в оптимальных количествах, комплексно модифицируют фторангидритовое вяжущее, образуя с водой и нерастворимым ангидритом неустойчивые промежуточные соединения, облегчающие гидратацию АП. Свойства пазогребневых перегородок, изготовленных на основе модифицированного оптимальным количеством добавок фторангидритового вяжущего при НГ теста, равно 42–43%, приведены в табл. 2.

Таким образом, изделия отвечают требованиям ГОСТа и помимо этого имеют повышенную прочность в поздние сроки твердения по сравнению с изделиями на гипсовом вяжущем. Повышенная прочность при сжатии и изгибе способствует улучшению качества транспортировки изделий, повышает их несущую способность, переход на производство пазогребневых перегородок на основе фторангидрита снижает себестоимость изделий за счет низкой стоимости вяжущего.

#### Список литературы

1. Гипсовые материалы и изделия (Производство и применение): Справочник // Под общей редакцией А.В. Ферронской. М.: Изд. АСВ, 2004. С. 488.
2. Будников П.П., Зорин С.П. Ангидритовый цемент. М.: Государственное изд-во литературы по строительным материалам, 1954. С. 93.
3. Шульце В., Тишер В., Эттель В.П. Растворы и бетоны на нецементных вяжущих. М.: Стройиздат. 1990. С. 240.

УДК 691.327.332

Г.И. ЯКОВЛЕВ, Г.Н. ПЕРВУШИН, доктора техн. наук, В.А. КРУТИКОВ, канд. техн. наук, И.С. МАКАРОВА, бакалавр, Ижевский государственный технический университет;  
 Я. КЕРЕНЕ, д-р техн. наук, Вильнюсский технический университет им. Гедиминаса (Литва);  
 Х.-Б. ФИШЕР, проф., Bauhaus-Universität Weimar (Германия);  
 А.Ф. БУРЬЯНОВ, канд. техн. наук, ВНИИСТРОМ им. П. П. Будникова (Московская обл.)

## **Газобетон на основе фторангидрита, модифицированный углеродными наноструктурами**

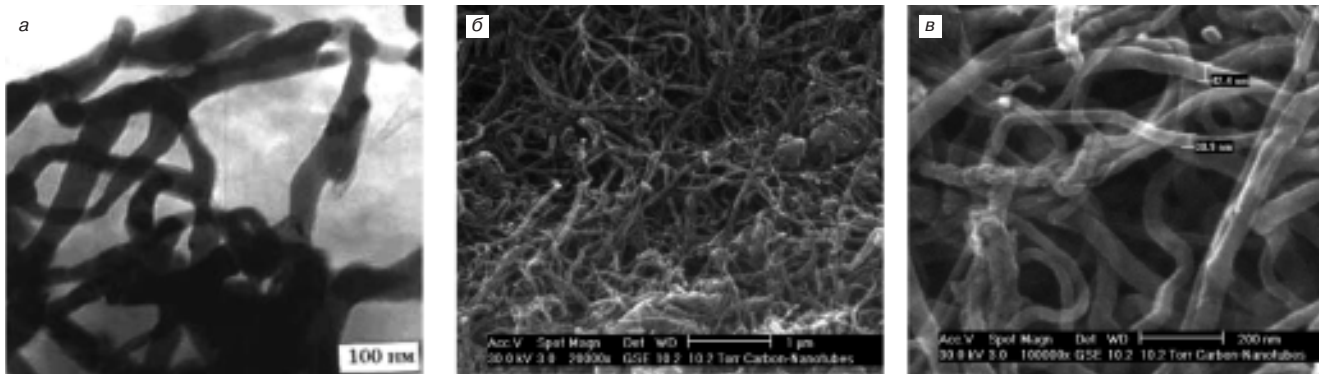
В настоящее время потребность в высокоэффективных теплоизоляционных материалах, применяемых для возведения многослойных ограждающих конструкций, обеспечивается цементными пенобетонами, имеющими ряд существенных недостатков. Безавтоклавные цементные пенобетоны и газобетоны обладают высокой стоимостью и низкой прочностью. Существенным недостатком пенобетонов в настоящее время является использование портландцемента в связи с его постоянным удорожанием.

Альтернативой портландцемента в композициях является ангидритовое вяжущее. Энергозатраты на его производство приблизительно в 12 раз ниже энергозатрат на изготовление такого же количества портландцемента и в 3 раза ниже затрат на изготовление строительного гипса [1]. При этом прочностные показатели ангидритового вяжущего сравнимы с портландцементом.

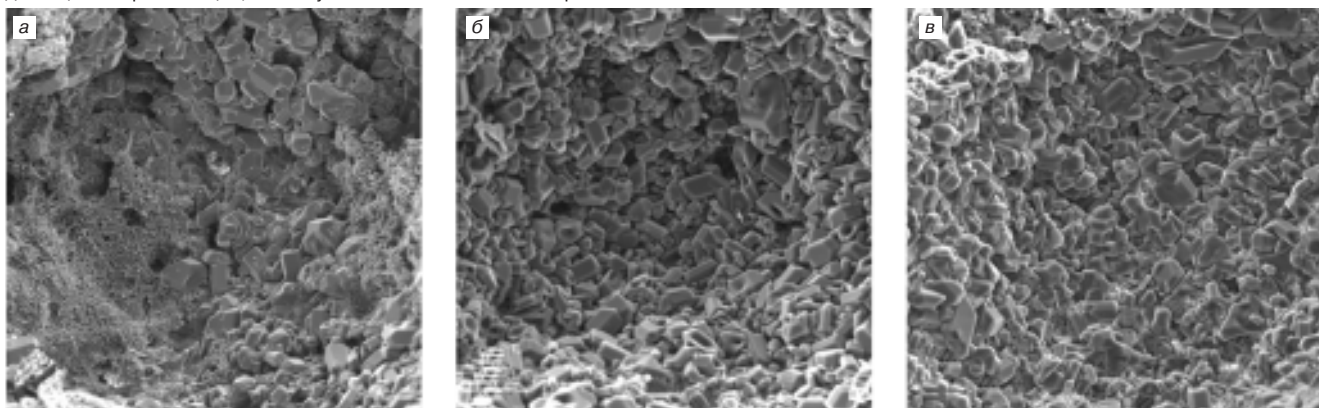
Ангидритовое вяжущее получают из природного ангидрита или техногенного отхода производства плавиковой кислоты – фторангидрита [2].

Ангидритовые вяжущие могут использоваться для выпуска различных изделий, так как потеря их прочности при увлажнении значительно меньше, чем у гипсовых вяжущих. Ангидритовое вяжущее используют в составах для устройства бесшовных полов, основы под линолеум, приготовления растворов, теплоизоляционных изделий [2, 3].

Для приготовления газобетона в качестве вяжущего использовали порошкообразный фторангидрит, соответствующий ТУ 5744-132-05807960–98. В качестве газообразователя применяли алюминиевую пудру. Используемый фторангидрит – порошкообразный отход производства ПО «Галоген» – содержит в своем составе более 92% безводного сульфата кальция  $\text{CaSO}_4$ , осталь-



**Рис. 1.** Микроструктура нанодисперсных образований полученных: а – из ароматических углеродов методом стимулированной дегидрополиконденсации и карбонизации; б – полученных каталитическим пиролизом



**Рис. 2.** Микроструктура поверхности стенок пор поризованной фторангидритовой композиции (при 1000-кратном увеличении): а – контрольного образца без модифицирующих наносистем; б – модифицированной наносистемами, полученными методом стимулированной дегидрополиконденсации и карбонизации, заполненные атомами никеля; в – модифицированной нанотрубками, полученными каталитическим пиролизом

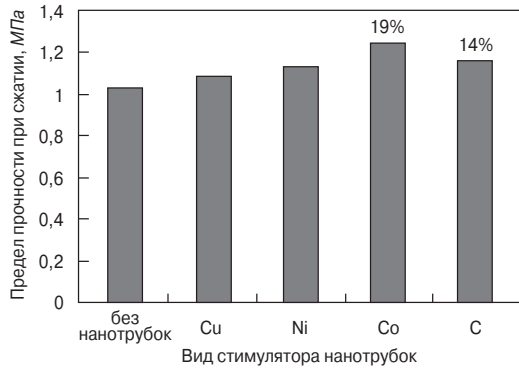


Рис. 3. Зависимость прочности поризованной фторангидритовой композиции от типа стимулятора, используемого при синтезе наносистем

ное –  $\text{CaF}_2$  и  $\text{CaCO}_3$ . Содержание алюминиевой пудры не превышало 0,2–0,3 % от массы матрицы [4].

Известно, что для повышения прочности и улучшения структуры пор в ячеистых бетонах возможна модификация состава углеродсодержащими наносистемами, при вводе которых возникает эффект армирования вяжущей минеральной матрицы [5].

Для улучшения структуры пор получаемого газобетона были использованы нанодисперсные образования двух видов. Использовались углеродные наносистемы, заполненные медью, кобальтом и никелем, получаемые методом стимулированной дегидрополиконденсации и карбонизации (рис. 1, а) [6]. В качестве исходного углеродного материала использовали антрацен и фенантрен. В качестве активной среды использовали расплавы хлоридов алюминия, меди, кобальта, марганца, хрома с ультрадисперсными порошками соответствующих металлов. Также использовались углеродные нанотрубки «Таунит»\*, полученные каталитическим пиролизом путем газозафазного осаждения углеводородов ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ) на медных и никелевых катализаторах (рис. 1, б, в) [7].

Содержание наночастиц в ангидритовой матрице не превышало 0,05% от массы матрицы, при этом достигалась структурная ориентация ангидритовой матрицы вокруг наночастиц с образованием плотного и прочного зародыша. Феномен сверхмалых концентраций наночастиц обусловлен чаще всего изменчивостью матрицы. Чем больше вероятных структур может принимать матрица, чем более она активна в своих изменениях, тем в большей степени она подвержена изменению при воздействии сверхмалых концентраций наноструктур.

При модифицировании газобетона углеродными наноструктурами происходит изменение микроструктуры и улучшение его физико-технических характеристик. Как видно из рис. 2, структура газобетона становится плотнее, уменьшается перколяция стенок пор. Наличие углеродных наносистем в составе поризованной фторангидритовой композиции приводит к стабилизации его структуры (рис. 2, б). Распределяясь в объеме поризованной фторангидритовой композиции, наносистемы играют роль центров направленной кристаллизации, что приводит, с одной стороны, к уменьшению перфорированности стенок пор материала, чем обеспечивается их непрерывность и сплошность (рис. 2, б, в), а, с другой стороны, к появлению упрочняющей структурно-ориентированной надмолекулярной оболочки вокруг наносистем. При этом достигается повышение прочности поризованной фторангидритовой композиции (рис. 3) и снижение теплопроводности изделий на ее основе [8].

На рис. 3 приведена зависимость прочности поризованной фторангидритовой композиции от типа стимуля-

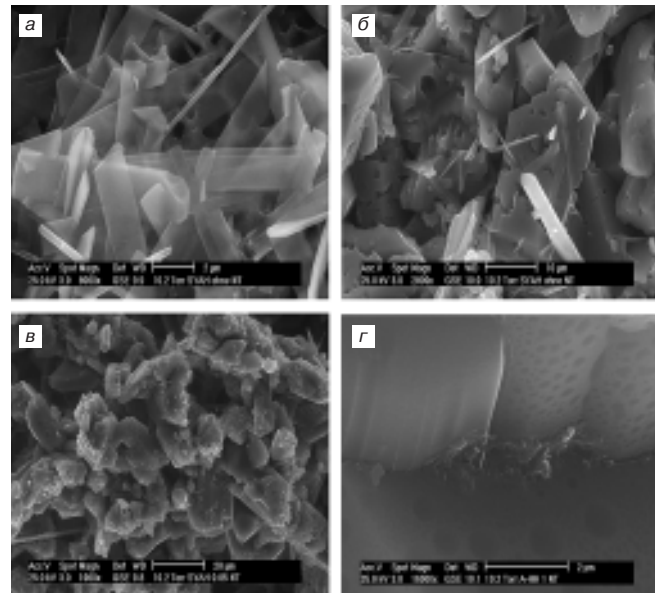


Рис. 4. Микроструктура поризованной фторангидритовой композиции: а, б – без добавления наносистем; в – с добавлением нанотрубок «Таунит»; г – вид межкристаллитной связи между кристаллами гипса

тора, используемого при синтезе. Применение наносистем приводит к повышению прочности поризованного фторангидрита. Прочность его повышается на 19% при использовании углеродных наносистем, полученных при стимуляции реакции дегидрополиконденсации атомами кобальта, и на 14% при использовании наносистем, полученных методом каталитического пиролиза.

Для исследования микроструктуры поризованной фторангидритовой композиции (рис. 4, а, б, в, г) был использован растровый электронный микроскоп с автоэмиссионной электродной пушкой.

Анализ микроструктуры поризованной ангидритовой композиции показал, что при введении углеродных наносистем меняется структура кристаллов гипса. Морфология кристаллов из пластинчатой (рис. 4, а, б) трансформируется в ромбовидную с более плотной упаковкой кристаллов (рис. 4, в), при этом наблюдается уменьшение дефектности самих кристаллов. Уплотнению структуры и повышению прочности материала способствует упрочнение межкристаллитных связей кристаллов гипса (рис. 4, г).

Дифференциально-термический анализ поризованной фторангидритовой композиции показал, что при подъеме температуры до 350°C изменение линий TG, DTA и DTG в контрольной и модифицированной ком-

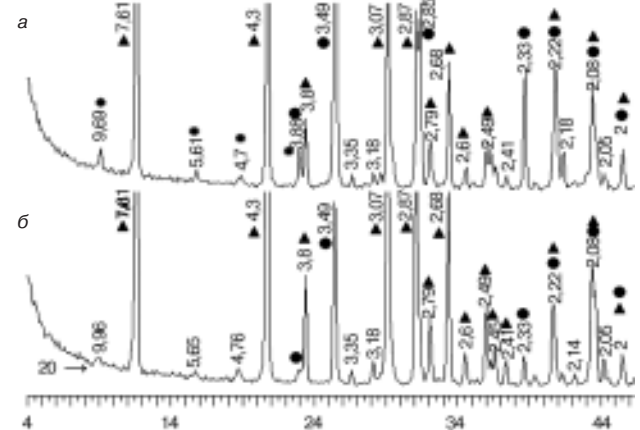


Рис. 5. Рентгенограммы поризованной фторангидритовой композиции: а – без модифицирующих наносистем; б – с добавлением 0,05 % наносистем (● – ангидрит, ▲ – двуводный гипс, \* – эттрингит)

\* Нанотрубки представлены генеральным директором ООО «ТИТЦМ», профессором Тамбовского ГТУ А.Г. Ткачевым

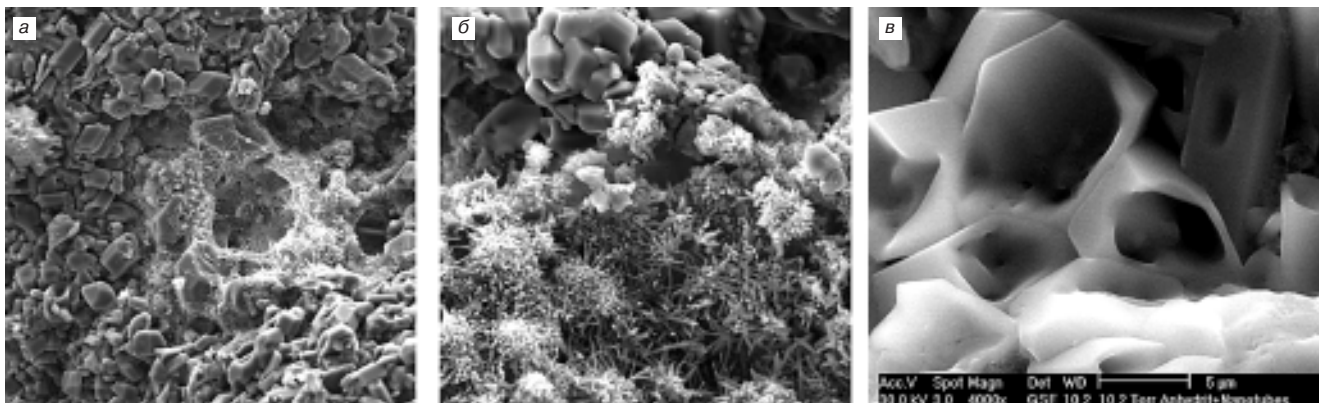


Рис. 6. Микроструктура поризованной фторангидритовой композиции: а – общий вид пор при 1000-кратном увеличении; б – фрагмент стенки поры, покрытый этtringитом при 2000-кратном увеличении; в – кристаллогидратные новообразования из гипса на поверхности пор

позиции идет практически одинаково. При достижении температуры 380°C, на спектре модифицированной нанотрубками композиции отмечено снижение интенсивности экзотермического пика, соответствующего, согласно [9], перестройке структуры с образованием нерастворимого ангидрита, что позволяет говорить о снижении содержания ангидрита в модифицированной композиции вследствие улучшения гидратации.

Результаты дифференциально-термического анализа подтверждаются данными рентгенофазового анализа поризованной фторангидритовой композиции (рис. 5). Отмечено стимулирующее действие модифицирующих наносистем на гидратацию сульфата кальция. В спектре поризованного фторангидрита с добавкой наносистем (рис. 5, б) линии сульфата кальция ( $d_{\alpha} = 3,88; 3,49; 2,85; 2,33 \text{ \AA}$ ) существенно снизились, что позволяет говорить об интенсификации процессов взаимодействия ангидрита с водой с образованием двуводного гипса. Кроме того, снижается содержание этtringита в структуре композиции, модифицированной наносистемами (рис. 5, а).

Анализ микроструктуры показал наличие на поверхности пор новообразований двух типов. Поверхность пор может быть покрыта волокнистыми образованиями, которые, судя по данным микроанализа и характерной морфологии, можно отнести к этtringиту (рис. 6, а, б). Значительный интерес вызывают кристаллические образования на основе двуводного гипса, имеющие вогнутую поверхность граней (рис. 6, в).

Вероятно, формирование кристаллов происходит из аморфной фазы, при этом наносистемы служат подложкой для формирующихся кристаллов гипса. При этом наносистемы, не полностью свернувшиеся в углеродные нанотрубки в процессе их синтеза, являются основой для кристаллогидратных новообразований вогнутой формы с полостями внутри кристаллов.

Таким образом, использование модифицирующих добавок в виде углеродных наносистем при приготовлении поризованной фторангидритовой композиции позволяет повысить физико-механические свойства изделий на ее основе, улучшить теплофизические характеристики поризованной фторангидритовой композиции за счет снижения ее теплопроводности. Отмечено, что

при введении углеродных наносистем в поризованные фторангидритовые композиции достигается активация гидратации ангидрита, происходит повышение прочности композиций, улучшение однородности и стабильности пор.

#### Список литературы

1. Второв Б., Фишер Х.-Б. Влияние активизаторов твердения на свойства ангидритовых вяжущих // Материалы Второго международного научно-технического семинара «Нетрадиционные технологии в строительстве». Томск. ТАСУ, 2001. С. 371–376.
2. Будников П.П., Зорин С.П. Ангидритовый цемент. М.: Промстройиздат, 1954. 93 с.
3. Пащенко А.А., Сербин В.П., Старчевская Е.А. Вяжущие материалы. Киев: Вища школа, 1975. 444 с.
4. Селезнев Г.Я. Возможность использования гипсосодержащего отхода производства в получении ячеистого бетона. Пермь: ППИ. 1987. С. 119–120.
5. Yakovlev G.I., Kerene Ja., Plechanova T.A., Krutikov V.A. Nanobewehrung von Schaumbeton // Beton- und Stahlbetonbau. Vol. 102. Is. 2. 2007. S. 120–124.
6. Бабушкина С.Н., Кодолов В.И., Кузнецов А.П., Николаева О.А., Яковлев Г.И. Способ получения углерод-металлсодержащих наноструктур. Патент РФ на изобретение № 216999. Оpubл.: БИ. 2001. № 18.
7. Ткачев А.Г. Производство и использование углеродного наноструктурного материала «Таунит» // Тезисы докладов Всероссийской конференции «От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к наноиндустрии». Ижевск: ИПМ УрО РАН, 2007. С. 98.
8. Кузьмина И.С., Яковлев Г.И., Плеханова Т.А., Фишер Х.-Б., Керене Я. Фторангидритовые композиции с ультрадисперсными модификаторами // Материалы III Всероссийского семинара с международным участием «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». Тула. 2006. С. 182–188.
9. Горшков В.С., Савельев В.Г., Абакумов А.В. Вяжущие, керамика и стеклокристаллические материалы: Структура и свойства: Справ. пособие. М.: Стройиздат, 1994. 584 с.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ

Международный строительный  
форум «Интерстройэкспо»

#### Уважаемые коллеги!

С 15 по 19 апреля 2008 г. в Санкт-Петербурге («Ленэкспо») состоится международный строительный форум «Интерстройэкспо-2008». Приглашаем посетить наш стенд в павильоне №4 на втором этаже. На стенде можно ознакомиться с новыми номерами журналов и другими изданиями, выпущенными издательством «Стройматериалы».



УДК 666.913.2

А.Г. ГУБСКАЯ, канд. техн. наук, Е.Я. ПОДЛУЗСКИЙ, УП «НИИСМ»;  
В.С. МЕЛЕНЬКО, ОАО «БЕЛГИПС» (Республика Беларусь)

## Производство гипсового вяжущего и изделий из природного и техногенного сырья в Республике Беларусь

Увеличение темпов строительства невозможно без ориентации строительного комплекса на наиболее эффективные недорогие и недефицитные материалы, позволяющие улучшить комфортность жилья. Одним из путей решения этой задачи является расширение производства и внедрение новых высокоэффективных изделий и конструкций на основе гипсового вяжущего, которое обладает рядом достоинств по сравнению с другими строительными материалами, — невысокой стоимостью при высоких потребительских свойствах (гигиеничность, огнестойкость, биостойкость, обеспечение благоприятного климата в помещении). К тому же быстрое твердение гипса позволяет обойтись без значительных затрат энергии на тепловую обработку для получения изделий различного назначения, что способствует снижению энергозатрат на производство изделий.

Гипсовые материалы и изделия в строительном комплексе Республики Беларусь являются традиционными. Особое место среди гипсовых материалов занимают гипсокартонные листы (ГКЛ). Известно, что ГКЛ являются композиционным материалом, состоящим из гипсового сердечника, оклеенного с двух сторон картоном. Свойства его в значительной степени определяются свойствами гипсового сердечника, то есть вводя модифицирующие добавки, можно управлять такими свойствами ГКЛ, как плотность, водопоглощение, огнестойкость.

Нами были проведены исследования свойств пен, полученных из различных типов пенообразователей, как производимых в Белоруссии, так и импортированных из России (рис. 1, 2). Установлено, что пенообразователь «КАРАТ» позволяет получить стабильную устойчивую пену. Испытания на ОАО «Белгипс» подтвердили, что его ввод в гипсовую смесь позволяет снизить

поверхностную плотность ГКЛ от 0,5 до 1 кг/м<sup>3</sup> (в зависимости от толщины ГКЛ) при сохранении прочностных показателей, а также скорости набора прочности лентой гипсокартона. Снижение плотности гипсового сердечника позволяет уменьшить расход гипсового вяжущего на производство 1 м<sup>2</sup> ГКЛ на 10–25%.

Как правило, производители гипсокартонных листов марки ГКЛО ограничиваются только увеличением огнестойкости гипсового сердечника, что достигается увеличением ввода армирующей добавки. Однако как показали наши исследования, значительно увеличить огнестойкость таким технологическим приемом не представляется возможным. Сопrotивляемость воздействию открытого пламени не удается повысить более 22–25 мин (по ГОСТ 6266–97 эта величина должна быть не менее 20 мин). Наши исследования показали эффективность улучшения огнестойкости ГКЛ за счет обработки ленты гипсокартона антипиреном. Антипирен разработан ИОНХ НАН РБ. Нанесение антипирена не ухудшает внешнего вида продукции, прочности сцепления картона с гипсовым сердечником и прочности ГКЛ, но увеличивает устойчивость воздействию открытого пламени в 1,5–2 раза (до 45–60 мин). Это подтвердили испытания строительной конструкции из гипсокартонных листов, проведенные НИИ пожарной безопасности МЧС РБ. Строительная конструкция, изготовленная из ГКЛ по разработанной технологии, имела предел огнестойкости Е 45 (более 45 мин), а из огнестойких ГКЛ фирмы «КНАУФ» — Е 30 (более 30 мин, но менее 45 мин). Таким образом, эффективность обработки гипсокартона антипиреном очевидна, ведь за каждой минутой повышения его огнестойкости может стоять чья-то жизнь.

Увеличение производства гипсовых вяжущих возможно за счет вовлечения в производство в качестве

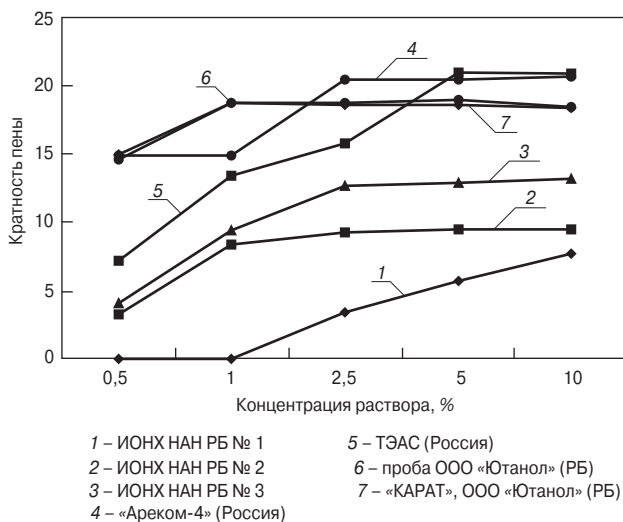


Рис. 1. Изменение кратности пены

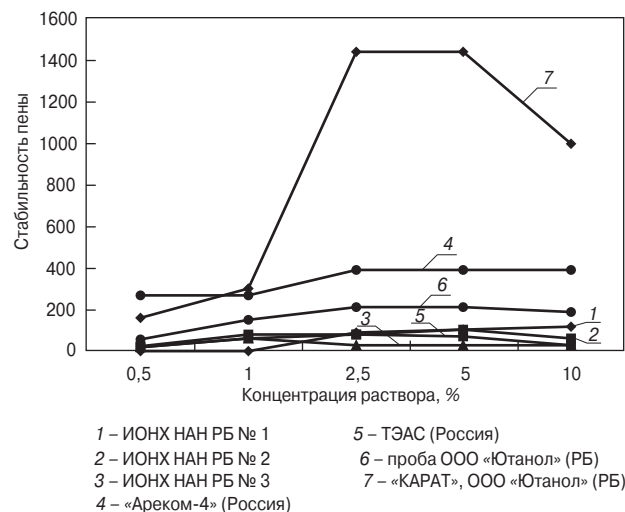


Рис. 2. Изменение стабильности пены (50% уменьшение объема) различных типов пенообразователей

сырьевого материала гипсосодержащих отходов. Особенно актуальна эта проблема для Белоруссии, которая не обладает запасами природного гипсового сырья и ввозит его из-за рубежа. К настоящему времени в Республике Беларусь в отвалах и шламонакопителях имеется более 20 млн т гипсосодержащих отходов, основную часть из которых составляет фосфогипс. В отвалах только Гомельского химического завода скопилось более 14 млн т фосфогипса, причем эта цифра ежегодно увеличивается на 650 тыс. т.

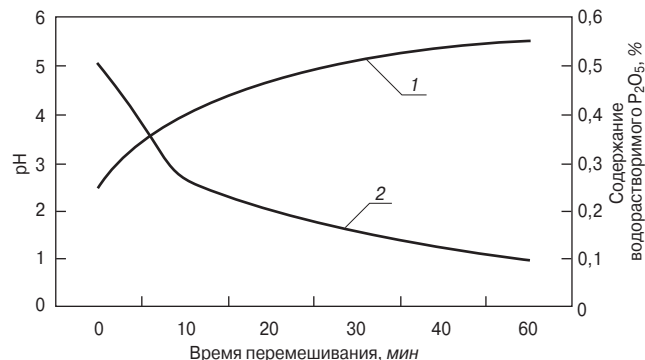
Вопросам переработки гипсосодержащих отходов, и особенно фосфогипса, посвящены многочисленные работы как отечественных, так и зарубежных исследователей, основное внимание в которых уделялось способам нейтрализации фосфогипса [1–5].

Известно, что присутствующие в фосфогипсе следы свободных фосфорной и серной кислот, растворимых солей – монокальцийфосфата, дикальцийфосфата и других примесей замедляют твердение и снижают прочность вяжущих. Выделение фтористых газов при тепловой обработке осложняет технологию. Из-за повышенной кислотности происходит усиленная коррозия оборудования. Соли натрия и калия имеют тенденцию выделяться на поверхности высыхающих изделий в виде высолов. Поэтому независимо от используемых способов получения гипсового вяжущего из фосфогипса начальной стадией является удаление или связывание примесей. В зависимости от условий термообработки нейтрализованного фосфогипса можно получать низкомарочное вяжущее в форме  $\beta$ -полугидрата в гипсоварочных аппаратах при атмосферном давлении, или высокопрочное гипсовое вяжущее в форме  $\alpha$ -полугидрата при гидротермальной обработке.

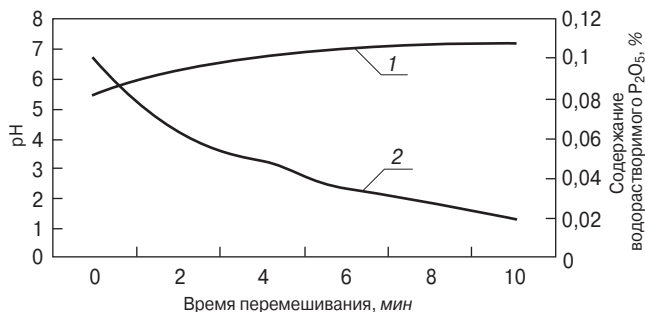
В СССР в промышленных масштабах было реализовано две технологические схемы переработки фосфогипса.

Технология получения  $\beta$ -полугидрата, разработанная Литовским ИСиА, была реализована на экспериментальном заводе в г. Кейданий (около г. Каунаса) [1, 2]. Фосфогипс с влажностью 30–35% нейтрализуют известковым молоком в шлам-бассейнах. Полученный шлам частично обезвоживают на вакуум-фильтрах, а полученный кек сушат в сушильном барабане. Для термообработки используют гипсоварочный котел. Полученный полугидрат домалывают в шаровой мельнице. Марка получаемого вяжущего Г-3–Г-4. Необходимо отметить, что по данной технологии не удалось получить вяжущего, имеющего стабильные свойства. В значительной степени это может быть объяснено недостаточной глубиной нейтрализацией примесей.

Другая технология переработки фосфогипса с получением высокопрочного гипсового вяжущего  $\alpha$ -модификации реализована в г. Воскресенске Московской обл. Для переработки фосфогипса использована технология и оборудование фирмы «Джиулини» (Германия) [4, 5]. Примеси удаляют многократной промывкой фосфогипса. По данной технологии фосфогипс с фильтров линии фосфорной кислоты подают в мешалку, разбавляют водой и подают на барабанные фильтры, предназначенные для промывки. Отмытый от примесей кек фосфогипса вновь разбавляют водой и полученный шлам подают на гидротермальную обработку в автоклав, при температуре 125–130°C (давление 2 атм) образуется  $\alpha$ -полугидрат. Шлам полугидрата на вакуум-фильтрах горячего фильтрования обезвоживают до влажности 12–15% и подают на сушку в трубу-сушилку. Помол вяжущего осуществляется в шаровой мельнице. Данная технология позволяет получать вяжущее марок от Г-7 и выше со стабильными сроками схватывания. Недостатком способа «Джиулини» является появление еще одного вида отхода – кислых сточных вод. На 1 т вя-



**Рис. 3.** Изменение свойств фосфогипса при одностадийном способе нейтрализации: 1 – pH шлама фосфогипса; 2 – содержание водорастворимого фосфата в фосфогипсе



**Рис. 4.** Изменение свойств фосфогипса при двухстадийном способе нейтрализации: 1 – pH шлама фосфогипса; 2 – содержание водорастворимого фосфата в фосфогипсе

жущего расходуется 2–5 м<sup>3</sup> воды, большая часть которой идет в стоки.

Реализованные за рубежом технологии переработки фосфогипса идентичны рассмотренным выше [4, 5].

На основании анализа отечественного и зарубежного опыта УП «НИИСМ» была разработана технология получения вяжущего из фосфогипса Гомельского химического завода.

В разработанной технологии для связывания примесей использовалась нейтрализация фосфогипса известковым молоком. Разработанный нами технологический процесс проводят в три этапа. В значительной степени такой сложный путь подготовки сырья определяется микроструктурой фосфогипса. Исследования микроструктуры фосфогипса позволили установить, что размер его кристаллов колеблется в широких пределах. Крупные кристаллы (более 10 мкм), как правило, сформированы из более мелких, сросшихся по граням. Большая часть примесей обнаруживается на поверхности кристаллов фосфогипса и в промежутках между сросшимися кристаллами. Некоторое количество фосфатов входит в твердый раствор с гипсом при замещении ионом  $\text{HPO}_4^{2-}$  иона  $\text{SO}_4^{2-}$ , так как обе решетки относятся к одной пространственной группе.

Первый этап нейтрализации начинается с ввода в фосфогипс известкового молока в количестве 1–1,5% CaO от массы фосфогипса. На этом этапе содержание водорастворимых фосфатов и фторидов уменьшается на порядок (рис. 3). Исследования микроструктуры частично нейтрализованного фосфогипса показали, что поверхность его кристаллов покрыта слоем мелких плохо закристаллизованных частиц фосфатов кальция. Этот слой и тормозит дальнейший процесс нейтрализации.

Вторая стадия нейтрализации происходит при прохождении суспензии фосфогипса через мельницу мокрого помола. При помолке обнажаются свежие поверхности кристаллов, что способствует дальнейшему связыванию примесей. Так, содержание водорастворимых

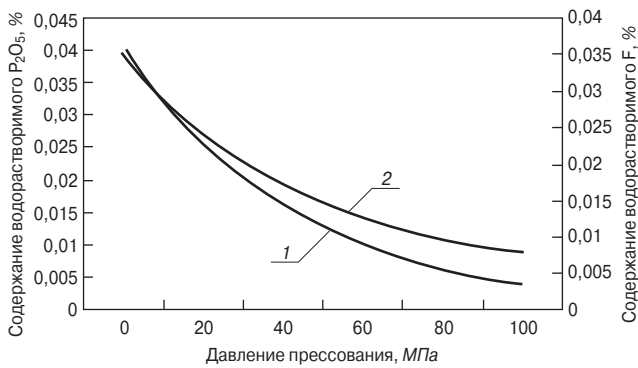


Рис. 5. Изменение содержания водорастворимых фосфатов и фторидов при прессовании: 1 – содержание водорастворимых фосфатов в фосфогипсе; 2 – содержание водорастворимых фторидов в фосфогипсе

фосфорных и фтористых соединений после этой стадии нейтрализации составляет соответственно 0,05 и 0,02%. Мы считаем, что именно на этой стадии происходит окончательное связывание примесей, находящихся на поверхности кристаллов, а также части примесей тех кристаллов, которые мы определили как защемленные в межкристаллических пустотах (рис. 4).

Получение гипсового вяжущего  $\beta$ -модификации (марок не ниже Г-4) невозможно без кондиционирования нейтрализованного фосфогипса. Кондиционирование осуществляется при прессовании высушенного до влажности 5–7% фосфогипса. Как показывают исследования, при прессовании процессы нейтрализации водорастворимых фосфатов и фторидов продолжают (рис. 5). Вероятно, при изменении структуры фосфогипса в процессе прессования происходит связывание сокристаллизованных примесей фосфатов и фторидов.

Для дегидратации фосфогипса можно использовать тепловые агрегаты, традиционно используемые для природного гипсового сырья, – гипсоварочные котлы, тарельчато-роликовые мельницы и др.

Для получения  $\alpha$ -полугидрата сульфата кальция из фосфогипса наиболее рационально использовать схему дегидратации в жидкостных автоклавах. Исследования показали, что во время дегидратации также происходит связывание сокристаллизованных примесей. Этот процесс происходит одновременно с процессом дегидратации дигидрата сульфата кальция. Подтверждением данного положения может служить уменьшение содержания водорастворимых фосфатов и фторидов соответственно до 0,005 и 0,001%, при этом рН суспензии фосфогипса уменьшается с 9–10 на входе в автоклав до 6,5–7 после дегидратации.

Для сушки шлама полугидрата сульфата кальция предлагается использовать башенную распылительную сушилку (БРС). Температура дымовых газов на входе в сушилку подобрана экспериментально и составляет 500–600°C. Она является одним из важнейших технологических параметров, который в значительной степени определяет модификационный состав, а следовательно, и физико-механические свойства получаемого вяжущего. Применение распылительной сушилки позволяет отказаться от помола вяжущего, поскольку одновременно с сушкой происходит процесс диспергирования. Этот процесс происходит за счет разности давления подаваемого на сушку шлама полугидрата, равного 2 атм, и давления в сушилке, равного атмосферному.

Таким образом, технологический процесс получения высокопрочного гипсового вяжущего из фосфогипса включает: его нейтрализацию, дегидратацию – автоклавную обработку и совмещенную сушку и диспергирование полугидрата сульфата кальция. Марка получаемого вяжущего от Г-7 до Г-13 и выше. Вяжущее имеет нормальные сроки схватывания.

Санитарно-гигиенические исследования технологического процесса, выполненные специалистами Белорусского института санитарии и гигиены, показали практически полное отсутствие газообразных выбросов при производстве как вяжущего, так и готовой продукции из него, что позволяет использовать гипсовые изделия во всех категориях зданий и сооружений.

Радиационно-гигиеническая оценка сырья и продукции также показала полную безопасность применения новой продукции во всех видах строительства.

Полученные закономерности при переработке фосфогипса, в частности нейтрализации примесей, можно использовать и при переработке других типов гипсосодержащих отходов.

#### Список литературы

1. Стонис С.М., Кукляускас А.И., Бачаускене М.К. Особенности получения строительного гипса из фосфогипса // Строит. материалы. 1980. № 2. С. 14.
2. Стонис С.М., Казилюнас А.П., Бачаускене М.К. Гипсовое вяжущее из фосфогипса. Технология получения, перспективы развития производства // Строит. материалы. 1984. № 3. С. 9–12.
3. Гордашевский П.Ф., Долгарев А.В. Производство гипсовых вяжущих материалов из гипсосодержащих отходов. М.: Стройиздат, 1987. 105 с.
4. Иваницкий В.В., Классен П.В., Новиков А.А. и др. Фосфогипс и его использование. М.: Химия, 1990. 224 с.
5. Воробьев Х.С. Гипсовые вяжущие и изделия (зарубежный опыт). М.: Стройиздат, 1983. 224 с.

#### Полезные книги

##### Монография «Производство деревянных клееных конструкций»

Автор – заслуженный деятель науки России, доктор техн. наук Л.М. Ковальчук.  
М.: РИФ «Стройматериалы». 2005. 336 с.

В книге рассмотрены основные вопросы технологии изготовления деревянных клееных конструкций. Показаны области их применения. Приведены характеристики материалов для производства – древесины, клеев. Описаны методики контроля качества и влияние технологии на прочность и долговечность клееных конструкций.

Книга рассчитана на специалистов предприятий, производящих ДКК, инженерно-технических работников проектных, научно-исследовательских институтов, разрабатывающих клееные конструкции и проектирующих производства по их изготовлению.

По вопросам приобретения обращаться в редакцию журнала.

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



В.Б. ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ, канд. техн. наук, В.В. БЕЛОВ, д-р техн. наук, Тверской государственный технический университет; А.Ф. БУРЬЯНОВ, канд. техн. наук, ОАО «ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова» (Московская обл.)

## Модифицированные гипсовые дисперсные системы негидратационного твердения

Одним из перспективных способов повышения технологических свойств и качественных показателей гипсовых изделий является модифицирование гипсового камня различными добавками. В частности, эффективными добавками в гипсовые системы признаны супер- и гиперпластификаторы [1, 2]. Введение пластификаторов в состав сырьевых смесей позволяет снизить водогипсовое отношение и тем самым повысить прочностные характеристики. При этом сокращаются энергетические затраты за счет ускорения кинетики нарастания прочности материалов при использовании естественной сушки.

Использование добавки поливинилового спирта в составе гипсовых систем на основе полуводного гипса широко исследовано и признано недостаточно эффективным [3].

Однако процесс структурообразования дисперсных систем на основе двуводного гипса, лежащий в основе твердения безобжиговых гипсовых вяжущих, имеет некоторые особенности, позволяющие с большей эффективностью использовать поливиниловый спирт в системах негидратационного твердения. Использование поливинилового спирта в комплексе с внешним механическим воздействием (прессованием) позволяет активизировать процесс структурообразования безобжигового гипсового вяжущего, одновременно повысить технологичность процесса формования и улучшить свойства изделий. Для проверки этой гипотезы в данной работе исследовалось влияние поливинилового спирта и водотвердого отношения на формовочные свойства порошкообразных сырьевых смесей на основе двуводного гипса, плотность и прочность получаемого материала.

В качестве основного сырья применялся двуводный техногенный гипс – отход керамической промышленности – отработанные формы Конаковского фаянсового завода, полученные литьевым способом из полуводного гипсового вяжущего марки Г-6 Б III Пешеланского гипсового завода. Исследования проводились с использованием бинарных сырьевых смесей порошков двуводного гипса оптимального зернового состава [4]. Оценка влияния добавок на свойства гипсовых систем негидратационного твердения проводили на образцах-цилиндрах с высотой и диаметром 50 мм, изготовленных методом полусухого прессования. Давление на образцы составляло

30 МПа, испытания проводились в возрасте 14 сут. Твердение образцов осуществлялось в эксикаторе над водой.

В качестве добавки был использован поливиниловый спирт (ПВС) марки ГФ в виде раствора. Содержание добавки варьировалось от 0,15 до 0,45 % от массы двуводного техногенного гипса.

Критерием оценки влияния добавки поливинилового спирта на процесс уплотнения пресс-порошка двуводного гипса были приняты средняя плотность и упругое расширение материала после снятия давления, которое может вызвать в системе деструктивные процессы и привести к снижению прочности, а при увеличении упругого расширения сверх допустимого значения – и к появлению трещин. Для изучения формовочных свойств гипсовых порошковых сырьевых смесей использовалась методика [5], предложенная И.И. Бернеем и В.В. Беловым, с использованием прибора ПОФС-1, разработанного для исследования формовочных свойств керамических порошков [6]. Схожесть свойств керамических масс с гипсовыми порошками позволяет использовать устройство для определения деформаций при уплотнении. Обратная величина средней плотности уплотненного пресс-порошка двуводного техногенного гипса и упругое расширение материала рассчитывались аналитическим путем по формулам, предложенным И.И. Бернеем и В.В. Беловым.

Введение добавки поливинилового спирта дает пластифицирующий эффект, позволяющий повысить плотность материала в среднем на 25–30% (рис. 1).

С увеличением процентного содержания добавки поливинилового спирта до 0,35% средняя плотность увеличивается, что объясняется улучшением удобоукладываемости сырьевой смеси за счет создания на поверхности частиц монослоя пластификатора. Добавка поливинилового спирта не только повышает плотность материала, но и снижает величину упругого расширения уплотненного пресс-порошка двуводного гипса после снятия давления в результате образования первичных структурных связей в момент приложения нагрузки.

Улучшение формовочных свойств сырьевых смесей на основе двуводного гипса за счет введения добавки ПВС приводит к повышению прочности прессованных изделий (рис. 2). Введение добавки поливинилового спирта увеличивает прочность прессованных образцов в среднем на 26%.

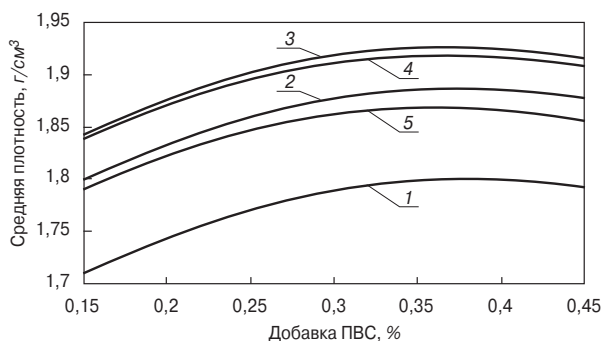


Рис. 1. Зависимость средней плотности гипсового пресс-порошка, уплотненного с использованием прибора ПОФС-1, от содержания добавки ПВС при: 1 – В/Т=0,1; 2 – В/Т=0,11; 3 – В/Т=0,12; 4 – В/Т=0,13; 5 – В/Т=0,14

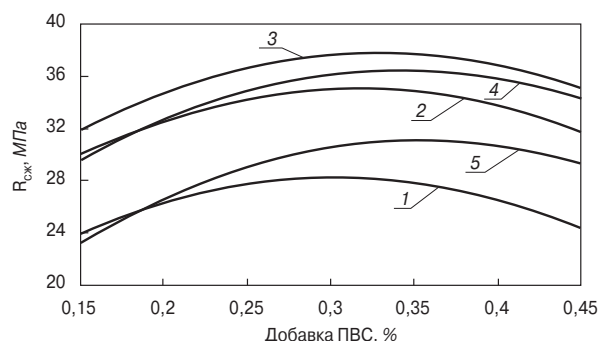


Рис. 2. Зависимость прочности прессованных гипсовых образцов от процентного содержания добавки ПВС при: 1 – В/Т=0,1; 2 – В/Т=0,11; 3 – В/Т=0,12; 4 – В/Т=0,13; 5 – В/Т=0,14

Содержание добавки ПВС, % от массы двуводного техногенного гипса, В/Т = 0,3	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35
Упругое расширение материала, см <sup>3</sup> /г	0,041	0,028	0,02	0,012	0,005

Максимум прочности достигается при содержании добавки ПВС 0,3–0,35%, что соответствует максимальной плотности, а следовательно, максимальному количеству эффективных контактов, которые и обеспечивают образование структуры дисперсной системы негидратационного твердения.

Повышению прочности образующейся структуры способствует взаимодействие поливинилового спирта с кристаллами гипса, содержащими молекулы воды. Образующиеся в результате взаимодействия водородные связи повышают прочность единичных контактов и, следовательно, прочность всей структуры.

Для более эффективного воздействия добавки необходимо учитывать влияние влажности пресс-порошков на прессуемость сырьевой смеси на основе двуводного гипса и физико-механические свойства получаемых прессованных материалов. Толщина пленки жидкой связки с добавкой пластификатора должна обеспечивать скольжение частиц порошка двуводного гипса при прессовании и в то же время не препятствовать сближению частиц на расстояние действия межмолекулярных сил, обеспечивающих образование структуры в системах негидратационного твердения.

Таким образом, в результате проведенных исследований установлено, что добавка поливинилового спирта положительно влияет на формовочные свойства сырьевой смеси, среднюю плотность и прочность безобжиговых гипсовых прессованных изделий, что открывает новые возможности в производстве строительных материалов по малоэнергоемким и ресурсосберегающим тех-

нологиям, так как позволяет сократить энергозатраты на формование изделий.

#### Список литературы

1. Шленкина С.С., Гаркави М.С., Новак Р., Привратский А., Фишер Х.-Б. Влияние пластификаторов на твердение гипсового вяжущего // Строит. материалы. 2007. № 9. С. 61–62.
2. Василик П.Г., Чалова А.И. Влияние супер- и гиперпластификаторов на водогипсовое отношение и прочность затвердевшего гипсового камня // Материалы международной научно-практической конференции «Гипс, его исследование и применение». Красково. 2005. С. 122–123.
3. Долгоров В.А., Тамарова Н.А. Новый пластификатор для гипсобетона // Материалы международной научно-практической конференции «Гипс, его исследование и применение». Красково. 2005. С. 144–149.
4. Пат. 2278841 РФ. Сырьевая смесь для изготовления гипсовых изделий и способ их изготовления / Петропавловская В.Б., Кедрова Н.Г. и др. № 2005102451/03. Опубл. 27.06.2006. Бюл. №1 8.
5. А. с. 1627891 СССР. Способ определения формовочных свойств керамических порошков / Берней И.И., Белов В.В. № 4491847; заявл. 10.10.1988; зарегистр. 15.10.1990.
6. А. с. 1430834 СССР. Устройство для определения формовочных свойств керамических порошков / Берней И.И., Белов В.В. № 4491847; заявл. 25.07.1986; зарегистр. 15.06.1988.



**24–26  
сентября  
2008 г.  
Волгоград**

**Оргкомитет:  
140050, Московская обл.,  
п. Красково,  
ул. К. Маркса, 117,  
ВНИИСТРОМ**

**Телефоны:  
(495) 557-30-11  
(8442) 49-34-80**

**E-mail: gips@rescom.ru**

Российская гипсовая ассоциация  
Российское научно-техническое общество строителей  
Администрация Волгоградской области  
Московский государственный строительный университет  
ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова  
Научно-исследовательский институт строительной физики  
ГУП «НИИМосстрой»

---

**Четвертый Всероссийский семинар с международным участием  
«Повышение эффективности производства  
и применения гипсовых материалов и изделий»**

---

Тематика семинара:

- технический прогресс в области гипсовых материалов и изделий
- гипсовые материалы в малоэтажном строительстве
- привлекательность и механизмы инноваций в гипсовой отрасли
- качество и долговечность гипсовых материалов и изделий
- лаборатории, менеджмент качества, экологический менеджмент и их роль в обеспечении качества и долговечность гипсовых материалов
- нормативно-техническая документация в соответствии с современными требованиями
- обучение и переподготовка специалистов в области производства гипсовых материалов

Тематическая производственная экскурсия на ОАО «ГИПС»

---

Генеральный информационный спонсор: журнал 

удк 691.311

Р.Н. МИРСАЕВ, канд. техн. наук, ОАО «Полиэф» (Уфа);  
В.В. БАБКОВ, И.В. НЕДОСЕКО, доктора техн. наук, С.С. ЮНУСОВА, канд. техн. наук,  
Т.В. ПЕЧЕНКИНА, М.И. КРАСНОГОРОВ, инженеры,  
Уфимский государственный нефтяной технический университет

## **Опыт производства и эксплуатации гипсовых стеновых изделий**

В последние годы одним из наиболее перспективных строительных материалов, возможности которого в настоящее время реализуются далеко не полностью, является гипс. Запасы гипса в Российской Федерации практически неисчерпаемы (только в Республике Башкортостан на три разведанных месторождения приходится свыше 400 млн т), имеется также огромное количество гипсосодержащих отходов, пригодных для производства гипсовых материалов различного назначения.

Достоинства и преимущества гипсовых вяжущих и изделий на их основе общеизвестны. Они определяются прежде всего простотой и низкими удельными энергозатратами технологического процесса переработки исходного сырья на вяжущее и затем вяжущего в изделия.

Решающее значение имеют также короткие сроки схватывания гипса в сочетании с возможностью их регулирования и быстрое достижение изделиями расплубочной прочности, что значительно ускоряет оборачиваемость формовочного оборудования и сокращает потребность в производственных площадях.

Производство гипса и изделий из него для отделочных работ (гипсокартон, штукатурные смеси) развивается в последние годы достаточно интенсивно, но наиболее эффективным в связи с намеченными планами роста объемов строительства жилых зданий малой этажности и острой нехваткой стеновых материалов является массовое производство низко- и среднемарочных стеновых и перегородочных изделий, получаемых по упрощенной безобжиговой технологии.

В Уральском и Поволжском регионах, Казахстане был богатый опыт производства гипсовых изделий, который, к сожалению, в настоящее время во многом утрачен [1]. Интересный опыт использования гипса в строительстве наработан во время Великой Отечественной войны и послевоенные годы в Башкирии в Уфе и Стерлитамаке [2]. Здесь на базе собственного производства гипсового вяжущего различной модификации (как стандартного обжигового, так и автоклавного «демпферного») было организовано производство широкого ассортимента гипсовых конструкций и изделий – мел-



**Рис. 1.** Мелкоштучные гипсобетонные вибропрессованные блоки на строительной площадке (1951 г.)



**Рис. 2.** Крупноразмерный двухпустотный гипсобетонный блок (1,2×0,8×0,4 м), производство треста № 3 г. Уфы в 1957–1959 гг. (1958 г.)



**Рис. 3.** Жилой дом в Уфе по ул. Калинина с несущими стенами из гипсоблоков (1956 г.)



**Рис. 4.** Жилой дом в Уфе по ул. Калинина (2008 г.). При капитальном ремонте мелкоштучные фальшбалконы были заменены на стандартные с выносными монолитными железобетонными плитами



Рис. 5. Жилой дом в Уфе по ул. Нежинской, построен в 1942 г. (1956 г.). Стены, карнизы и отделка выполнены из гипса

коштучных (рис. 1) и крупноразмерных (рис. 2) гипсобетонных стеновых блоков, перемычек и даже плит перекрытий, элементов колонн, а также многочисленных архитектурно-строительных деталей (подоконных досок, карнизных блоков, лепных украшений и др.).

Составы гипсобетонов, учитывая острейший дефицит строительных материалов в военное время, были весьма экономичны. В среднем расход гипсового вяжущего составлял не более 15–20%, в качестве заполнителя использовали шлаки и золы местных котельных, отсеvy щебня (как гипсового, так и известнякового), а также опилки. Изделия производились методом литья (в деревянных формах), трамбованием, а также вибропрессованием (использовалось традиционное оборудование для приготовления бетонных блоков). За 1942–1950 гг. на основе этих стеновых изделий были построены сотни двухэтажных многоквартирных жилых домов (рис. 3–8), большинство из которых простояли до настоящего времени.

Конструктивно большинство домов выполнено на фундаментах ленточных бутовых из гипсового камня. По бутовой кладке уложено 2–5 рядов керамического кирпича с последующей гидроизоляцией расплавленным битумом. Наружные и внутренние стены выполнены из гипсобетонных блоков, перекрытия дощатые по деревянным балкам, засыпные (частично из гипсобетонных плит), крыша скатная. Наружные стены из гипсовых блоков были офактурены так, что здания не требовали наружной отделки (только побелки). Лишь в 1960–1965 гг. большинство домов было оштукатурено. Однако это нельзя признать рациональным решением, так как из-за некачественных отделочных составов штукатурные слои в последующие годы постоянно отслаивались.



Рис. 7. Несмотря на постоянное отслоение наружной штукатурки, состояние гипсобетонных блоков хорошее (2008 г.)



Рис. 6. Главный и дворовый фасады дома по ул. Нежинской (2008 г.)

Опыт эксплуатации зданий в течение более 60 лет свидетельствует о том, что несмотря на многолетние воздействия атмосферной влаги (среднегодовая влажность воздуха в районе строительства 75% и более), осадков и знакопеременных температур, а также тяжелых условий эксплуатации (изношенные коммуникации в коммунальных квартирах), ограждающие и большинство несущих конструкций находятся в хорошем состоянии и не потеряли своих эксплуатационных качеств. Дома сухие, теплые и отличаются хорошей звукоизоляцией.

В настоящее время также возможно и целесообразно существенное увеличение выпуска гипсовых стеновых изделий на базе как природного сырья, так и промышленных отходов [3]. Причем организация такого производства не требует значительных капиталовложений,



Рис. 8. Цокольная часть дома в Уфе по ул. Нежинской. Несмотря на постоянное промораживание и воздействие атмосферной влаги более чем за 60 лет эксплуатации, дефекты минимальны. Виден состав гипсобетонных блоков с заполнителем на основе топливных шлаков местных котельных



**Рис. 9.** Мобильная установка РК-250 для полусухого прессования стеновых изделий из различных материалов (грунтоблок, гипсоблок). Кувандыкский механический завод (Оренбургская обл.)

при этом возможно использование серийного технологического оборудования, например для прессования грунтоблоков (рис. 9) и других подобных изделий, выпускаемого отечественными предприятиями машиностроения, а также перепрофилирование производства технологических линий на заводах силикатного кирпича на выпуск прессованных гипсобетонных изделий.

**Список литературы**

1. *Передерий И.А.* Применение высокопрочного гипса в строительстве. Куйбышевский инженерно-строительный институт. 1963. 285 с.
2. *Бабков В.В., Недосеко И.В., Мирсаев Р.Н.* Опыт производства и применения гипсовых вяжущих в Республике Башкортостан. Труды второй всероссийской конференции «Гипс и его применение». Уфа. 2003. С. 196–200.
3. *Мирсаев Р.Н., Бабков В.В., Недосеко И.В. и др.* Фосфогипсовые отходы химической промышленности в производстве стеновых изделий. М.: Химия, 2004. 173 с.

**Группа компаний «РегионСнабИнвест»**

Выполняет работы по проектированию, капитальному ремонту, строительству и реконструкции объектов жилищно-гражданского, административного, сельскохозяйственного назначения.

Имеется опыт надстройки мансардных этажей с арочным очертанием кровли на основе современных металлических конструкций.

**450083, Республика Башкортостан,  
г.Уфа, ул. Гагарина 74/1  
Тел./факс: (347)244-21-20  
e-mail: regionsnabinvest@mail.ru**



реклама

**ООО «Глобус»**

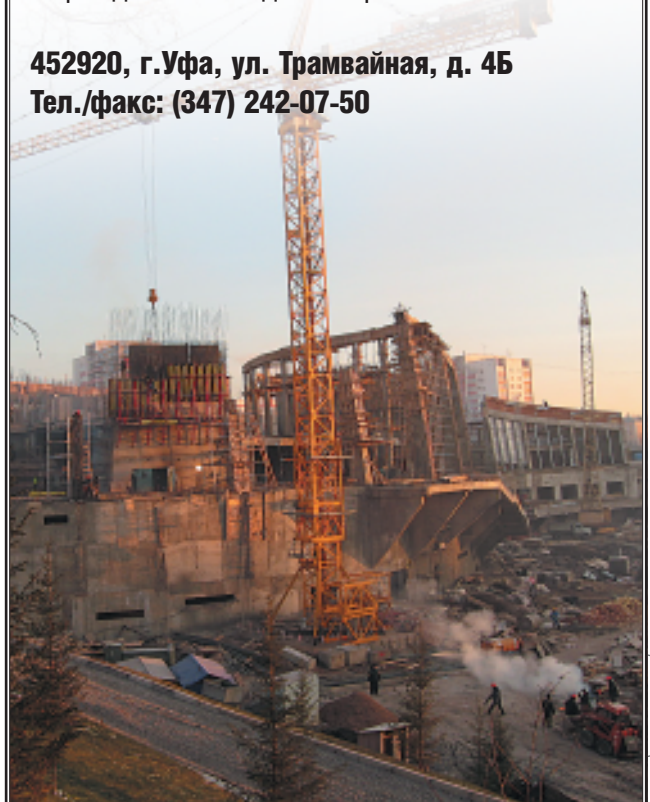


Накоплен значительный опыт в строительстве жилых и общественных зданий

Выполняет функции генподрядчика при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте:

- жилых домов различной этажности
- зданий социально-культурного назначения
- гражданского и административного назначения

**452920, г.Уфа, ул. Трамвайная, д. 4Б  
Тел./факс: (347) 242-07-50**



реклама



УДК 691.55

А.П. ПУСТОВГАР, канд. техн. наук,  
Московский государственный строительный университет

## Опыт применения гипсовых вяжущих при возведении зданий

Мировое потребление природного гипса в 2007 г. превысило 120 млн т, а синтетического – 200 млн т. Крупнейшими потребителями и производителями природного гипса являются страны Северной Америки, Юго-Восточной Азии и Западной Европы (рис. 1).

Использование составов на основе гипсовых вяжущих обусловлено во многом совокупностью положительных свойств, присущих только данной группе материалов. В первую очередь это отсутствие усадочных деформаций, быстрый набор прочности, хорошие тепло- и звукоизолирующие свойства, огнестойкость. Так как применение составов ориентировано в основном на производство внутренних работ, к привлекательным свойствам добавляются также хорошие экологические характеристики и высокая паропроницаемость (рис. 2).

Популярность гипсовых вяжущих возросла и в связи с принятием во многих странах мира ограничений по выбросам в атмосферу  $\text{CO}_2$ , которые в этом случае до 10 раз меньше, чем при производстве цемента.

Широкое использование гипсовых вяжущих при возведении и отделке зданий и сооружений в нашей стране особенно актуально, так как:

- половина запасов мировых разведанных месторождений гипса находится на территории России;
- себестоимость производства гипсового вяжущего более чем в 5 раз ниже себестоимости производства цемента;

- на производство 1 т гипсовой продукции расходуется до 6 раз меньше энергии, чем на производстве такого же количества цемента;
- использование материалов на основе гипсовых вяжущих создает более комфортные условия для пребывания человека в помещении в различных климатических зонах при большом диапазоне изменения температурно-влажностных параметров;
- сроки производства работ с использованием бетонов и растворов на основе гипсовых вяжущих в несколько раз ниже, чем при работе с аналогичными материалами на основе портландцемента.

Однако в России сложилась парадоксальная ситуация с применением гипсовых вяжущих в строительстве. Во-первых, при огромных запасах природного гипса в России его потребление в несколько раз ниже, чем в развитых зарубежных странах. Во-вторых, при более низкой себестоимости производства гипсового вяжущего его стоимость в России ненамного ниже портландцемента. Например, в США средняя стоимость гипсового вяжущего в 2007 г. при отпуске с завода производителя составляла 17,7 долл. США, что почти в 5 раз ниже стоимости портландцемента. В-третьих, в России практически не используются синтетический гипс и гипсосодержащие отходы.

При данных условиях применение гипсовых вяжущих в России для большинства случаев становится экономически неоправданным, и

несмотря на большое количество преимуществ, используются они в основном при производстве достаточно дорогой продукции – гипсокартонных и пазогребневых плит, а также сухих строительных смесей для отделочных работ и устройства полов в помещениях с нормальным режимом эксплуатации.

Одним из сдерживающих факторов применения материалов на основе гипсовых вяжущих при возведении зданий и сооружений является также отсутствие информации об опыте их эксплуатации в условиях воздействия влажности и значительных температур. Результаты лабораторных испытаний в данном случае не могут побороть инертности строителей, у которых сформировалось отношение как к материалам, не обладающим достаточной прочностью, водостойкостью и долговечностью. Даже в традиционных областях применения гипсовых вяжущих, таких как штукатурки и полы, среди строителей часто бытует мнение, что гипсовые материалы лучше не использовать.

Между тем в России накоплен достаточный опыт широкого применения гипсовых материалов в конструкциях различного назначения и эксплуатации их в различных температурно-влажностных условиях в течение длительного времени. Известным ученым в области гипсовых вяжущих А.В. Ферронской был обобщен многолетний опыт применения гипсовых материалов и изделий в строительстве

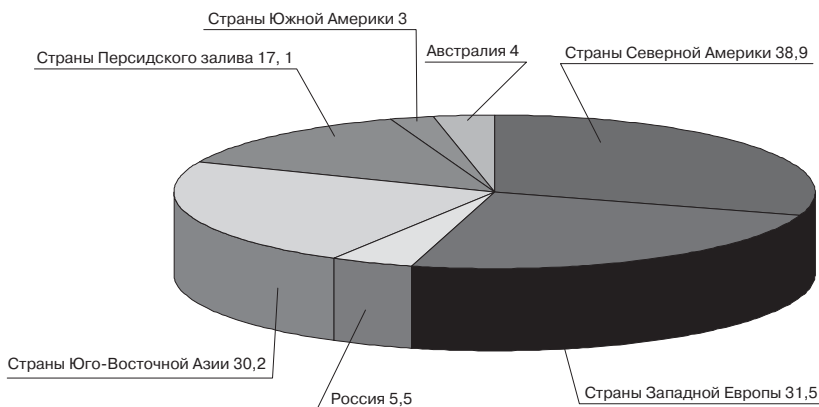


Рис. 1. Потребление природного гипса в мире в 2007 г., млн т

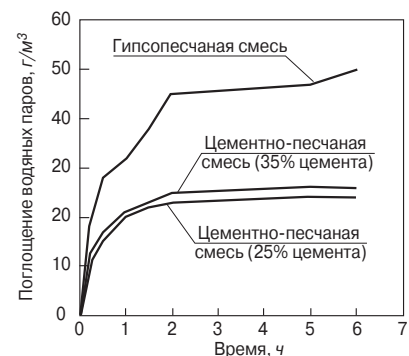


Рис. 2. Интенсивность поглощения водяных паров образцами различных материалов при температуре 20°C и при резком повышении влажности с 50 до 90%



**Рис. 3.** Одноэтажное жилое здание из материалов на основе гипсовых вяжущих. Фундамент бутовый из гипсового камня, наружные и внутренние несущие стены из шлакобетона на основе гипсового вяжущего

зданий и сооружений [1], при этом многие проекты были реализованы при ее непосредственном участии и эксплуатируются до настоящего времени.

Примером длительной эксплуатации жилых домов из гипсовых материалов являются здания, возведенные в Республике Башкортостан (г. Стерлитамак) в 1942 г. В этот период там был построен жилой поселок для размещения рабочих эвакуированных производств. В основу конструктивных решений данных зданий положены несущие и ограждающие конструкции на гипсовых вяжущих. Многие дома были снесены после почти 50-летней эксплуатации из-за морального износа (коридорная система, отсутствие водопровода и канализации). Результаты обследований показывают, что за время эксплуатации материалы сохранили высокие физико-механические показатели и вместо планируемых 10–15 лет эксплуатировались 50 лет и более [2, 3]. По отзывам жильцов, дома имели хорошую тепло- и звукоизоляцию и достаточно комфортный микроклимат [3].

В настоящее время в Стерлитамаке эксплуатируется несколько зданий, построенных в 1942 г. (рис. 3, 4). Безусловно, за это время у зданий появились отдельные дефекты, но в основном причиной дефектов стала неправильная эксплуатация, ошибки проектирования и отдельные конструктивные недостатки зданий.

Следует отметить, что в конструкциях домов использовались неводостойкие гипсовые вяжущие, имеющие невысокие прочностные характеристики. Как правило, коэффициент размягчения для таких материалов не превышает 0,4, а марочная прочность при сжатии 4–6 МПа.

Применение водостойких гипсовых вяжущих существенно расширяет возможности использования конструкций и повышает их конкурентоспособность.

Низкая водостойкость материалов на основе гипсовых вяжущих определяется прежде всего достаточной хорошей растворимостью двухводного гипса в воде, а также значительной пористостью затвердевших растворов и бетонов на их основе. Исходя из этого основными направлениями повышения водостойкости данных составов является снижение растворимости двухводного гипса и пористости материала с одновременным закрытием пор для предотвращения доступа воды. Поэтому при проектировании составов используют компоненты, обеспечивающие максимально возможную водостойкость без снижения других строи-

тельно-технологических характеристик. Это достигается в первую очередь применением в качестве вяжущего ангидрита,  $\alpha$ -полугидрата или совместного использования смеси ангидрита и  $\alpha$ -полугидрата.

Такой выбор связан с более плотной структурой и более низкой водопотребностью данных гипсовых вяжущих по сравнению с гипсом  $\beta$ -полугидратом. Правильно подобранный гранулометрический состав заполнителей и наполнителей также способствует снижению пористости затвердевшего раствора. Более плотная структура материала достигается и при использовании суперпластификаторов и пеногасителей, а использование гидрофобизирующих добавок и редиспергируемых порошков сополимеров винилацетата и акрилата препятствует распространению воды через поры.



**Рис. 4.** Двухэтажное жилое здание из материалов на основе гипсовых вяжущих. Фундамент из гипсового камня; несущий каркас с колоннами из гипсобетонных блоков; наружные стены – сборные гипсовые плиты с засыпкой пазух шлаком; перекрытия из сборного железобетона на основе гипсового вяжущего

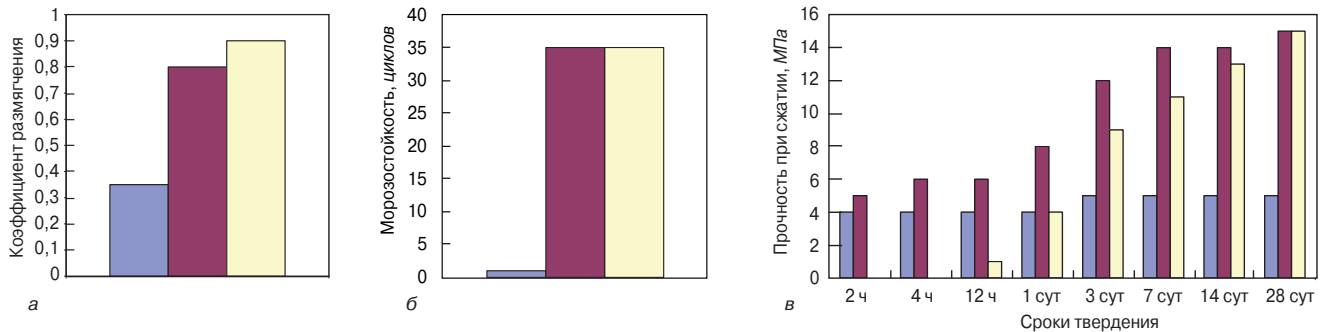


Рис. 5. Сравнение свойств составов на гипсовом вяжущем Г-7 (■), на гипсовом вяжущем Г-7 с модификатором гипса (■) и на портландцементном вяжущем (□): а – водостойкость образцов; б – морозостойкость образцов различных составов поробетона, марка по плотности D600; в – динамика набора прочности образцов

Для снижения растворимости двухводного гипса используют добавки, при взаимодействии с которыми гипс образует соединения с более низкой растворимостью. Чаще всего это вещества, имеющие общий ион с сульфатом кальция, либо гидравлические вяжущие совместно с активными минеральными добавками.

Однако практическое использование данных положений сопряжено с такими сложностями, как ограниченные объемы производства гипса α-полугидрата и ангидрита, высокая стоимость используемых полимерных добавок, а также уменьшение прочности при использовании добавок, снижающих растворение гипса.

Одним из путей практического решения проблем прочности и водостойкости бетонов и растворов на основе гипсовых вяжущих является использование модификаторов се-

рии МГ, разработанных в лаборатории «Новые строительные материалы и технологии» МГСУ.

Модификаторы гипсовых вяжущих представляют собой сочетание минеральных и органических компонентов, оптимизированных по составу и подвергнутых специальной обработке. Принцип действия данных модификаторов основан на создании условий для образования водоустойчивых соединений и формирования более плотной структуры и высокой дисперсности новообразований твердеющей системы при низком содержании воды.

Использование гипсовых вяжущих на основе β-полугидрата в сочетании с модификаторами МГ позволяет создавать составы сухих гипсобетонных смесей для устройства полов, а также мелкозернистые бетоны и поробетоны для несущих и ограждающих конструкций плот-

ностью 400–1800 кг/м<sup>3</sup> и прочностью при сжатии до 20 МПа.

Испытания показали, что материалы ограждающих конструкций на основе гипсового вяжущего с модификатором гипса обладают механическими и эксплуатационными характеристиками, сопоставимыми с характеристиками материалов на основе портландцемента (рис. 5, а, б). За счет снижения сроков набора распалубочной прочности (рис. 5, в) увеличивается эффективность механизации работ при использовании гипсоборобетона в монолитных и сборно-монолитных ограждающих конструкциях.

Составы на основе модифицированных гипсовых вяжущих сохраняют традиционно хорошие санитарно-гигиенические свойства и высокую скорость набора прочности, но при этом обладают достаточной водостойкостью и хорошими прочно-



Рис. 6. Одноэтажное жилое здание с мансардным этажом. Наружные стены выполнены из гипсоборобетона и облицованы керамическим кирпичом



Рис. 7. Одноэтажное здание административного назначения. Наружные стены выполнены из гипсоборобетона и оштукатурены



Рис. 8. Одноэтажный дом с мансардой. Несущий каркас из железобетона на основе модифицированного гипсового вяжущего; наружные стены из гипсоборобетона облицованы плитками из модифицированного гипсового вяжущего



Рис. 9. Многоэтажный жилой дом с несущими и ограждающими конструкциями из материалов на основе гипсовых вяжущих. Австралия



Рис. 10. Административное здание с ограждающими и несущими конструкциями из материалов на основе гипсовых вяжущих. Китай



Рис. 11. Здание гостиницы с ограждающими и несущими конструкциями из материалов на основе гипсовых вяжущих. Китай

стными характеристиками. Сочетание этих свойств позволяет:

- повысить энергосбережение строящихся зданий;
- использовать материалы на основе модифицированного гипсового вяжущего в качестве несущих или ограждающих конструкций в зданиях различного назначения и этажности или применять как отделочные материалы в помещениях с различными режимами эксплуатации;
- широко применять механизированные технологии производства строительных работ без использования тяжелой строительной техники;
- в несколько раз сократить сроки возведения зданий, повысить оборачиваемость опалубки и снизить себестоимость строительства.

При этом сроки производства работ сокращаются до восьми раз при возведении монолитных и до четырех раз при возведении сборно-монолитных многослойных ограждающих конструкций.

С использованием модифицированных гипсовых вяжущих в настоящее время в России возведены пять экспериментальных малоэтажных жилых домов различных конструктивных решений (рис. 6–8). Мониторинг эксплуатации зданий и со-

стояния несущих и ограждающих конструкций, проводимый в течение трех лет, позволил выявить недостатки отдельных конструктивных решений зданий и разработать рекомендации по проектированию несущих и ограждающих конструкций из материалов на основе модифицированных гипсовых вяжущих.

В Австралии и Китае построены и эксплуатируются более 100 зданий различного назначения (рис. 9–11). В Индии для реализации национальной программы по строительству социального жилья планируется построить миллионы квадратных метров жилья с применением гипсовых вяжущих. Экспериментальные малоэтажные здания построены в США, где почти 60% гипсовых материалов производится из импортного сырья.

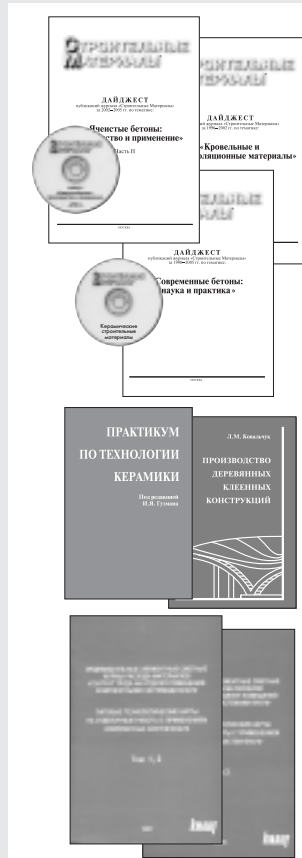
Учитывая ситуацию, складывающуюся в цементной промышленности, рост цен на портландцемент и дефицит, применение модифицированных гипсовых вяжущих могут стать своевременным решением при выборе материала для различных видов строительных конструкций.

Широкое использование модифицированных гипсовых вяжущих при возведении ограждающих малоэтажных зданий уже сейчас может стать весомым вкладом в реализацию национальной программы

«Доступное и комфортное жилье — гражданам России». Прежде всего это значительное снижение стоимости квадратного метра за счет применения местных строительных материалов, к которым относятся гипсовые вяжущие, и эффективной механизации работ.

**Список литературы**

1. Ферронская А.В. Опыт применения гипсовых материалов и изделий в строительстве (отечественный и зарубежный) // Материалы семинара «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». Уфа. 2–4 июня 2004 г.
2. Тэненбаум Г.В. Опыт строительства и эксплуатации жилых домов с применением гипсовых вяжущих в г. Стерлитамаке Республики Башкортостан // Материалы семинара «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». Уфа. 2–4 июня 2004 г.
3. Бабков В.В., Недосеко И.В., Мирсаев Р.Н. Опыт производства и применения гипсовых вяжущих в Республике Башкортостан // Материалы семинара «Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий». Уфа. 2–4 июня 2004 г.



**Заявка на приобретение специальной литературы издательства «Стройматериалы»**

ненужное зачеркнуть	ДАЙДЖЕСТЫ	«Ячеистые бетоны – производство и применение» Часть 1 на CD	250 р.
		Часть 2	440 р.
	КНИГИ	«Кровельные и гидроизоляционные материалы»	250 р.
		«Керамические строительные материалы» CD	250 р.
		«Современные бетоны – наука и практика»	440 р.
		«Практикум по технологии керамики»	450 р.
«Производство деревянных клееных конструкций»	250 р.		
«О безопасности асбестоцементных материалов и изделий»	80 р.		
«Типовые технологические карты на отделочные работы с применением комплектных систем КНАУФ». Том 1, 2, 3	1800 р.		

Цена указана без стоимости почтовых услуг

Название организации с указанием формы собственности \_\_\_\_\_

ИНН

Юридический адрес \_\_\_\_\_

Телефон/факс: (    ) \_\_\_\_\_

Фамилия, имя, отчество получателя: \_\_\_\_\_

Почтовый адрес доставки \_\_\_\_\_

Отправте заполненную заявку по тел./факсу (495) 976-22-08, 976-20-36 или e-mail: [mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru). Счет на оплату будет выслан по факсу или по почте.

## ООО «НТЦ ЭМИТ»

### НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ЭФФЕКТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ИЗДЕЛИЯ, ТЕХНОЛОГИИ

**СПЕЦИАЛИЗИРУЕТСЯ**

на разработке и внедрении новых конкурентоспособных композиционных строительных материалов и изделий, технологий, оборудования; на создании производств.

**ПРЕДЛАГАЕТ**

готовые разработки следующих видов строительных материалов и изделий:

- утеплитель пенополимергипсовый «ТИЗОЛ»;
- пенопласт теплоизоляционный «АМИЛИТ»;
- пенобетон теплоизоляционный неавтоклавный «ЭКСТРАПОР»;
- пенобетон жаростойкий неавтоклавный «ТЕРМИЗОЛ» на золошлакосиликатном вяжущем;
- фибропенополимергипсовый композиционный конструктивно-огнезащитный материал для металлических конструкций;
- отделочный композиционный гипсополимерный материал «СТОЛИЦА» для облицовки фасадов зданий;
- арболит из опилок на ГЦП вяжущем;
- фиброцементные крупноразмерные декоративно-отделочные плиты «МИНЕЛИТ» для облицовки фасадов зданий;
- ряд эластичных материалов (песчаный бетон, штукатурка и клей для ремонта конструкций мостовых сооружений; гидроизоляционная шпаклевка, наливная звукоизоляционная композиция, наливная безрулонная кровля).

**ПРОДАЕТ**

оборудование для производства неавтоклавного пенобетона по отдельной технологии приготовления цементного теста и пены производительностью 10 м<sup>3</sup>/час с непрерывным выходом пенобетонной смеси.

**ОКАЗЫВАЕТ**

заинтересованным предприятиям техническую помощь в создании производств с разработкой технологической и конструкторской документации, изготовлением оборудования, авторским надзором и научно-техническим сопровождением действующего производства.

Ген. директор Баранов Иван Митрофанович

Тел./факс: (495) 351-96-73

Моб. тел.: 8-916-908-73-13

реклама



## КОНКУРС-2008

Научно-технический и производственный журнал

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®



**проводит в 2008 г. Второй всероссийский конкурс статей молодых ученых**  
**Номинации:**

☞ **статья, посвященная научным исследованиям в области строительного материаловедения**

☞ **статья, посвященная технологии производства строительных материалов**

**С Положением о конкурсе можно ознакомиться на сайте журнала [www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru)**

**Конкурсная комиссия:**

Председатель конкурсной комиссии *Верещагин Владимир Иванович*, д-р техн. наук, зав. кафедрой силикатов, Томский политехнический университет, тел./факс (3832) 563-169, e-mail: vver@tpu.ru

Заместитель председателя *Пичугин Анатолий Петрович*, д-р техн. наук, зав. кафедрой теоретической и прикладной физики, Новосибирский государственный аграрный университет, тел./факс (383) 2671-254, e-mail: gmu@nsau.edu.ru

Секретарь конкурса *Козлова Ирина Викторовна*, канд. физ.-мат. наук, научный редактор, журнал «Строительные материалы»®, тел./факс (495) 976-22-08, e-mail: mail@rifsm.ru

**Срок подачи статей для участия в конкурсе 01 июля 2008 г.**

*Статьи и сопроводительные документы должны быть оформлены в соответствии с предъявляемым к конкурсным статьям требованиям.*

Е.П. КУЛИК, инженер, Ростовский государственный строительный университет

## Применение ПАВ при производстве холодных асфальтобетонных смесей

Разработана технология приготовления холодных асфальтобетонных смесей, не предусматривающая сушку и нагрев минерального материала, что позволяет существенно сократить энерго- и трудозатраты при производстве смеси.

Такие смеси содержат разжиженные битумы, модифицированные специально подобранными добавками, и могут успешно применяться в неблагоприятных погодных условиях для заделки выбоин небольшими картами в целях своевременной локализации очагов разрушения.

Введение в битум некоторых ПАВ улучшает его адгезию к влажным минеральным материалам, так как он приобретает способность адсорбироваться сквозь гидратную оболочку, образованную на поверхности материалов, и вытеснять ее, что позволяет приготовить холодную смесь без сушки и нагрева ее минеральной составляющей. Это исключает выполнение мероприятий, препятствующих слеживанию материала, при укладке смеси на хранение.

Исследование влияния ПАВ на активное и пассивное сцепление битума с минеральными материалами выполнено по измененной методике, рекомендованной ГОСТ 11508–74. Активное сцепление (метод Б) свидетельствует о способности связующего соединяться с поверхностью минерального материала в присутствии воды, пассивное (метод А) —

способности битума удерживаться на предварительно покрытой им поверхности минерального материала при воздействии воды.

Были испытаны 17 химических веществ, из которых отобраны три добавки: БИЭМ-ФК, КАДЭМ-ВТ и Карбоксипав. Первые две являются катионо-активными веществами двойного действия: они «работают» с минеральными материалами как кислых, так и основных пород, третья является анионо-активным ПАВ — «работает» с минеральными материалами только основных пород. Заявка на патент «Вязущее для ремонта влажного дорожного покрытия, содержащее Карбоксипав, удовлетворена Роспатентом. При выборе ПАВ были учтены цена вещества, его удельный расход и токсичность.

Также при исследованиях рецептур холодных асфальтобетонов для ремонта дорожных покрытий в условиях влажной погоды применяли:

- смеси щебня и песка из карбонатных пород Жирновского карьера марки 1000, фракции 0–20 мм, являющейся отходом дробления этих пород. По зерновому составу она отвечает требованиям ГОСТ 9128–97 к минеральной части холодных смесей марки II типа Бх. Содержание в ней пылевидных, илистых и глинистых частиц 6,6%, лещадных зерен 22,9%, зерен слабых пород 0,4%;

- битум нефтяной дорожный вязкий Сызранского НПЗ марки БНД 60/90 по ГОСТ 22245–90 с глубиной проникания иглы при 25°C 67×0,1 мм. В качестве разжижителя было использовано зимнее дизельное топливо.

Было установлено оптимальное содержание в асфальтобетонной смеси разжиженного битума — 4,5%.

Практика показала, что минеральный материал свободно смешивается с жидким битумом, содержащим ПАВ, при влажности ниже 1,7%; при более высокой влажности смешение затруднено — образуются сгустки битума. Исходя из приведенных исследований рекомендуется в дождливый период хранить минеральный материал, предназначенный для приготовления холодных смесей, под навесом или пленкой.

В октябре 2006 г. на АБЗ ООО «ДРСУ-ДОН» была произведена экспериментально-производственная проверка технологии приготовления холодной асфальтобетонной смеси из минеральных материалов и разжиженного битума. В качестве ПАВ был применен Карбоксипав — наиболее доступный и дешевый из исследуемых ПАВ. Главное его достоинство — в нем нет аминоксодержащих соединений (катионо-активных веществ) и, следовательно, наименее токсичен. Содержание ПАВ в битуме 1%, битума в смеси — 4,5%. Влажность минерального материала в штабеле в период приготовления смеси порядка 0,81%.

Смесь готовили в асфальтосмесительной установке ДС-185 Кременчугского завода КРЕДМАШ с выключенной нагревательной системой. Готовую смесь в количестве 500 т складировали без укрытия пленкой в штабеле, сформированном в ангаре.

Через сутки после приготовления и складирования из асфальтобетонной смеси были отобраны пробы и изготовлены образцы в соответствии с ГОСТ 12801–98. Испытания были произведены на вторые сутки.

После хранения также были приготовлены образцы. Результаты испытания экспериментальных образцов приведены в табл. 1. Они по-

Таблица 1

Показатели	Начало хранения	Конец хранения
Предел прочности при сжатии при температуре 20°C до прогрева, МПа:		
сухих	1,18	1,65
водонасыщенных	0,8	1,08
после длительного водонасыщения	0,55	0,85
То же после прогрева до 90°C, МПа:		
сухих	1,93	1,97
водонасыщенных	1,37	1,3
после длительного водонасыщения	0,85	0,95
Водонасыщение, об. %	4,5	4,95
Пористость минеральной части, %	11,2	11,9
Остаточная пористость, %	3,9	4,92
Коэффициент вариации водонасыщения	0,11	0,11

Таблица 2

Показатели	Период после укладки				
	3 сут	1 мес	3 мес	12 мес	
<b>Вырубки</b>					
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	2260	2280	2290	2300	
Водонасыщение, об. %	6,05	5,67	6,15	6,3	
Коэффициент уплотнения	0,95	0,96	0,96	0,97	
<b>Переформованные образцы</b>					
Предел прочности при сжатии, при температуре 20°С, МПа	сухих	1,38	1,44	1,46	1,5
	водонасыщенных	0,67	0,76	0,76	0,8
	после длительного водонасыщения	0,42	0,55	0,61	0,65
Пористость минеральной части, %	16,5	16,4	16,3	16,3	
Водонасыщение, %	5,9	5,52	5,66	6,4	
Остаточная пористость, %	6,3	6,3	6,2	6,3	
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	2360	2340	2370	2380	

казывают, что исследуемые холодные асфальтобетонные смеси после хранения по всем показателям отвечают требованиям ГОСТ 9128–97 к холодным асфальтобетонам типа Бх II марки, приготавливаемым горячим способом.

Асфальтобетонная смесь после хранения в течение 5 мес в марте 2007 г. была использована для заделки выбоин на дорожных покрытиях.

Положительным эффектом использования разработанной асфальтобетонной смеси, выдержанной на складе, является возможность сокращения сроков формирования материала в дорожном покрытии, так как частично этот процесс происходит в период хранения смеси.

В дальнейшем за восстановленными участками вели визуальное и

лабораторное наблюдение. Заделку выбоин производили в Ростове-на-Дону.

В процессе наблюдения были отобраны вырубки из отремонтированных мест (по 5 шт.) через 3 сут, 1, 3 и 12 мес после производства ремонтных работ. Физико-механические показатели после испытания выроек и переформованных из них образцов с мест ремонта покрытий приведены в табл. 2. Результаты свидетельствуют о том, что асфальтобетон, использованный для заделки выбоин, уплотнен. Коэффициент уплотнения сразу после укладки составил 0,95, а после месяца эксплуатации в результате доуплотнения от движения транспортных средств повысился до 0,96.

Анализ результатов применения в производственных условиях холодных асфальтобетонных смесей на основе связующего для ремонта влажного дорожного покрытия, содержащего Карбоксипав, показал, что полученные смеси по физико-механическим свойствам полностью удовлетворяют требованиям ГОСТ 9128–97 и подтверждают целесообразность применения для ремонта дорожных покрытий автомобильных дорог с высокой интенсивностью движения и грузонапряженностью.



УДК 691.215.5

Д.В. ТРУФАНОВ, канд. геол.-минерал. наук, директор по стратегическому развитию ООО «Главмел» (Воронеж); О.Ю. ТАРАРЫКОВ, председатель совета директоров, В.С. АФАНАСОВ, генеральный директор ЗАО «Копанищенский комбинат строительных материалов» (Воронежская обл.); А.Д. ТРУФАНОВ, генеральный директор ООО «Исследователь КМА» (г. Старый Оскол, Белгородская обл.)

## **Новые наполнители из мела ООО «Главмел» для промышленности строительных материалов России**

Мел как исходное сырье для производства карбонатных наполнителей незаменим. Он химически чист (содержание  $\text{CaCO}_3$  до 99,6%), отличается высокой белизмой до 90 единиц, высокопористый (до 60%), образующие его частицы характеризуются высокой природной дисперсностью. Главное положительное свойство мела заключается в том, что на 60% (в среднем) он аморфный. Это предопределяет его высокую активность в химических реакциях.

При переработке в продукцию мел выступает как очень сложное минеральное сырье. Он содержит несколько видов и фаз кристаллизации карбонатного вещества (аморфный карбонат кальция, пелитоморфный кальцит, арагонит и др.). Все это в момент осадконакопления предопределило логнормальное и полимодальное распределение в нем слагающих минеральных зерен (см. рисунок).

Структурные характеристики мела и вытекающие из них силы межзерновой связи также варьируются в широких пределах. Особенно важной характеристикой мела является то, что при сушке (при температуре более 105°C) он кристаллизуется полностью вплоть до известняка, причем с интенсивным и разноскоростным ростом слагающих кристаллов. Чем выше температура сушки, тем активнее идет процесс. Поэтому важнейшим показателем исходного мела является влажность. Чем ниже влажность, тем меньше времени он находится в зоне сушки (зоне кристаллизации) и тем ниже температура сушки. Все это затрудняет процесс переработки мела в продукцию требуемого качества.

Уровень требований ПСМ к продукции из мела в СССР определялся прежде всего уровнем развития самой отрасли, которую вполне удовлетворяли мел марки ММ (мел молотый), а позднее МТД-1,2 (мел тонкодисперсный).

Как оказалось, это очень низкий уровень качества. Размер частиц мела, соответствующий требованиям ПСМ, в настоящее время на порядок меньше (не превышает 20 мкм). Основная и единственная технология получения мела марок ММ и МТД-1,2 включала сушильный барабан и шаровую мельницу, а позднее дезинтегратор Хинта. Тогда производили более 2,5 млн т в год меловых продуктов.

До недавнего времени аналогичная технология применялась на всех предприятиях холдинговой компании ООО «Главмел» (Воронежская обл.), в том числе и на ведущем из них — ЗАО «Копанищенский комбинат строительных материалов» [1].

В 90-е гг. XX в. иностранные компании предложили и затем построили в России ряд предприятий по переработке мела, причем без учета особых свойств сырья. Были применены сопряженные измельчительно-сушильные аппараты с термоударом и классификатором воз-

рата на доизмельчение неготового продукта. Естественно, на выходе был получен мел с аморфной составляющей 10–20%, то есть продукт представлял собой в основном известняк.

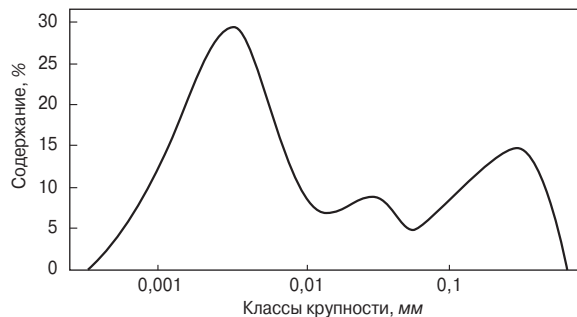
После первой ступени классификации получали продукт, аналогичный по гранулометрическому составу нашему МТД-1,2, который не соответствовал нашей марке, поскольку состоял в основном из кристаллов кальцита размером до 200 мкм с очень низкой дисперсностью среды.

Потребовались годы работы и большие затраты по доводке предприятий до заявленного уровня качества продукции. В этих условиях пришедшие позднее в Россию иностранные компании «Тиккурилла», «Кнауф» и др. были вынуждены завозить в Россию карбонатные наполнители для своих производств из стран Западной Европы, Турции («Омия», «Свенска Минерал» и др.) по средней цене 100–200 евро/т. Такое положение дел резко снижало конкурентоспособность российских фирм — производителей стройматериалов.

Необходимо отметить, что основные аппараты старой технологии переработки мела — сушильный барабан и дезинтегратор Хинта хотя и не являются идеальными, но и в настоящее время не превзойдены с точки зрения минимизации воздействия на сырье (мел) с ухудшением его свойств. Действительно, при влажности мела до 18%, пористости в среднем 60% и измельчении мела исходного перед сушкой до –10 мм сушильный барабан размером 2,2×14 м (условия ККСМ) выдает до 10 т/ч мела влажностью до 0,15%.

Такой процесс обеспечивает незначительные отклонения свойств мела от природных, снижение дисперсности среды и повышение жесткости материала в целом. Дезинтегратор Хинта (пальчиковый) как аппарат для помола мела очень эффективен. Контрольные расчёсы показали незначительные отклонения кривых распределения новообразованных зерен.

Проведено усовершенствование аппарата, в результате которого он из двухрядного стал трехрядным. Такое



Распределение среднего гранулометрического состава мела



усовершенствование позволило уже при помоле (без какой-либо классификации) получать мел марки МТД-1, причем фракция 0–40 мкм составила не менее 90%. При этом существенного переизмельчения мела не наблюдалось. Основная фракция мела (5–40 мкм) составила в среднем 75–80%.

Одним из важнейших технологических приемов стал вывод из продукции после сушильного барабана фракции мела 3–10 мм. Было установлено, что эта фракция характеризуется увеличенным содержанием кристаллической фазы. В результате такой операции содержание фракции 0–40 мкм после дезинтеграции возросло с 90 до 98%, что значительно повысило эффективность последующей классификации дезинтегрированного продукта, а фракция 3–10 мм после сушки и грохочения нашла более широкое практическое применение.

Для отсева был выбран классификатор марки MS-4H фирмы «Альпина-Хосокава» (Германия) производительностью 7 т/ч по исходному материалу. Сепаратор четвертого поколения с нижней подачей исходного материала путем всасывания обеспечивает высокую дифференциацию продукта в потоке по гранулометрическому составу задолго до камеры классификации. При этом классификатор поднимает материал на высоту до 8 м.

Такой классификатор хорошо вписался в старую технологию и по производительности, и конструктивно, при этом не возникло необходимости в громоздких конвейерах, элеваторах и другом оборудовании. Поскольку классификатор был спроектирован именно для нашего исходного подготовленного мела по границам раздела гранулометрических классов 10, 20 и 40 мкм, запредельные частицы в продуктах каждого класса практически отсутствуют. Выход продуктов при этом составил соответственно 50, 75 и 93%.

В результате усовершенствования технологии оказалось, что основные продукты – мел классов –10, –20 и –40 мкм по совокупности показателей качества наилучшие в России. Регулярные заказы мела лакокрасочными заводами фирмы «Тиккурилла» доказали это. Главные достоинства мела – высокая дисперсность и оптимальное соотношение содержания аморфных и кристаллических частиц.

Была обоснована также практическая значимость отходов сепарации мела фракции 3–10 мм (после сушки) и возврат после классификации. Доказано, что каждый из этих материалов является продуктом высокого качества. Как известно, такие продукты незаменимы при производстве сухих строительных смесей. Оказалось, что наши продукты обладают всеми необходимыми свойствами для ССС, и особенно по соотношению кристаллической и аморфной фаз карбоната кальция. Поэтому в настоящее время мел фракции 3–10 мм поставляется в компанию «Гипс-Кнауф», на стекольные заводы и другим потребителям.

Технологическая схема производства позволяет получать продукцию по индивидуальным требованиям заказчиков. Для получения таких продуктов нами разработан и применен собственный комплекс оборудования.

В полном объеме технология внедрена на ЗАО «Копанищенский комбинат строительных материалов» (Воронежская обл.). Окупаемость капитальных вложений на реконструкцию цеха составила 3,5 месяца.

Предложенный подход не решает проблемы стратегического развития отрасли, но позволяет догнать мировой уровень. Выпуск такой продукции должен обеспечить дальнейшее техническое и технологическое развитие отрасли.

В заключение необходимо отметить, что меловые запасы Воронежской области наилучшие по сравнению с запасами Белгородской и Курской областей, а также Украины и Беларуси. Мел Воронежской области чистый и очень белый, поскольку его залежи на большей площади плащеобразно перекрыты плотным мергелистым мелом, который предотвращает проникновение загрязняющих веществ по трещинам. Он характеризуется низкой влажностью (до 20%). В его составе содержится не более 2%  $MgCO_3$ , а содержание  $CaCO_3$  достигает 99,6%. Все это наряду с другими показателями качества воронежского мела позволяет считать его лучшим сырьем для производства высококачественных наполнителей и химических реагентов для ПСМ и стройиндустрии России.

#### Литература

1. Паус К.Ф., Евтушенко И.С. Химия и технология мела. М.: Стройиздат, 1977. 132 с.

## ООО «Главмел»

### Крупнейший Российский поставщик извести и мела

- Мел сепарированный тонкодисперсный фракций 0–10 мкм, 0–20 мкм, 0–40 мкм, 0–140 мкм (Копанищенский КСМ)
- Мел крупка фракций 40–200 мкм, 1–3 мм, 3–6 мм. Возможны любые гранулометрические классы в этих пределах
- Мел для подкормки птиц и животных, раскисления почв (сухомолотый и сыромолотый, разнофракционированный)
- Известь гранулированная высокопористая (до 70%), высокоактивная (86–92%), среднегасящаяся (4–5 мин) (Россошанский завод)
- Известь для производства газосиликатных стеновых материалов активностью 78–82%, время гашения  $11 \pm 2$  мин, температура гашения  $75 \pm 5^\circ C$
- Известь дробленая менее 30 мм (III сорт), активность 70% (Копанищенский ККСМ)
- Сапропель – минерально-органические озерные донные отложения с очень высоким содержанием гумуса и его производных, экологически чистых микроэлементов, азота, фосфора, калия. Единственный высокоэффективный восстановитель плодородия почв
- Песок речной для железобетонных изделий (модуль КР 2,0–2,4)

394014 Россия,  
г. Воронеж, ул. Лебедева, 4 А

Тел.: (4732) 49-21-15, 41-12-13  
Тел./факс: (4732) 49-21-54, 49-46-27

E-mail: mail@glavmel.vrn.ru  
www.vrn glavmel.ru



Международный строительный форум

# Стройсиб

– базовая выставка Сибири



8 февраля завершила работу Первая неделя Международного строительного форума «Стройсиб-2008» – крупнейшая профессиональная выставка Сибирского федерального округа.

Участниками Первой строительной недели стали 382 компании, занимающиеся проектированием, строительством и реконструкцией, производством строительных материалов и изделий из 30 городов России. Дальнее зарубежье представляли компании из Австрии, Бельгии, Венгрии, Германии, Дании, Италии, Китая, Польши, США, Турции, Финляндии, Франции, Швейцарии, Южной Кореи.

Наиболее широко был представлен сегмент светопрозрачных конструкций. Ведущие российские и иностранные компании демонстрировали профильные системы, витражные, оконные конструкции, фурнитуру, оборудование по производству и монтажу светопрозрачных конструкций и обработке стекла.

Кровельные и изоляционные материалы экспонировали такие широко известные компании, как «Евросфера», «ТехноНИКОЛЬ», «РУУККИ РУС», «УРСА Евразия», «Сен-Гобен Строительная Продукция», «Роквол», «Тизол». В этом разделе компания «Кровля и изоляция» (Новосибирск) впервые продемонстрировала свою продукцию под маркой ISOBOX. На стенде были представлены образцы базальтовой теплоизоляции ISOBOX ЛАЙТ, предназначенные для тепло-, звукоизоляции строительных конструкций жилых зданий и промышленных сооружений, в которых утеплитель не воспринимает внешней нагрузки; ISOBOX ВЕНТ для теплоизоляции при строительстве и реконструкции зданий и сооружений различного назначения; негорючие

минераловатные плиты ISOBOX ФАСАД, предназначенные для применения в гражданском и промышленном строительстве в качестве тепловой изоляции в системах наружного утепления стен с защитно-декоративным слоем из тонкослойной штукатурки и др. Полимерно-битумные и битумные мембраны были представлены марками ISOBOX ТОП для устройства кровельного ковра зданий и сооружений различного назначения и гидроизоляции фундаментов зданий и сооружений.

Материалы и технологии для защиты конструкций и сооружений продемонстрировали компании «Макситехнологии» (Самара), «Огнезащитные технологии» (Новосибирск), «ТД «Вермит» (Омск).

Презентация технологий и решений в сфере быстровозводимых модульных конструкций проводилась на стендах компаний «Новосибирский завод сэндвич-панелей», «Технострой», «Сибирь-Кабель».

С направлением комплексного домостроения можно было ознакомиться на стендах «Томской домостроительной компании», «Омскгражданпроекта», фирмы «Подсолнух» (Новосибирск).

Традиционно на выставке «Стройсиб» состоялась обширная деловая программа. Помимо презентаций промышленных компаний было организовано несколько научно-практических конференций с участием проектных и строитель-

ных организаций, представителей администрации, Союза строителей Сибири и Ассоциации строителей и инвесторов Новосибирска и НСО.

В первый день работы выставки прошел семинар «Итоги работы строительного комплекса в 2007 г. и задачи на 2008 г.», который организовала администрация Новосибирской области.

Губернатор Новосибирской обл. В.А. Толоконский выделил несколько задач, которые будут решаться в 2008 г. – подготовка перспективных земельных участков под строительство, строительство таунхаусов, повышение качества и разнообразия строительных объектов, а также ускорение темпов возведения. Бюджетные средства планируется направить на программы переселения граждан из ветхого и аварийного жилья.

Руководитель департамента строительства В.А. Анисимов подробно рассказал об итогах и задачах строительного комплекса Новосибирской области. Объем работ, выполненных по договорам строительного подряда в 2007 г., составил 10 млрд р., объем инвестиций в основной капитал – 7 млрд р. К 2010 г. прогнозируется увеличение инвестиций до 10 млрд р. Кроме того, планируется реализация крупных инвестиционных проектов по производству строительных материалов в Новосибирской области и установление приоритета государственной поддержки инвестиционных проектов по производству стройматериалов, являющихся дефицитными или не выпускаемыми на территории области.



На церемонии открытия Международного строительного форума «Стройсиб-2008» выступил губернатор Новосибирской области В.А. Толоконский



Большой интерес посетителей вызвала продукция компании «Кровля и изоляция» (Новосибирск)



Комплексный подход к обеспечению пожарной безопасности предложила компания «Огнезащитные технологии» (Новосибирск)

Мэр Новосибирска В.Ф. Городецкий отметил, что в 2007 г. было построено около 2 млн м<sup>2</sup> полезных площадей, в том числе 916 тыс. м<sup>2</sup> жилой. В ближайшей перспективе городские власти планируют увеличить объемы строительства жилья до 1,5 млн м<sup>2</sup>/год.

Одним из факторов, сдерживающих темпы роста строительства больших городов, является отсутствие земельных участков. Не исключение в этом плане Новосибирск. Ветхий и аварийный жилищный фонд города занимает около 600 га. Поэтому город рассчитывает получить новые земельные участки за счет расположенного вокруг него сельского района.

Важнейшей задачей для строительной индустрии является повышение стабильности и эффективности производства, выпуск качественной продукции, не уступающей лучшим мировым аналогам. В условиях конкуренции необходимо постоянно поддерживать производство продукции высокого качества. *Международная научно-техническая конференция «Современные строительные материалы, конструкции и технологии. Система менеджмента качества (СМК) серии ISO 9000 на предприятиях»* была организована Ассоциацией строителей и инвесторов Новосибирска и Новосибирской области, Российской академией естественных наук, Новосибирским государственным аграрным университетом, НИИ Строительных материалов и технологий.

В современных условиях рыночной экономики сертификация — это не дань моде, а необходимость, позволяющая получить преимущество в конкурентной борьбе, отметил д-р техн. наук *В.И. Белан* (Новосибирск). Сертификация продукции вызвана требованием рынка, необходимостью взаимного доверия производителя и потребителя, обеспечения условий для повышения качества, создания конкурентоспособной продукции. Интеграция в мировую экономику постепенно выводит в приоритетные задачи

вопросы качества и решение этих задач является приоритетным. В Новосибирске сертификаты СМК получили около 15 предприятий стройиндустрии. С отменой лицензирования производства материалов производители стали добровольно обращаться в органы по сертификации.

Однако при внедрении СМК возникают сложности, которые прежде всего связаны с тем, что это затратное мероприятие. Опытом внедрения СМК и сертификации с участниками поделился зам. генерального директора по качеству ГП «Северавтодор» *А.В. Добронравов* (Ханты-Мансийск). Внедрение СМК продолжалось почти два года. Отчасти это было связано с тем, что руководство не сразу осознало необходимость и преимущества сертификации по серии ISO 9000. Но как заметил Анатолий Вячеславович, внедрение СМК — это наведение порядка в производстве, особенно в таком многоотделном, имеющем много отделений, как Северавтодор. Назначение различного уровня менеджеров по СМК позволило предприятию ускорить внедрение системы и получить сертификат. Сразу большого экономического эффекта предприятие не получило, тем не менее стабильность и порядок в работе стали заметны, что отразилось на качестве работ.

Системному подходу к СМК как инструменту повышения качества продукции и замены лицензирования в строительстве был посвящен доклад д-ра техн. наук *А.И. Кудякова* (Томск). В докладе был сделан акцент на необходимость улучшения образования в области СМК.

Ряд докладов был посвящен использованию отходов и вторичного сырья в производстве строительных материалов (д-р техн. наук *А.Е. Бурученко*, Красноярск; д-р техн. наук *Г.И. Овчаренко*, Барнаул), совершенствованию производств традиционных материалов с использованием новых знаний, в том числе нанотехнологий (д-р техн. наук *Г.И. Бердов*, д-р техн.

наук *П.М. Плетнев*, Новосибирск). Отдельной темой обсуждались вопросы охраны интеллектуальной собственности (д-р техн. наук *Г.И. Стороженко*, Новосибирск; зам. генерального директора ООО «ИНТА-СТРОЙ» *Г.Я. Шаевич*, Омск).

Большой интерес участников и гостей выставки вызвал семинар «*Новое направление в производстве пенобетона — сухая порошковая форма пеноконцентраата; технология его получения и преимущества использования*», организованного ООО «ИНТА-СТРОЙ». Применяющийся в настоящее время высокомолекулярный органический пенообразователь, изготавливаемый из остатков живых организмов, имеет два существенных недостатка — срок хранения не более 6 мес и ограничения по температуре хранения. Создание сухой порошкообразной формы такого пенообразователя позволит устранить эти недостатки. Именно решению этой задачи был посвящен доклад начальника технологического отдела канд. техн. наук *Л.А. Карabut*.

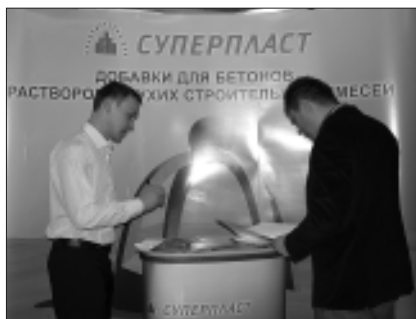
Первая строительная неделя «Стройсиб-2008» завершилась награждением победителей конкурса «Золотая медаль Сибирской Ярмарки».

В номинации «Строительные материалы» большую золотую медаль завоевало ООО «Прокатный завод «Алюком» (Красноярск) — за освоение выпуска алюминиевых композитных панелей. Малой золотой медали удостоено ООО «МаксиТехнология» (Самара) — за освоение выпуска высокоэффективной гидроизоляции конструкций зданий и сооружений.

Как отмечают экспоненты, участие в выставке позволяет установить выгодные деловые отношения, найти новых партнеров, помогает производителям выйти на новые рынки сбыта строительных материалов. Кроме того, Международный строительный форум «Стройсиб-2008» способствует повышению престижа компаний.



На стенде Томской домостроительной компании — разрабатываемые и осуществляемые проекты и макеты крупнопанельных и каркасных жилых домов



Компания «Суперпласт» предлагает широкий ассортимент пластифицирующих добавок для бетонов и растворов



Добрые традиции — общее фото лауреатов конкурса «Золотая медаль Сибирской Ярмарки»

**Беспрецедентное число подач международных патентных заявок в 2007 г.**

2007 г. стал рекордным по подаче заявок в соответствии с Договором о патентной кооперации (РСТ) — ключевым договором международной патентной системы в рамках Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС). В общей сложности было подано 156100 заявок, что по сравнению с предшествующим годом представляет рост на 4,7%. Наиболее быстрые темпы роста вот уже четвертый год подряд наблюдаются в странах Северо-Восточной Азии, что составляет более четверти (25,8%) всех международных заявок, поданных по процедуре РСТ.

Это свидетельствует о том, что страны в этом регионе все больше используют инструменты международной патентной системы в целях стимулирования коммерческой деятельности и экономического роста.

В 2007 г. изобретатели США, подавшие более 52 тыс. заявок по процедуре РСТ, что составило 33,5% всех поданных в 2007 г. заявок (+2,6%). Заявители из Японии, которые в 2003 г. оспаривали со своими германскими коллегами второе место, сохранили его по числу поданных заявок, — 17,8% от общего числа поданных заявок; рост составил 2,6% по сравнению с 2006 г. Изобретатели и промышленность Германии удерживают третье

место: в 2007 г. они подали 11,6% от всех заявок (+8,4%), за ними следуют пользователи из Республики Корея — 4,5% от всех заявок (+18,8%) и Франции — 4,1% от всех заявок (+2,1%). Среди пятнадцати наиболее активных стран по подаче заявок Китай стал седьмым крупнейшим заявителем с темпами роста 38,1% в 2007 г. Среди других стран Бразилия увеличила число поданных заявок на 15,3%, Малайзия на 71,7%, Сингапур на 13,9% и Турция на 10%.

Наибольшее число заявок по процедуре РСТ, опубликованных в 2007 г., относилось к телекоммуникациям (10,5%), информационным технологиям (10,1%) и фармацевтике (9,3%). Наиболее быстрые темпы роста наблюдаются в таких областях, как ядерная техника (рост на 24,5%) и телекоммуникации (рост на 15,5%).

ВОИС продолжает повышать активность РСТ и его оперативной деятельности в целях обеспечения такого положения, при котором заявители пользуются преимуществами доступа к наиболее эффективным, экономичным и качественным услугам высокого класса. ВОИС в среднем ежедневно получает более 400 заявок по процедуре РСТ. Это свидетельствует об укреплении системы РСТ, которая отмечает 30-ю годовщину своей деятельности и в настоящее время насчитывает 138 стран-членов.

*По материалам ВОИС*

**Введен новый кирпичный стандарт**

С 1 марта 2008 г. вводится новый единый для всех видов керамического кирпича межгосударственный стандарт ГОСТ 530—2007. В новом ГОСТе объединены старые ГОСТ 7484—78 и 530—95, а также некоторые ТУ. Новый ГОСТ затрагивает интересы лицевого, строительного кирпича и поризованных камней формата до 15НФ. Разработан межгосударственный стандарт ОАО «ВНИИ-СТРОМ им. П.П. Будникова» и Российским обществом инженеров строителей, внесен техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство», принят межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве.

Настоящий стандарт соответствует европейскому стандарту EN 771-1:2003 «Определения, касающиеся сте-

новых камней. Часть 1. Кирпич» в части требования к средней плотности и теплотехническим свойствам. По сравнению с предшествовавшими нормативными документами новый ГОСТ ужесточает требования к качеству керамического кирпича, его геометрии, внешнему виду, теплотехническим показателям и др. Ужесточены требования как к лицевому, так и к строительному кирпичу по морозостойкости, прочности. Не допускается наличия известковых включений на лицевых кирпичах; лицевые изделия не должны содержать водорастворимые соли, ведущие к образованию выцветов (высолов) на поверхности изделия. Включен раздел по теплотехнике, который содержит расчет требуемого сопротивления теплопередаче наружных стен по санитарно-гигиеническим нормам в зависимости от климатических районов.

*По материалам ОАО «ЦПП»*

**Новое поколение стройматериалов разрабатывают в Беларуси**

Новое поколение строительных материалов разрабатывают в Брестском государственном техническом университете. Ученые создают высокоэффективные напрягающие бетоны, стойкость которых при хлорной и сульфатной коррозии в 3 раза, а при истирании в 2 раза выше, чем у тяжелых бетонов. Структура новых материалов характеризуется более высокой прочностью, морозостойкостью, водонепроницаемостью и стойкостью к агрессивным средам. Совершенствование свойств напряженных бетонов специалисты осуществляют с помощью современного метода — компьютерного моделирования. Оно помогает точно просчитать, как изменяются технико-экономические характеристики стройматериалов при внесении в их состав добавок и модификаторов.

Разработка новых стройматериалов выполняется согласно Государственной программе инновационного развития на 2007—2010 гг. Главная цель документа — перевод национальной экономики в режим интенсивного инновационного развития. В Беларуси планируется создать 100 новых предприятий, 386 современных производств, модернизировать 609 производств на основе внедрения 888 высоких технологий. В результате реализации программы доля новой продукции в общем объеме продукции промышленности к 2010 г. составит 19%, доля инновационно-активных предприятий в общем количестве предприятий промышленности вырастет до 25%, значительно возрастет удельный вес сертифицированной продукции. К 2010 г. общий объем научных работ, выполняемых организациями НАН Беларуси, увеличится в 2,3 раза по сравнению с 2005.

*По материалам пресс-службы Посольства Республики Беларусь*

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

**Объем потребления силикатного кирпича в России растет**

Силикатный кирпич в России выпускается более чем на 100 предприятиях. Крупнейшие производители выпускают около 0,2 млрд шт. усл. кирпича в год, что составляет около 5% всего выпуска продукции в стране. В настоящее время средняя загрузка производственных мощностей по выпуску данной продукции в России составляет около 80%. В ближайшие годы ожидается рост производства данной продукции в России за счет строительства новых заводов по вы-

**Рынок отечественного стекла**

За 8 месяцев 2007 г. отечественными предприятиями, по официальным данным, произведено не менее 262 млн м<sup>2</sup> различных видов стекла. Из этого количества около 75 млн м<sup>2</sup> стекла произведено по флоат-технологии. Увеличение объемов строительства жилой и коммерческой недвижимости привело к тому, что потребности внутреннего рынка в качественном флоат-стекле начали расти опережающими темпами. Технологии же, применяющиеся в то время в стекольной промышленности, не могли обеспечить должного уровня предложения на рынке. При этом если в период 2002–2003 гг. рост спроса на флоат-стекло покрывался поставками по импорту, доля которого в общем объеме потребления составляла более 30%, то в 2005–2006 гг. рост потребления качественного стекла в Европе и Азии существенно ограничил эти возможности.

По данным национального объединенного совета предприятий стекольной промышленности «Стекло-

пуску силикатного кирпича, а также модернизации существующих предприятий.

В 2007 г. емкость российского рынка силикатного кирпича оценивается примерно в 5 млрд шт. усл. кирпича. По оценкам темпы роста потребления данной продукции в России в ближайшие годы при благоприятной экономической ситуации составят около 10%. Однако после 2010 г. темпы роста потребления будут постепенно снижаться и к 2015 г. составят не более 5–7% в год. Таким образом, объем потребления силикатного кирпича в России в 2015 г. может достичь 9,5 млрд шт. усл. кирпича, в том числе в Центральном федеральном округе – около 3 млрд шт.

Союз», объем производства флоат-стекла в 2006 г. составил в натуральном выражении около 165 млн м<sup>2</sup>, что превышает показатели 2005 г. более чем на 28%. Еще порядка 40–60 млн м<sup>2</sup> приходится на импорт.

Объем рынка листового стекла в России по итогам 2007 г. составил порядка 175 млн м<sup>2</sup>. Основной же рост физических объемов производства высококачественного флоат-стекла в России ожидается в 2009–2010 гг. Объемы производства к 2010 г. могут составить примерно 300 млн м<sup>2</sup> флоат-стекла в год. К этому времени произойдет запуск основных мощностей крупных западных компаний в России, и по прогнозам «Стекло-Союза» стекольная отрасль имеет все шансы существенно увеличить объем экспорта листового стекла. В настоящее время доля экспортных поставок от общего объема производимого в России листового стекла не превышает 7–10%.

По материалам агентства «РосБизнесКонсалтинг»

**Компания «URSA Евразия» объявляет о запуске нового продукта**

URSA GLASSWOOL СКАТНАЯ КРЫША – новый продукт для российского рынка, предназначенный для межстропильной изоляции скатных крыш, в том числе мансард и чердачных помещений. За основу производства материала принята технология URSA SPANNFILZ, которая уже долгое время применяется при производстве теплоизоляции для скатных крыш в Германии. Адаптация технологии российскими специалистами компании URSA позволила получить продукт со стабильно высокими качественными характеристиками, приспособленный как к местным климатическим условиям, так и к российским технологиям строительства.

Высокая упругость материала обеспечивает плотное прилегание теплоизоляции к стропилам. Размер мата 1200x4200 мм позволяет нарезать его в любом направлении, что создает дополнительное удобство при монтаже в конструкциях крыш с нестандартным шагом стропил. Специфические механические свойства URSA GLASSWOOL СКАТНАЯ КРЫША обеспечивают стабильность размеров и формы слоя теплоизоляции на протяжении всего срока эксплуатации.

В упакованном виде материал занимает небольшой объем, позволяя экономить на хранении и транспортировке.

По материалам компании «URSA Евразия»

**Итоги и перспективы работы завода «Михайловцемент»**

Инвестиции в модернизацию завода «Михайловцемент» (Рязанская обл.), входящего в ОАО «ЕВРО-ЦЕМЕНТ групп», в 2008 г. увеличатся в 3 раза и составят более 530 млн р.

Объем производства цемента увеличится на 29% и достигнет показателя 1700 тыс. т.

В рамках инвестиционной программы на техническое перевооружение и природоохранные мероприятия в 2007 г. было израсходовано более 190 млн р. Была проведена комплексная реконструкция предприятия: установлено два редуктора «FLENDER» на цементные мельницы, произведена замена корпуса сырьевой мельницы, реконструированы силовая подстанция цеха по-

мола цемента и электрофильтр, переоборудована заводская лаборатория, установлены обеспыливающие устройства и др. Приоритетными направлениями определены энергосбережение, развитие карьеров, поддержание и увеличение мощностей, автоматизация производства, развитие инфраструктуры и охрана окружающей среды.

На содержание социально-бытовых объектов и другие социальные программы в 2007 г. выделено более 20 млн р.

Рост затрат в 2008 г. составит более 30%. В рамках реализации социальных проектов планируется построить новый бытовой корпус и др.

По материалам пресс-службы ОАО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп»

## Требования к материалам, направляемым в группу журналов «Строительные материалы»® для опубликования

В группе журналов «Строительные материалы»® публикуются оригинальные статьи, нигде ранее не опубликованные и не предназначенные для одновременной публикации в других изданиях.

Научные статьи рецензируются специалистами.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.1–2003. Цитируемая литература приводится общим списком в конце статьи в порядке упоминания. Порядковый номер в тексте заключается в квадратные скобки.

В начале статьи указывается УДК.

Статьи, направляемые в редакцию группы журналов «Строительные материалы»® для опубликования, должны оформляться в соответствии с *техническими требованиями*:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word (рекомендуемый объем 10 страниц машинописного текста или 10 тыс. знаков, включая таблицы и рисунки; размер шрифта 14, печать через 1,5 интервала, поля 3–4 см) и сохранен в формате \*.doc или \*.rtf;
- единицы физических величин должны быть приведены в Международной системе единиц (СИ);
- для названий химических соединений необходимо придерживаться терминологии, рекомендуемой ИЮПАК;
- графические материалы (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должны быть представлены *отдельными файлами* в форматах \*.cdr, \*.ai, \*.eps, выполненные в графических редакторах: CorelDraw и Adobe Illustrator. При изготовлении чертежей в системах автоматического проектирования

(AutoCAD, Visuo и др.) необходимо экспортировать чертежи в формат \*.eps. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо. *Диаграммы, выполненные в Microsoft Excel, не принимаются.*

- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, либо в электронном виде – *отдельными файлами* в формате \*.tif, \*.psd, \*.jpg (качество «8 – максимальное») или \*.eps (Adobe PhotoShop) с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

*Весь материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться:*

- рекомендательным письмом руководителя предприятия (института) с указанием, является ли работа диссертационной;
- распечаткой, лично подписанной авторами;
- рефератом на русском и английском языках;
- подтверждением, что статья предназначена для публикации в группе журналов «Строительные материалы»®, ранее нигде не публиковалась, и в настоящее время не передана в другие издания;
- сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени и ученого звания (звания в негосударственных академиях наук не указывать), должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов.

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте группы журналов [www.rifsm.ru/avtoram.php](http://www.rifsm.ru/avtoram.php).

## Как оформить подписку на журнал «Строительные материалы»®

### На почте:

**Индексы 70886, 87723 – по объединенному каталогу «Пресса России»  
79809, 36108, 20461, 36109 – по каталогу агентства «Роспечать»  
61970 – по каталогу «Издания органов научно-технической информации»**

### В редакции:

**Заявки на подписку принимаются по факсу (495) 976-22-08, 976-20-36  
или по электронной почте [mail@rifsm.ru](mailto:mail@rifsm.ru), [rifsm@mail.ru](mailto:rifsm@mail.ru)**

### Через Интернет:

**На сайте журнала «Строительные материалы»® [www.rifsm.ru](http://www.rifsm.ru) в разделе «Подписка»  
([www.rifsm.ru/podpiska.php](http://www.rifsm.ru/podpiska.php))**

### Альтернативная подписка:

«Агентство Артос-Гал»	(495) 160 58 47 504 13 45	«Экс-Пресс»	(495) 234 23 80
«Вся пресса»	(495) 787 34 47	«Урал-Пресс»	(495) 257 86 36 (343) 375 80 71
«Информ Наука»	(495) 787 38 73	«Агентство «Коммерсант-Курьер»	(495) 614 25 05 (843) 291 09 82
«Интер-почта»	(495) 500 00 60	РУП «Белпочта», Минск, Беларусь	(375-17) 227 75 27
«Красносельское агентство «Союзпечать»	(495) 707 12 88 707 16 58		